

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências - PPGEC

**FÍSICA MODERNA E ARTE: UM PARADIGMA COMPLEXO DAS
CULTURAS CIENTÍFICA E ARTÍSTICA EM ESPAÇOS FORMAIS E NÃO-
FORMAIS**

GILSON YURI SILVA MOURA

LUIZ FERNANDO MACKEDANZ

RIO GRANDE

2023

Gilson Yuri Silva Moura

Física Moderna e Arte: Um paradigma complexo das culturas científica e artística em espaços formais e não-formais.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Educação em Ciências. Linha de Pesquisa: Educação Científica, Ensino e aprendizagem na Educação em Ciências. Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz.

RIO GRANDE – RS

2023

Ficha Catalográfica

M929f Moura, Gilson Yuri Silva.

Física moderna e arte: um paradigma complexo das culturas científica e artística em espaços formais e não-formais / Gilson Yuri Silva Moura. – 2023.
253 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Rio Grande/RS, 2023.

Orientador: Dr. Luiz Fernando Mackedanz.

1. Física moderna 2. Arte 3. Cultura 4. Transdisciplinaridade
I. Mackedanz, Luiz Fernando II. Título.

CDU 53:7

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
PPG EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.



ATA DE DEFESA DE DOUTORADO Nº 10/2023

Aos dezesseis dias do mês de outubro de 2023, na Universidade Federal do Rio Grande - FURG, às 09:00 horas, na sala de vídeo conferência do PPGEAC, reuniu-se a Comissão Examinadora, remotamente, para a defesa de Doutorado do estudante **Gilson Yuri Silva Moura**, composta pelos seguintes integrantes: **Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz (Orientador/FURG)**, **Prof. Dr. Valmir Heckler (FURG)**, **Profa. Dra. Diana Paula Salomão de Freitas (UFPEL)**, **Profa. Dra. Lisete Funari Dias (Unipampa)** e a **Profa. Dra. Maria de Fátima de Almeida Baia (UESB)**. Título da tese: “**Física Moderna e Arte: Um paradigma complexo das culturas científica e artística em espaços formais e não-formais**”. Dando início à reunião, o orientador agradeceu a presença de todos e fez a apresentação da Comissão Examinadora. Logo em seguida, esclareceu que o Doutorando teria um tempo de 25 a 40 minutos para a explanação de sua pesquisa, e cada membro da Comissão um máximo de 30 minutos para arguição. A seguir, passou a palavra ao Doutorando que apresentou a pesquisa e respondeu às perguntas formuladas pela banca. Após discussão a Comissão reuniu-se para arguição conjunta e considerou a tese APROVADA. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

Orientações/observações da Banca sobre a pesquisa:

Os pareceres avaliativos da banca devem ser considerados e, após as correções, a tese deve ser encaminhada para a banca para uma leitura final com vistas a liberação para a publicação no BDTD e no repositório institucional, bem como para o possível encaminhamento da titulação.

Obs.: no caso de aprovação com observações, as orientações da banca devem ser acatadas pelo doutorando na versão final da pesquisa.

Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz (Orientador/FURG)

Prof. Dr. Valmir Heckler (FURG)

Profa. Dra. Diana Paula Salomão de Freitas (UFPeI)

Profa. Dra. Lisete Funari Dias (Unipampa)

Profa. Dra. Maria de Fátima de Almeida Baia (UESB)

Dedico ao meu pai, Gilson Moura Silva.

Resumo

A seguinte tese de doutorado explorou a integração das artes, como cinema, literatura, música, teatro, cordel, quadrinhos, escultura e pintura, como ferramentas de ensino no contexto da Física Moderna e Contemporânea (FMC). A pesquisa se baseou na capacidade das artes não apenas de facilitar a compreensão dos conceitos complexos da FMC, mas também de promover a fusão da ciência com a cultura, abordando a significativa carência de cultura científica na sociedade, notadamente no cenário brasileiro. A questão fundamental abordada nesta pesquisa foi como a aplicação das artes como recursos didáticos pode estreitar a relação entre a Física Moderna e Contemporânea e a cultura científica, ao mesmo tempo em que impulsiona a Alfabetização Científica. Fundamentada nas teorias do pensamento complexo de Edgar Morin, a pesquisa adotou uma abordagem quali-quantitativa abrangente. Isso incluiu uma revisão sistemática da literatura e uma análise alométrica com foco na disseminação do conhecimento científico, com ênfase no ensino de Física, notadamente nas redes sociais. Além disso, a metodologia envolveu a execução de uma sequência didática em uma turma de graduação, explorando estratégias específicas que incorporam as artes no processo de ensino. Simultaneamente, foram realizadas investigações em visitantes e um grupo amador de Astronomia em um planetário, onde as artes aproxima-os a compreensão de conceitos da FMC. Os principais resultados da pesquisa destacaram um crescente interesse na intersecção entre a Física Contemporânea e as Artes. As artes se revelaram como ferramentas eficazes no processo de ensino-aprendizagem da FMC, motivando os estudantes, contextualizando os conteúdos e simplificando a compreensão dos conceitos científicos. Em última análise, a tese fornece evidências sólidas de que a integração das artes como recursos didáticos na perspectiva da Física Moderna e Contemporânea é uma abordagem promissora. Essa abordagem não apenas aproxima os estudantes de conceitos complexos, mas também estimula o interesse nas Ciências e, fundamentalmente, contribui para superar a escassez de cultura científica na sociedade, particularmente no contexto brasileiro. As conclusões sugerem que essa abordagem pode resultar no desenvolvimento de práticas educacionais inovadoras, formando um público mais engajado e crítico em relação à ciência e à cultura, representando, assim, um avanço significativo na Alfabetização Científica.

Palavras-chave: Física moderna, arte, espaço não-formal, transdisciplinaridade.

Abstract

The following doctoral thesis explored the integration of the arts, such as cinema, literature, music, theater, cordel (a popular Brazilian literary genre), comics, sculpture, and painting, as teaching tools in the context of Modern and Contemporary Physics (MCP). The research was based on the ability of the arts not only to facilitate the understanding of complex concepts in MCP but also to promote the fusion of science with culture, addressing the significant lack of scientific culture in society, especially in the Brazilian context. The central question addressed in this research was how the use of the arts as teaching resources can strengthen the relationship between Modern and Contemporary Physics and scientific culture while promoting Scientific Literacy. Grounded in the theories of complex thinking by Edgar Morin, the research adopted a

comprehensive qualitative-quantitative approach. This included a systematic review of the literature and an altmetric analysis with a focus on the dissemination of scientific knowledge, particularly in the field of Physics education, notably on social media. Furthermore, the methodology involved implementing a didactic sequence in an undergraduate class, exploring specific strategies that incorporate the arts into the teaching process. Simultaneously, investigations were conducted with visitors and an amateur Astronomy group at a planetarium, where the arts facilitated the understanding of MCP concepts. The primary research results highlighted a growing interest in the intersection between Contemporary Physics and the Arts. The arts proved to be effective tools in the teaching and learning process of MCP, motivating students, providing contextualization of content, and simplifying the understanding of scientific concepts. Ultimately, the thesis provides robust evidence that the integration of the arts as teaching resources from the perspective of Modern and Contemporary Physics is a promising approach. This approach not only brings students closer to complex concepts but also stimulates interest in the Sciences and, fundamentally, contributes to overcoming the lack of scientific culture in society, particularly in the Brazilian context. The conclusions suggest that this approach may lead to the development of innovative educational practices, shaping a more engaged and critical audience regarding science and culture, representing a significant advancement in Scientific Literacy.

Keywords: Modern Physics, Art, Non-formal Space, Transdisciplinarity.

Lista de ilustrações

1. FIGURA 1 - PISA 2018	22
2. FIGURA 2 - TEMPORALIDADE DOS ARTIGOS DIVULGADOS.....	39
3. FIGURA 3 - INSTITUIÇÕES PRESENTES NA PESQUISA POR ESTADO	40
4. FIGURA 4 - REVISTAS CIENTÍFICAS DE ENSINO DE FÍSICA NAS REDES SOCIAIS.....	41
5. FIGURA 5 - AUTORES DOS TWEETS POR FORMAÇÃO	41
6. FIGURA 6 - RECORRÊNCIAS DE TWEETS AO REDOR DO MUNDO	42
7. FIGURA 7 - REDE GERADA NO ATLAS.TI.....	69
8. FIGURA 8 - NUVEM DE PALAVRAS.....	70
9. FIGURA 9 - DESENHO METODOLÓGICO	110
10. FIGURA 10 - CICLO DE PESQUISA	115
11. FIGURA 11 - FOTO DURANTE ATIVIDADE NO PLANETÁRIO.....	129
12. FIGURA 12 - ATIVIDADE REMOTA	139
13. FIGURA 13 - QUESTIONÁRIO FEITO AOS ALUNOS PARTICIPANTES	143
14. FIGURA 14 - " VELÁZQUEZ E A TEORIA QUÂNTICA DA GRAVIDADE"	144
15. FIGURA 15 - SOBRE O FILME "VELÁZQUEZ E A TEORIA QUÂNTICA DA GRAVIDADE"	145
16. FIGURA 16 - QUESTÃO SOBRE A MÚSICA TEMPO E ESPAÇO DE PAULO VANZOLINE	145
17. FIGURA 17 - QUESTÃO ADAPTADA DE VESTIBULAR.....	146
18. FIGURA 18 - QUESTÃO SOBRE O QUADRO "A PERSISTÊNCIA DA MEMÓRIA" DE SALVADOR DALI.....	148
19. FIGURA 19 - QUADRO DE SALVADOR DALI, "A DESINTEGRAÇÃO DA PERSISTÊNCIA DA MEMÓRIA"	149
20. FIGURA 20 - QUESTÃO SOBRE O QUADRO "A DESINTEGRAÇÃO DA PERSISTÊNCIA" DE SALVADOR DALI	151

21. FIGURA 21 - APRESENTAÇÕES NO PERÍODO DA REALIZAÇÃO DO ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	151
22. FIGURA 22 - SOBRE O APRENDIZADO, SEGUNDO OS PARTICIPANTES..	152
23. FIGURA 23 - NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES	153
24. FIGURA 24 - COMO OS VISITANTES APRECIAM AS ARTES	154
25. FIGURA 25 - REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA DO SISTEMA SOLAR E TELESCÓPIO	155
26. FIGURA 26 - REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA DO FIRMAMENTO NA PERSPECTIVA DE UM OBSERVATÓRIO	156
27. FIGURA 27 - REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA DA ROUPA DE UM ASTRONAUTA.....	156

Lista de tabelas

1. TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DOS ARTIGOS E AS MENÇÕES RECEBIDAS.....	38
2. TABELA 2 - CATEGORIZAÇÃO POR INTERFACES ARTE-FÍSICA.....	65
3. TABELA 3 - COMPARATIVO POR PERÍODO DE PUBLICAÇÃO.....	67

Lista de abreviaturas e siglas

FMC	FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
AC	ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA
BNCC	BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR
OCDE	ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO
ENEM	EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO
PCNEM	PARÂMETROS NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO
AD	ANÁLISE DE DADOS
PISA	PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2.1. QUESTÃO DE PESQUISA	27
2.2. OBJETIVO GERAL	27
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
3. ESTADO DA QUESTÃO	29
3.1. ANÁLISE ALTMÉTRICA DA DISSEMINAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA	29
3.1.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.1.2. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
3.1.3. CONSIDERAÇÕES.....	51
4. ESTADO DA ARTE	55
4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A FÍSICA MODERNA E AS ARTES.....	55
4.1.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	57
4.1.2. RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
4.1.3. CONSIDERAÇÕES.....	71
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	75
5.1 FÍSICA MODERNA E ARTES	77
5.2 A EVOLUÇÃO DOS PARADIGMAS DA CIÊNCIA.....	85
5.3 TRANSDISCIPLINARIDADE ENTRE AS CULTURAS CIÊNCIA E ARTE	90
5.4 MULTICULTURALISMO E TRANSDISCIPLINARIDADE	101
5.5 A FÍSICA MODERNA EM ESPAÇOS NÃO-FORMAIS	104
6. METODOLOGIA.....	110
7. ANÁLISE DOS DADOS.....	114
8. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	125
8.1. APLICAÇÃO NUMA TURMA INICIAL DE GRADUAÇÃO.....	125
9. ESTUDO EXPLORATÓRIO	128
9.1. APLICAÇÃO NUM ESPAÇO NÃO-FORMAL (PLANETÁRIO).....	128
10. DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA	131
11. RESULTADOS	142

11.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	143
11.2 ESTUDO EXPLORATÓRIO	150
12. CONCLUSÃO.....	158
13. REFERÊNCIAS.....	163
14. APÊNDICE.....	175
APÊNDICE – A (APRESENTAÇÃO DOS SLIDES)	175
APÊNDICE – B (FORMULÁRIOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA)	206
APÊNDICE – C (RESPOSTAS DOS ESTUDANTES).....	220
APÊNDICE – D (FORMULÁRIO DE VISITAÇÃO AO PLANETÁRIO).....	239
APÊNDICE – E (RESPOSTA DA VISITAÇÃO).....	243
APÊNDICE – E (TRANSCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA).....	250

1. Introdução

Nesta pesquisa, investigamos as contribuições da utilização da arte no ensino de Física, contextualizando-as pelas Teorias da Complexidade de Edgar Morin. Nosso enfoque é fornecer uma análise aprofundada das implicações da integração da arte no processo de ensino e aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea, com ênfase em espaços educacionais formais e não formais, particularmente no nível do Ensino Médio. Ao fazer isso, buscamos identificar e abordar as dificuldades de aprendizagem que frequentemente tornam a Física Moderna um desafio tanto para os professores quanto para os alunos.

Com a globalização e o desenvolvimento tecnológico, não é mais uma alternativa buscar meios alternativos que corroboram o Ensino das Ciências de forma transdisciplinar, mas uma necessidade, fazendo parte da formação dos educandos e do educador, assim como também colaborar para fomentar uma cultura científica. Com esta perspectiva, concebemos a ideia de uma Sequência Didática que envolva expressões artísticas diversas serve como uma estratégia relevante para a construção do conhecimento científico, com a utilização de música, teatro, cinema e literatura, utilizando-os assim como um recurso didático, e sua aplicação, a qual permite a produção de dados qualitativos para posterior análise e discussão.

O ensino de Ciências no Brasil atualmente enfrenta um grande obstáculo: a dificuldade de aprendizagem. Podemos considerar que, com uma educação tradicional, colocando o professor no centro do processo educativo, resultado do modelo de educação estagnado, sem promover a reflexão crítica dos alunos, fica ainda mais difícil solucionar esse problema (FOUREZ, 2003). Essa dificuldade de aprender se deve ao fato de a temática ser abordada de maneira que não faz sentido para o aluno, ou seja, os alunos não enxergam benefícios na aprendizagem de certo conteúdo para o seu futuro. A educação requer mudanças, através de um ensino inovador, abandonando a educação mecânica de transferência do conhecimento sem questionamento, como a memorização de fórmulas, para se alcançar uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980), em que o aluno seja um agente crítico e transformador do conhecimento, necessário para desenvolver as potencialidades, as competências e habilidades dos alunos.

Os avanços das tecnologias possibilitam ao homem ter acesso a milhares de informações, bem como às diversidades de contexto tanto próximas quanto distantes

da realidade de cada cidadão. Esse conhecimento empregado no processo educativo pode servir como recurso de aprendizagem, gerando saberes e conhecimentos científicos, através das artes, permitindo uma educação dinâmica e inovadora, onde o aluno não é mais um espectador, mas essencial para um ensino-aprendizagem mais satisfatório tanto para o professor quanto para o aluno.

Outro fator importante é a motivação com que o ensino deve conter, para que o aluno não disperse ou tenha um grau de cognição desfavorável para o processo de aprendizagem. Ou seja, é necessário que as informações sejam claras e capazes de modificar o indivíduo como um ser pensante e atuante na sociedade. Diante da evolução dos recursos e estratégias tecnológicas disponíveis, se faz necessário um novo olhar para um ensino dinâmico que prenda a atenção do aluno e o instigue a uma aprendizagem crítica.

É possível oferecer um conteúdo de Física que transmita a "cultura científica" viva no contexto do estudante e que faça sentido (ZANETIC, 1989). Por exemplo, é possível identificar fenômenos físicos e conceitos que estão presentes em seu cotidiano, analisar o funcionamento de uma guitarra elétrica ou de um aparelho eletrônico, ou mesmo compreender as noções teóricas sobre a formação de um arco-íris. Os benefícios de desenvolver o conhecimento científico por meio do ensino contextualizado não se restringem a entender somente ao que nos cerca, mas à capacidade de transformar o mundo em que vivemos e de prever determinados acontecimentos. Por esse prisma, Chassot (2003) valoriza a importância de fomentar a alfabetização científica desde o Ensino Fundamental, passando pelo Médio e chegando ao Ensino Superior. Para tanto, o letramento científico torna-se inerente ao saber ler a linguagem científica, pois essa permite uma educação mais comprometida e significativa. Assim, quem não souber ler a escrita da natureza permanecerá na condição de um analfabeto científico (FOUREZ, 1994).

A ciência e a arte coexistem com a cultura humana, mas em relação à primeira, ignoramos a construção do conhecimento científico presente em nosso cotidiano. Como exemplo, no estado de Goiás, ocorreu o maior acidente nuclear da história do Brasil (e um dos maiores no mundo) com a exposição de habitantes da cidade de Goiânia ao Césio-137. No entanto, não só ignoramos a periculosidade do fato como desprezamos suas consequências e em nosso bate-papo diário, o preterimos ao popularizado incidente em Chernobyl. Assim, ao trazer uma perspectiva mais palpável para a sala de aula, almejamos conquistar uma visão transdisciplinar, buscando

práticas educacionais que conectem com a abordagem disciplinar e, portanto, fazer emergir novos dados a partir da confrontação das disciplinas que os articulam entre si, oferecendo uma visão da Natureza e da Realidade (FREITAS; NICOLESCU; MORIN, 1994).

Mas, afinal, o que é a transdisciplinaridade e como ela se relaciona com a unidade do conhecimento? Segundo Morin (2017), a fragmentação das disciplinas fechadas dificulta a compreensão dos problemas do mundo. No entanto, a transdisciplinaridade surge como uma possibilidade de transmitir uma visão de mundo complexa, multidimensional e dentro da concepção global. Para que haja transdisciplinaridade, é importante buscar alternativas ao ensino tradicional e ter uma visão plural no ensino, principalmente (em nosso caso) na Física. Nesse sentido, uma das primeiras iniciativas é ter um olhar diferenciado para as Ciências Exatas, a partir de uma visão filosófica, histórica e, sobretudo, humanística, como é explicitado na Carta da Transdisciplinaridade¹.

A Carta da Transdisciplinaridade destaca a importância de uma abordagem que ultrapasse as fronteiras das disciplinas, em que sejam considerados os saberes de diferentes áreas de conhecimento para a compreensão de um determinado fenômeno. A transdisciplinaridade busca superar as limitações do método científico tradicional, que fragmenta e reduz a complexidade do mundo. Ao adotar a perspectiva transdisciplinar, torna-se possível trabalhar com temas mais amplos e complexos, como a sustentabilidade, a diversidade cultural, a ética e a cidadania. Isso contribui para formar um indivíduo mais crítico, consciente e capaz de lidar com as diversas situações que surgem no mundo atual. Em suma, a transdisciplinaridade é uma abordagem que busca a integração dos saberes, a superação das fronteiras disciplinares e a construção de uma visão de mundo mais complexa e integrada. Isso é fundamental para o ensino da Física e das demais áreas do conhecimento, para formar indivíduos capazes de compreender a complexidade do mundo e atuar de forma crítica e transformadora:

A visão transdisciplinar é resolutamente aberta na medida em que ela ultrapassa o campo das ciências exatas devido ao seu diálogo e sua reconciliação, não somente com as ciências humanas, mas também com a arte, a literatura, a poesia e a experiência interior (FREITAS; NICOLESCU; MORIN, 1994, p. 2).

¹ Carta da Transdisciplinaridade. In Nicolescu, Basarab. O Manifesto da transdisciplinaridade, págs. 161-165.

A arte frequentemente é mais acessível por estar mais disponível e permitir uma abordagem contextualizada ao ambiente cultural do aluno. Ela está sujeita à magnificação, principalmente com a globalização e o capitalismo, traduzida por uma cultura hegemônica, por isso deve ser utilizada por meio de uma abordagem interdisciplinar. Isso vai de encontro ao ensino tradicional, que se limita a programar o estudante para resolver problemas e ter êxitos em exames quantitativos, uma vez que a visão tradicional do ensino de ciências é preparatória, como é comumente tratada a Física. Delizoicov e Zanetic (2001) mencionam a interdisciplinaridade de forma crítica, fundamentados em Freire (1987), respeitando as especificidades de cada área do conhecimento. Cada professor especialista traz a sua contribuição para a construção interdisciplinar. Schaefer, Jantsch e Bianchetti (1997) defendem a necessidade de manter a diferenciação entre os saberes ou entre as estruturas cognitivas. É fundamental problematizar como seria esta inserção interdisciplinar em sala de aula.

De acordo com Zanetic (2005), um cidadão contemporâneo é ensinado que a física é esotérica, que nada tem a ver com a vida atual e que não faz parte da cultura. Infelizmente, o ensino de Física nas escolas ainda é “mal-feito”, com exceção de algumas experiências isoladas levadas por professores para suas salas de aula, decorrentes da pesquisa em ensino de Física desenvolvida no país. O ensino dominante se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares. Para mudar esse cenário, o ensino de Física não pode prescindir da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social (ZANETIC, 2005, p. 21).

É factível fazer uma alusão da evolução da Física com o pensamento de Morin (2005) através do Paradigma da Complexidade, que se opõe ao Paradigma da Simplificação. Por exemplo, enquanto os cientistas chegaram às Forças Fundamentais numa política de hiperespecialização do conhecimento, Einstein e outros Físicos buscaram e buscam até hoje unir as forças que regem o Universo. Logo, é tão importante conhecer as partes - as forças fraca, forte, gravitacional e eletromagnética - quanto o todo, que é a unificação dessas forças em uma única lei. Partindo assim de fenômenos, ao mesmo tempo, complementares, concorrentes e antagonistas, que respeitam as coerências diversas que se unem em dialógicas e polilógicas e, com isso, enfrentam a contradição por várias vias (MORIN, 2005).

No contexto deste trabalho, é importante entender como utilizar a literatura para o ensino de Física Moderna, qual método de curadoria e de exploração temática para os textos, tendo em vista que o professor de Física não está despreparado para utilizar tais ferramentas. Além disso, é fundamental compreender como se efetivaria o diálogo com o professor de outra área do saber, a fim de estabelecer uma abordagem interdisciplinar eficiente (DELIZOICOV; ZANETIC, 2001).

Portanto, é necessário superar a visão tradicional do ensino de ciências, que se limita à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares. É preciso adotar uma perspectiva mais ampla, que contemple a conceituação teórica, a experimentação, a história da física, a filosofia da ciência e sua ligação com a sociedade e outras áreas da cultura. Isso favorecerá a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa e engajada na luta pela transformação social (ZANETIC, 2005).

Não entendo que o professor de física vá substituir os professores de português e de línguas estrangeiras, mas sim que uma atividade interdisciplinar se instale através da colaboração mútua entre esses diversos professores. Assim, por exemplo, trechos dos Diálogos e dos Discursos, de Galileu, ou de A máquina do tempo, de H. G. Wells, podem suscitar análises tanto do conteúdo científico quanto do discurso literário pelos professores de física e de português, respectivamente (ZANETIC, 2006, p. 43).

A utilização dos livros didáticos é possível, principalmente porque temos avançado consideravelmente na contextualização e interdisciplinaridade de outras áreas nas atividades escolares. Os livros didáticos contêm obstáculos epistemológicos que aguardam a problematização pelos professores, a fim de despertar a criticidade dos alunos e transformar a experiência pedagógica em algo enriquecedor (ZANETIC, 2006).

Para atualizar o ensino da Física Moderna na prática educacional, a Arte pode ser utilizada como caminho para uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2010), como ferramenta para um objeto inovador e criativo no processo de ensino e como meio para a utilização de novos recursos didáticos. Portanto, não devemos nos limitar ao ensino tradicional.

Minha primeira motivação pela ciência, que me levou a iniciar meus estudos em Física, ocorreu durante o Ensino Médio, por meio de livros de divulgação científica, como “Uma Breve História do Tempo”, de Carl Sagan, e filmes de ficção científica, como “2001: Uma Odisseia no Espaço”, de Stanley Kubrick. Essas ideias inspiradoras

me levaram a escolher a graduação em Licenciatura em Física na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), onde dei início aos meus estudos em 2011. Durante esse processo, fui iniciado na docência em um projeto chamado [Universidade Para Todos](#), que oferece aos alunos de escola pública um curso preparatório aos vestibulares e ao ENEM. Em 2015, ingressei no Mestrado Profissional em Ensino de Física e, com base em minha aspiração pela Ciência desde o Ensino Médio, escolhi como objeto de pesquisa filmes de ficção científica em minha dissertação de mestrado, defendida em 2019 na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). O título da dissertação é “A Física no Cinema: Recortes de filmes como recurso didático articulado às demonstrações experimentais com suporte Arduino”². Esse trabalho une o cinema como recurso didático com o uso de novas tecnologias, como o suporte Arduino.

Em relação às Artes, tive várias experiências que me motivaram a explorar essa temática, desde o gosto pela literatura fantástica de Arthur C. Clarke, com “A Cidade e as Estrelas”, que li ainda na adolescência, alugado na biblioteca municipal de Vitória da Conquista, até os próprios filmes de ficção científica baseados em livros de literatura, como “2001: Uma Odisseia no Espaço”, do mesmo autor. Meu fascínio pelo cinema é tanto que, em determinado momento, quis cursar graduação na área, mas acabei limitando-me a participar do projeto “Janela Indiscreta”, que exibia filmes na Universidade do Sudoeste da Bahia. No YouTube, criei um canal chamado “[A Física no Cinema](#)”, com o intuito de comentar recortes de filmes que enriquecem o conhecimento da Física e da Ciência. Além disso, não vivo sem a música, seja ouvindo ou tocando alguns instrumentos musicais, como violão, guitarra e piano, sem muita pretensão profissional.

Buscando aprimorar essas ideias de unir as Artes e as Ciências, decidi dar continuidade aos meus estudos com o Doutorado em Educação em Ciências na FURG (Universidade Federal do Rio Grande), na qual ingressei em 2020, explorando a transdisciplinaridade e o pensamento complexo como objetos motivadores e facilitadores do ensino. Além de ser um sonho pessoal, fascina-me descobrir novos recursos didáticos para facilitar a aprendizagem, deixando para a sociedade minha

² Moura, G. Y. S. (2019). A física no cinema: recortes de filmes como recurso didático articulado a demonstrações experimentais com suporte Arduino. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/f%C3%ADsica-no-cinema-recortes-de-filmes-como-recurso-did%C3%A1tico-articulado-demonstra%C3%A7%C3%B5es-experimentais-com>

contribuição para a ciência e a educação, de modo que outros aspirantes das artes possam utilizá-los também, motivando e tornando lúdicas as aulas de Ciências para seus alunos, principalmente considerando que essas disciplinas demonstram maiores dificuldades de aprendizagem. Nesse contexto, "objetos motivadores" referem-se a estratégias ou elementos que despertam o interesse e a curiosidade dos alunos, tornando o processo de aprendizado mais envolvente e estimulante. Os "facilitadores do ensino" são fatores, métodos ou recursos que tornam o ensino mais eficaz, ajudando os alunos a compreenderem o conteúdo com mais facilidade. Portanto, a integração das Artes, juntamente com uma abordagem transdisciplinar e pensamento complexo, atua como um estímulo (objetos motivadores) para os alunos e como fatores que facilitam o processo de ensino, tornando as aulas mais interessantes e eficazes.

A estrutura da tese de doutorado é organizada de forma abrangente e metódica, com foco na integração entre as Artes e a Física Moderna, proporcionando uma abordagem inovadora no ensino. A pesquisa é fundamentada nas ideias do pensamento complexo de Edgar Morin e tem como objetivo principal tornar o conteúdo de Física Moderna mais acessível e lúdico para os estudantes. A tese se desenvolve em várias seções:

Estudo Altmétrico: Fizemos um estudo altmétrico nas redes sociais para verificar a disseminação do conhecimento de Física, em especial o ensino de Física, para saber como está a divulgação científica das pesquisas na área.

Estado da Arte: Também é necessário prepararmos a tese, mapeando o que a academia produziu a respeito das Artes e Física Moderna na última década.

Definição de Locais e Sujeitos: A tese inclui a definição dos locais onde as intervenções ocorreram, abrangendo tanto espaços formais quanto não-formais de ensino. Além disso, identifica os sujeitos envolvidos na pesquisa e descreve os instrumentos de coleta de dados adotados.

Sequência Didática: Nesta seção, é construída uma Sequência Didática que incorpora as Artes e a Física Moderna. O objetivo é motivar e facilitar o ensino-aprendizagem, adotando uma abordagem dinâmica e interdisciplinar. As intervenções, incluindo a Sequência Didática, constituem o principal objeto de estudo.

Estudo Exploratório: Para investigarmos a potencialidade de se trabalhar com as artes também em espaços não-formais, foi realizado um estudo exploratório no planetário.

Análise de Dados: Uma etapa essencial na pesquisa é a análise de dados, explorando a estratégia adotada e destacando como as informações coletadas foram processadas e interpretadas. Essa abordagem metodológica robusta contribui para uma compreensão aprofundada das intervenções e dos resultados ao longo do estudo.

Apêndices: Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, vários apêndices (A, B, C, D e E) são disponibilizados no final da tese. Eles fornecem informações detalhadas sobre as intervenções e dados coletados, enriquecendo a análise da pesquisa.

A pesquisa abrange ainda a aplicação da Sequência Didática em uma turma de graduação e um estudo exploratório em um planetário de Vitória da Conquista, explorando espaços não formais. Essas abordagens interdisciplinares, envolvendo as Artes e as Ciências, demonstraram que o ensino de Física Moderna pode ser mais acessível e motivador, resultando em uma maior compreensão por parte dos alunos e estimulando o aprendizado. A pesquisa tem um foco particular na abordagem de temas complexos de forma inovadora e interdisciplinar, abrindo caminhos para aprimorar o ensino de Física Moderna.

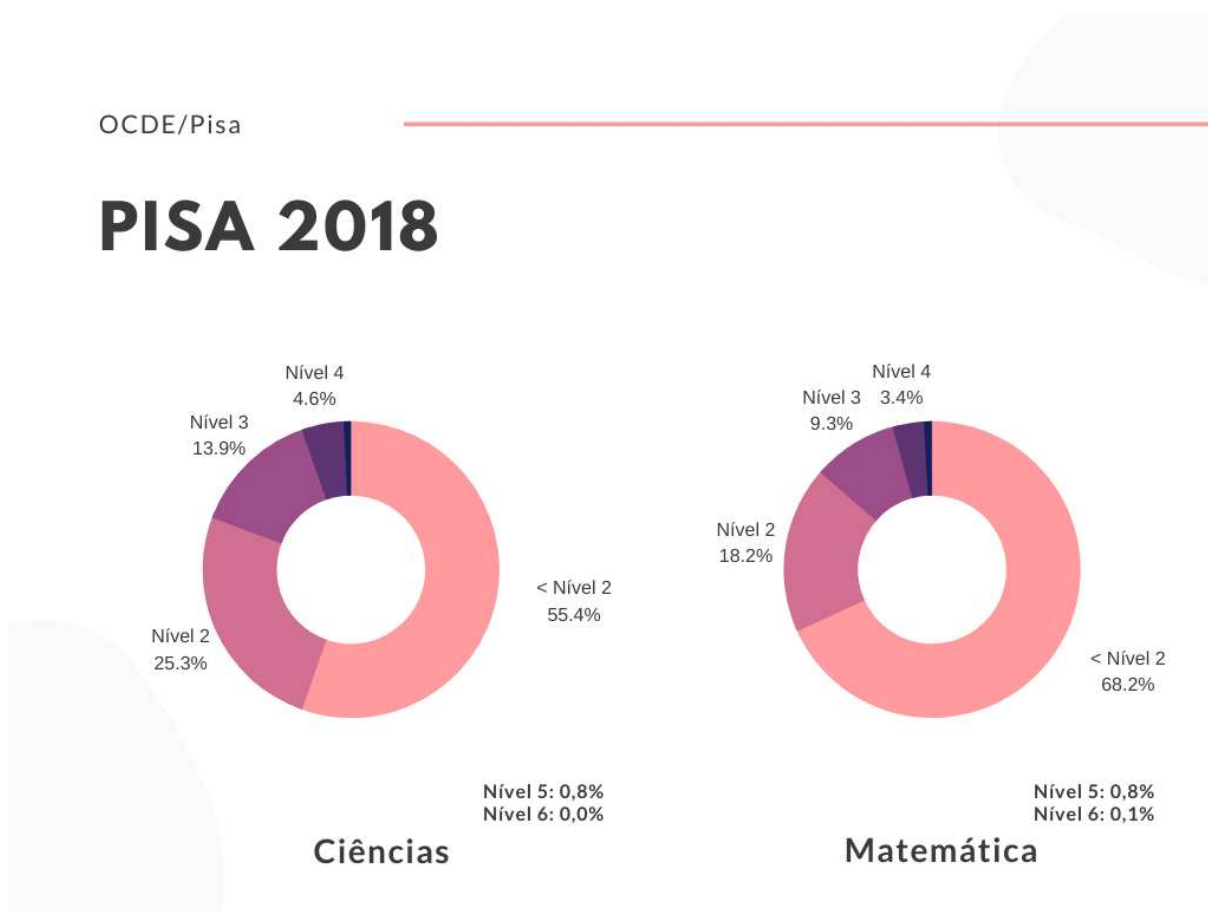
Ensinar a Física Moderna tem se tornado um obstáculo árduo para todos os professores, desde os que recentemente se formaram em diversas faculdades espalhadas pelo Brasil, seja particular ou pública, até os que já lecionam há muito tempo, com vasta experiência, e isso é reforçado pela falta de uma cultura científica à qual a sociedade brasileira não está inserida, por questões estruturais e culturais. A realidade das escolas públicas e as condições de trabalho dos professores intensificam as dificuldades de motivação e interesse pelas disciplinas de Ciências Naturais.

A utilização das Artes no ensino de Física é uma maneira de aproximar os jovens de uma cultura científica. Uma Sequência Didática bem elaborada pode contribuir para a análise de dados coletados, com o objetivo de verificar as potencialidades do uso das Artes como recursos didáticos e sua efetividade no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, a Sequência Didática pode ser vista como uma possibilidade de desenvolvimento de pesquisa, uma vez que possui o potencial de organizar o planejamento, análise e avaliação da interação entre atividade/aluno, atividade/professor e o possível resultado de aprendizagem. Dessa forma, é possível explorar o potencial das Artes para tornar as aulas de Física mais

envolventes e lúdicas, motivando os alunos a se interessarem pelo assunto e a compreenderem melhor os conceitos abordados.

O Brasil, por exemplo, tem desempenhos ruins nos exames internacionais de grande escala, como o PISA (Programme for International Student Assessment), a prova é realizada pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) anualmente, com foco em três áreas (linguagem, matemática e ciências), sendo a avaliação em cada área recorrente em um ciclo de três anos. Em 2018, o PISA avaliou o desempenho de 600 mil estudantes em 79 países nas áreas de Matemática, Ciências e Leitura. Todos os estudantes estavam na faixa dos 15 anos e o desempenho dos participantes em relação ao seu conhecimento em ciências o letramento científico indicou que 43,2% estão abaixo do nível 2 de aprendizado (os patamares vão de 1 a 6), abaixo do nível considerado básico de proficiência em ciências, em leitura e matemática, ocupando a 70ª posição em Matemática, 66ª em Ciências, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – PISA 2018



Fonte: o autor

A partir desses dados, fica claro que é preciso investir em estratégias e recursos que possam melhorar o ensino e a aprendizagem de Ciências no Brasil. A utilização das Artes pode ser uma dessas estratégias, pois pode tornar o ensino mais atraente e lúdico, motivando os estudantes a se interessarem mais pelas disciplinas de Ciências.

No entanto, é importante ressaltar que a utilização das Artes no ensino de Ciências não deve ser vista como uma solução isolada para todos os problemas do ensino no Brasil. É preciso investir em políticas públicas que melhorem as condições de trabalho dos professores, ofereçam formação continuada e recursos materiais adequados, além de incentivar a cultura científica entre a população.

De qualquer forma, a ideia de explorar a transdisciplinaridade e o pensamento complexo no ensino de Ciências é muito interessante e pode contribuir significativamente para melhorar a qualidade do ensino no país. É preciso investir em pesquisas e projetos que explorem essa abordagem e avaliar seus resultados de forma crítica e cuidadosa, a fim de identificar suas potencialidades e limitações e melhorar continuamente as práticas educativas.

Por isso, percebi que, ao utilizar a arte, o professor pode aproximar os jovens de uma cultura científica, mesmo que o objetivo de melhorar a educação no país não possa ser alcançado apenas com isso. Contudo, vale a pena analisar, discutir e trabalhar com cenas cinematográficas, pois foi com a maioria desses filmes que há anos me motivou a estudar a Física e fazer o curso de licenciatura na área das Ciências. Observa-se forte envolvimento, participação ativa e interesse dos alunos no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos da Física Moderna mediante o uso da discussão de erros em cenas de filmes que permeiam principalmente o assunto das Ciências em geral.

A utilização das artes, além de fazer parte do nosso cotidiano, tem sido cada vez mais presente em sala de aula. Portanto, é necessário investir no conhecimento de novos recursos didáticos que auxiliam no processo de ensino-aprendizagem, bem como na formação adequada dos educadores e na cautela para não prejudicar o aprendizado ao usar esses recursos.

Nesta Tese de Doutorado, investigou-se as contribuições das artes associadas às ciências, principalmente no cinema, pois este é uma fonte rica de conhecimento no que se refere à Física Moderna, principalmente nos filmes de ficção científica. Segundo Zanetic (2006), o ensino de Física não pode prescindir da presença da

história da Física, da filosofia da ciência e de sua ligação com outras áreas da cultura, como a literatura, letras de música, cinema, teatro etc. Acredita-se que uma didática com ferramentas inovadoras que possibilite a contextualização do conteúdo com o cotidiano do aluno, facilitando a assimilação do conteúdo abordado, promova um ensino reflexivo.

De forma específica, pretendemos inovar o ensino de Física Moderna, com a utilização, por exemplo, de cenas cinematográficas para motivar e facilitar no processo ensino-aprendizagem, rompendo assim com o ensino tradicional comumente utilizado pelos professores. No intuito de contribuir com o Ensino de Ciências, pois esses conteúdos de Física Moderna, como a relatividade restrita, a quântica, a física nuclear e a física de partículas, são pouco abordadas no Ensino Médio, busco explorá-los através das artes. O cinema como prática pedagógica pode fazer o aluno se interessar pelo conhecimento e pela pesquisa, de modo mais vivo e interessante do que o ensino tradicional, apoiado em aulas expositivas e seminários. O ensino de artes na escola só se justifica se ele desperta o interesse pela aprendizagem e, ao mesmo tempo, mostra novas possibilidades educacionais apoiadas na narrativa cinematográfica.

As possibilidades educacionais do cinema e o seu aproveitamento na atividade escolar orientam-nos para uma resposta afirmativa. A arte cinematográfica contribui para disseminar a arte e a cultura, e pode exercer influência positiva nos estudantes. A esperança é que o cinema, pela sua natureza afetiva, abra as portas da percepção para o prazer da descoberta das disciplinas das Ciências Sociais, da Literatura, da Filosofia, da Física, da Biologia ou da Química (CARMO, 2003, p. 72).

Para Piassi, Gomes e Ramos (2017), as vantagens de se utilizar recursos didáticos artísticos no ensino de Física são potencialmente mecanismos de ilustração, simulação, integração e avaliação:

O cinema, considerando a ótica pedagógica, atua principalmente pelo despertar da emoção e do envolvimento do aluno. Nesse sentido o cinema é uma manifestação cultural extremamente eficaz no que diz respeito ao entretenimento e pode ser utilizado como gerador de debates, permitindo a emergência de reflexões em sala de aula. Nesse caso, e no âmbito da Física, a discussão das películas pode corroborar ou refutar o conhecimento prévio trazido pelos estudantes, tornando mais significativa a aprendizagem (PIASSI, GOMES, RAMOS, 2017, p. 30).

Há clareza em perceber que o cinema está presente no ambiente escolar, pois assistir a filmes, seja em casa, no cinema ou na escola, é um hábito comum em quase

todas as sociedades. Os filmes se popularizaram e desempenham um papel importante na formação cultural das pessoas. Tomando esses pressupostos como subsunçores (MOREIRA, 2006) que os alunos possuem para desenvolver o conhecimento durante as aulas de Física Moderna, podemos utilizar a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980) para identificar esses conhecimentos prévios apresentados pelos alunos em filmes, teatro, literatura e música.

Assim como o cinema, a música também pode trazer benefícios pedagógicos para facilitar o processo de aprendizagem. Isso porque ela permite o uso de estratégias de ensino como recurso didático e como motivador, tornando as Ciências, como Física, Biologia, Química e Matemática, um meio para desenvolver a cognição do aluno, sob a perspectiva da Complexidade. Portanto, cada agente do sistema ao interagir, aprender e ensinar modifica tanto a aprendizagem em si quanto seus sistemas intrapessoais, além de transformar os demais agentes, resultando em uma mudança em todo o ambiente devido às influências internas e externas que nele são geradas (LARSEN-FREEMAN, CAMERON, 2007).

A verificação da potencialidade do uso das Artes no Ensino das Ciências se dá por meio de uma análise mais aprofundada, discutindo a importância de o professor desenvolver uma atitude transdisciplinar, caracterizando a visão do outro como verdadeiro outro, valorizando e explorando o potencial criativo de cada um. O professor também se torna um aprendiz, sendo uma referência para seus alunos. Mesmo que a educação seja garantida constitucionalmente, ela é negada à população devido à precariedade das escolas, como demonstrado por Demo (1987). No entanto, a criatividade deve ser incentivada pelos professores, pois ajuda o aluno a questionar suas certezas e crenças, a fim de se perceber e conhecer melhor (NICOLESCU, 1999). Dessa forma, caracteriza-se um ensino também direcionado para o aprendizado da interpretação:

A ideia de aprender a estabelecer e interpretar relações e superar os limites das disciplinas escolares continuava sendo portadora da noção de globalização. Assim como a atitude favorável à interpretação sobre o que acontece em sala de aula, à não fragmentação, ao aprender constante por parte do docente. Mas a globalização também se confunde com a ideia de totalidade, o que a tornava um empreendimento inatingível, tanto do ponto de vista do conhecimento como da organização do currículo escolar (HERNANDEZ, 1998, p. 56).

Diante disso, o pensamento complexo, que pretendemos explorar no desenvolvimento da tese de doutorado, está intimamente ligado às questões desenvolvidas por Edgar Morin, pois é este estudo que se desdobra para romper com o pensamento simplório e fragmentado que marca a educação tradicional há muito tempo. A educação tradicional, principalmente no âmbito escolar, se resume a um aprendizado mecânico sem criticidade, fragmentando as disciplinas de forma que elas não se comunicam e se entrelaçam. A memorização de fórmulas e artifícios de resolução de problemas como possibilidade didática, e a reprodução do conhecimento sem reflexão profunda apequenam a educação e excluem a indagação, a construção e a transformação do conhecimento. Problemas sociais como a desigualdade social, a pobreza e as dimensões éticas e morais são deixadas de lado, e a valorização da competição pelos melhores alunos é expressa através de notas (SALLES e MATOS, 2017).

Portanto, é fundamental a adoção de uma abordagem transdisciplinar na educação, que considere as relações entre as diferentes disciplinas e suas interconexões, de modo a formar um conhecimento mais amplo e complexo. Essa abordagem implica a integração do conhecimento e a formação de uma consciência crítica capaz de enfrentar os desafios da sociedade contemporânea. Dessa forma, o pensamento complexo de Edgar Morin se torna uma ferramenta essencial para a educação, uma vez que permite a compreensão das complexas relações entre os fenômenos e dos problemas que afetam a sociedade atual. Portanto, é importante destacar a importância de uma educação que valorize a reflexão, a crítica e a criatividade, como formas de transformação e construção de um conhecimento mais abrangente e crítico. Assim, surge como questão de pesquisa: **Como a interação entre Arte e Ciência contribui para um novo paradigma educacional no ensino de Física Moderna na perspectiva da Complexidade?**

Esta pesquisa tem como objetivo geral investigar como a interação entre a Arte e a Ciência pode impactar positivamente o ensino de Física Moderna, abrindo caminho para um novo paradigma educacional. Vamos explorar como a transdisciplinaridade pode ser uma ferramenta poderosa para aproximar alunos de conceitos complexos da Física, utilizando estratégias didáticas envolvendo imagens cinematográficas, música, literatura, teatro e escultura. Acreditamos que essa abordagem pode estimular a reflexão crítica e criativa dos alunos, tornando o aprendizado de Física Moderna mais interessante e envolvente.

Com o objetivo de avançar em um novo paradigma educacional para o ensino de Física Moderna, esta pesquisa se propõe a explorar a interação transdisciplinar entre Arte e Ciência. Para isso, foram realizadas estratégias didáticas específicas, tanto em espaços formais quanto não-formais, para utilizar imagens cinematográficas, música, literatura, teatro e escultura na educação científica. A ideia é que a Arte possa ser entendida como um motivador que facilita o desenvolvimento e a aprendizagem em termos de Complexidade.

Além disso, foram realizadas sequências didáticas e propostos materiais didáticos transdisciplinares para investigar a união entre as culturas de Física Moderna e Arte. Foi realizada uma análise de dados dos recursos didáticos artísticos utilizados e suas contribuições para o ensino de Física Moderna.

Para enriquecer a pesquisa, foi realizado um estudo de caso em um planetário, buscando explorar a utilização de imagens e projeções como ferramentas para unir Arte e Ciência e promover uma aprendizagem mais significativa. Acreditamos que a utilização desses recursos pode ser uma forma interessante e inovadora de ensinar Física Moderna, aproximando-a da Arte e tornando-a mais acessível e atrativa para os alunos.

1. Realizar uma pesquisa exploratória por meio de revisão de literatura e levantamento alométrico sobre o que se tem produzido sobre este tema.

2. Propor e aplicar estratégias didáticas em espaços formais e não-formais para o uso de imagens cinematográficas, da música, da literatura, do teatro e da escultura na educação científica, visando aproximar a Arte e a Ciência em termos de complexidade.

3. Utilizar a técnica de estudo de caso para investigar as ações realizadas em espaços formais e não formais a partir das intervenções que reúnem as culturas da Física Moderna e da Arte.

4. Analisar à luz do referencial teórico os dados quali-quantitativos produzidos a partir das intervenções.

Na próxima seção, começamos apresentando um estudo alométrico para levantar a questão de pesquisa, que é verificar como a cultura científica está disseminada nas redes sociais.

2. O Estado da Questão

3.1. Análise Altmétrica da Disseminação do Ensino de Física³

A divulgação do conhecimento científico é importante não apenas para o desenvolvimento da Ciência, mas também para garantir que as pessoas possam ter acesso a ele. Nesse sentido, as redes sociais na internet têm desempenhado um papel fundamental na disseminação do conhecimento científico. Com o intuito de investigar a divulgação científica feita por usuários das redes sociais, este artigo analisou a propagação de artigos e textos de revistas brasileiras que abordam o tema do ensino curricular de Física. Como procedimento metodológico, foi realizada uma pesquisa exploratória que analisou indicadores alométricos por meio da ferramenta Altmetric Explorer⁴, publicada na Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC).

Entre os principais resultados obtidos, destaca-se a preponderância de menções aos artigos que tratam de Física Teórica ou Aplicada, em detrimento dos artigos sobre ensino de Física. Isso sugere que há uma lacuna na divulgação científica do ensino de Física pelas redes sociais na internet. No entanto, a análise alométrica permite avaliar as contribuições para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do ensino de Física, bem como sua divulgação científica em redes sociais na web.

A Física é subdividida em várias áreas do conhecimento, sendo os mais populares e presentes no currículo do Ensino Médio a Mecânica, a Termodinâmica, a Óptica, a Ondulatória, a Acústica e o Eletromagnetismo. Embora existam outras áreas do conhecimento da Física, como a Relatividade, a Quântica, a Física de Partículas e a Física Nuclear, que são disseminadas mais especificamente pelos meios de comunicação, essas áreas são pouco exploradas no Ensino Médio, principalmente na educação pública. Isso ocorre, em parte, devido à sua complexidade ou por não serem

³ MOURA, G. Y. S.; SENABIO, K. P. da C.; MIRANDA, A. C. D.; MACKEDANZ, L. F. . DISSEMINAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO TWITTER: UMA ANÁLISE ALTMÉTRICA. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 10, n. 2, p. e22032, 2022. DOI: 10.26571/reamec.v10i2.13541. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13541>. Acesso em: 13 jun. 2022.

⁴ Altmetric Explorer é uma interface que permite explorar todo o conteúdo da base de dados de citações, usando filtros por palavra-chave, data de publicação, periódico, instituição, autor, época e fonte da citação, entre outras opções (ALTMETRIC EXPLORER, 2021).

temas presentes nos Exames Nacionais⁵. Como resultado, a disseminação dessas áreas do conhecimento científico produzido pela Física é feita de forma mais efetiva pelas redes sociais, que atuam como protagonistas nesse processo.

De acordo com Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), a defasagem de conteúdo do atual currículo do Ensino Médio e a falta de informações sobre os avanços e descobertas científicas no campo da Física no Brasil e no mundo contribuem para a disseminação dessas áreas do conhecimento científico pelas mídias digitais. Assim, é importante que a divulgação científica do Ensino de Física seja mais valorizada e promovida por meio das redes sociais na internet, a fim de garantir o acesso à informação e aprimorar a educação científica da população.

Assim, a utilização desses meios de compartilhamento de informações contribui para o desenvolvimento científico, uma vez que a comunidade acadêmica necessita do conhecimento produzido para que novas proposições possam ser construídas. Nesse sentido, a Altmtria nos auxilia com essas informações, com os pressupostos de que as plataformas de interação social estariam favorecendo a pesquisa na área do ensino de Física ou seriam, na verdade, pouco utilizadas pelos professores e/ou pesquisadores. Inicialmente, a avaliação que fazemos é de que as pesquisas na área da Física Aplicada e/ou Teórica encontram-se mais disseminadas nas redes sociais do que as pesquisas que utilizam a sala de aula (tendências pedagógicas e formação de professores) como ferramenta de pesquisa para o aperfeiçoamento didático.

Em busca do uso das redes sociais de forma propositiva, o papel do professor torna-se cada vez mais importante no que diz respeito ao incentivo de estudantes para este fim, em contraposição à desinformação, à anticiência e ao negacionismo científico que estão presentes de forma massiva nesses meios de comunicação. Existe uma dicotomia dentro da própria Ciência, que ficou evidente no desenvolvimento da energia nuclear, no qual “o fator de impacto é uma maldição e uma benção. [...] esperava que ele fosse utilizado de forma construtiva, enquanto reconhecia que em mãos erradas ele poderia ser utilizado de forma abusiva” (GARFIELD, 1999, p. 111). Por esse viés, é possível observarmos que os resultados da ciência podem ser ao mesmo tempo bons e ruins.

⁵ Em uma pesquisa realizada por Hernandes e Martins (2013) constatou-se que os conteúdos pertencentes à Física Moderna, como por exemplo a teoria da relatividade e o efeito fotoelétrico, não são exigidos no programa de conteúdos de Física da matriz de referência para o novo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Utilizar plataformas para disseminação do conhecimento, de forma saudável, pode significar desenvolver atividades com os alunos que possam prepará-los enquanto sujeitos autônomos, através da construção de pensamentos reflexivos em contramão às inúmeras informações equivocadas e não científicas que são cada vez mais propagadas. Para isso, faz-se necessário uma divulgação científica por meio da utilização de recursos, técnicas, processos e produtos (veículos ou canais) para a veiculação de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações ao público leigo (BUENO, 2010, p. 162).

Para tanto, as aulas de Física devem estar conectadas com as evidências apresentadas no meio científico, através do desenvolvimento da alfabetização científica, termo que usaremos para designar a habilidade de compreender e utilizar conceitos científicos, além de reconhecer e avaliar evidências científicas, a fim de tomar decisões bem fundamentadas. Com isso, os alunos estarão aptos a utilizar a ciência para solucionar problemas e a tomar decisões de forma consciente e crítica.

(...) um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes, (*sic*) de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON, CARVALHO, p. 61, 2011).

Portanto, a alfabetização científica é um processo que conecta o público com a academia, aproximando cada vez mais a educação da divulgação científica. O interesse pelo conhecimento científico é importante para o desenvolvimento da própria Ciência e deve ser pautado no letramento científico, formado ao longo de toda a educação formal. Em outras palavras, essa formação do domínio do conhecimento científico deve ser integral e conectada com a realidade, não apenas científica, mas tecnológica da sociedade. A alfabetização científica permite que o indivíduo se comunique e se desenvolva como ser pensante e crítico nesse contexto moderno (CHASSOT, 2003).

Para tratarmos da educação dentro da sala de aula, devemos estar atentos à formação de professores, que nos permite ter uma visão de como a pesquisa em ensino de Física tem avançado nos últimos anos no Brasil. Um dos marcos deste avanço foi a criação de um programa de pós-graduação em rede Nacional, que é o

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF⁶), para a formação continuada desses licenciados em Física. Anteriormente, existia um distanciamento entre professor e pesquisador, distância esta que vem cada vez mais se estreitando, pois iniciativas como a do MNPEF possibilitam, principalmente ao professor do Ensino Básico, empregar sua pesquisa no nível médio, com chances muito maiores de existir um retorno à sociedade nesse desenvolvimento científico, com os conhecidos "produtos educacionais". Além disso, há a oportunidade de enxergar a própria sala de aula como um ambiente para a prática de ensino e pesquisa.

Quando se fala em pesquisa em Física, não se trata apenas de cientistas em seus laboratórios estudando buracos negros, bombas atômicas, ou tentando desvendar os mistérios do universo. A Física é uma ciência muito mais abrangente, que se relaciona com outras áreas de conhecimento, como a Filosofia, a Pedagogia e a Medicina. Dessa maneira, a noção de ensino e pesquisa, que pode ser vista também a partir da perspectiva do professor-pesquisador, parte da busca pelo avanço do ensino-aprendizado dos estudantes, desde a metodologia em sala de aula, que envolve teorias de aprendizagem, até do uso de novas tecnologias como recursos didáticos. Segundo Miranda (2005), o professor-pesquisador utiliza sua prática docente como instrumento para o desenvolvimento do conhecimento. A pesquisa torna-se, portanto, um elemento determinante para a melhoria da formação da prática docente., uma vez que pesquisa acadêmica tem como uma de suas preocupações a originalidade, validade e aceitação pela comunidade científica. Por outro lado, a pesquisa do professor tem o propósito de conhecer a realidade para transformá-la, visando aprimorar suas práticas pedagógicas e alcançar autonomia. Diferentemente do pesquisador teórico, o professor está intimamente envolvido em sua prática e pesquisa. Quanto aos objetivos, a pesquisa do professor tem caráter instrumental e utilitário, enquanto a pesquisa acadêmica em educação geralmente está ligada a objetivos sociais e políticos mais amplos. (GARCIA, 2009, p. 177).

Nessa relação entre “pesquisa do professor” e “pesquisa acadêmica” encontrou-se, por vezes, o equívoco de se pensar em uma teoria como não sendo algo comprovado, embora essa faça parte de uma lei que explica um fenômeno da natureza, não a tornando menos confiável, como por exemplo, a “Teoria da

⁶ A criação desse programa é recente, o que reforça a necessidade e escassez na área do Ensino, posto que, a Sociedade Brasileira de Física, em 2012, apresentou o projeto em consonância com a proposta da Capes (NASCIMENTO, 2013).

Relatividade” ou “Teoria da Gravitação Universal”. Essa distância entre o desenvolvimento científico e a sociedade pode ser evidenciada com a falta de produtos acadêmicos aplicáveis na realidade dos estudantes. Os conteúdos produzidos nas Instituições de Ensino Superior (IES) que passam a compor as matrizes curriculares, deveriam chegar ao público na forma de conteúdos disciplinares na Educação Básica (LOPES, 1999; CHASSOT, 2003; ABRANTES; MARTINS, 2007), porém, sabe-se que o conhecimento científico e acadêmico permanece distantes da sociedade, mesmo quando muito se fala sobre a importância do conhecimento científico para a ação da cidadania,

(...) Isso implica dizer que a educação científica deve fazer parte da formação do cidadão para que ele possa compreender, opinar e tomar decisões baseadas no entendimento sobre o progresso científico e os riscos e conflitos de interesses nele contidos (MOURA, 2012, p. 20).

Identifica-se, portanto, a necessidade de se investir em uma educação que possa alcançar uma cultura científica, para tanto, devemos prezar pela produção de um conhecimento científico que se conecte com a sociedade. Precisa-se, então, entender a definição de “cultura científica” e de “alfabetização científica”, sendo ambos conceitos equivalentes; segundo Vogt (2010, n.p), cultura científica é um tipo particular de cultura, em que existe a permissividade das generalidades no mundo moderno, construída pelo “conjunto de fatores, eventos e ações do homem nos processos sociais voltados para a produção, a difusão, o ensino e a divulgação do conhecimento científico”. Para se ter uma cultura científica é necessário alfabetizar cientificamente descrevendo a natureza através de uma linguagem inerente à Ciência, portanto, propiciar o entendimento ou a leitura dessa linguagem é fazer alfabetização científica (GARCIA, 2009).

Para que uma sociedade seja considerada alfabetizada cientificamente é imprescindível que o cidadão esteja imerso no segundo estágio da cultura científica. Faz-se necessário que a cultura científica esteja inserida à cultura geral. Isso somente ocorre quando há acesso a informações e conhecimentos suficientes para possibilitar que os cidadãos os incorporem ao seu cotidiano (ARAÚJO, CALUZI, CALDEIRA, 2006, p. 19).

A formação de professores manifesta-se enquanto elemento essencial para a construção de uma cultura científica, pois este faz-se enquanto mediador para o estudante que precisa compreender a linguagem científica presente no mundo virtual. A construção de uma cultura científica contaria então com a iniciativa do professor no

desenvolvimento de uma alfabetização, por isso a pesquisa na área do ensino de Física se torna tão importante, tanto na formação inicial quanto na formação continuada. Por esse viés, ressalta-se a necessidade de diferentes olhares sobre o ensino, neste estudo, representado pelo olhar da Altmtria.

A Altmtria dará a essa discussão uma perspectiva distinta de outros levantamentos sobre a evolução do ensino de Física no Brasil, por meio de revisões bibliográficas mais habituais, como o estudo bibliométrico e cientométrico, posto que ela se compromete a verificar a disseminação da pesquisa científica nas redes sociais. A definição de Altmtria ainda está em construção, porém, segundo Priem et al. (2012), a Altmtria é o estudo e uso de medidas de impacto através de atividades acadêmicas em plataformas virtuais e ambientes online. Altmtria é, em sua grande maioria, consequência da junção de duas métricas mais conhecidas, a Cientometria e a Webometria; sendo a Altmtria um subconjunto da Webometria com foco mais precisamente na influência acadêmica, medida por meio da utilização de ferramentas e ambientes em linha;

A Altmtria é uma área em construção, com potencial de estudar os impactos de produtos acadêmicos a partir de dados de mídias sociais. Acredita-se que as Altmtrias são capazes de capturar impactos sociais e acadêmicos, indo além das medições realizadas pelos indicadores bibliométricos e cientométricos (DE MELO MARICATO, VILAN FILHO, 2019, p. 1).

Levando-se em consideração esses aspectos, o presente estudo apresenta como objetivo principal a investigação do alcance de trabalhos científicos na área do ensino de Física na sociedade, observando como a divulgação científica está presente nas redes sociais, por meio de citações de artigos acadêmicos das principais revistas da área. Buscou-se na perspectiva da educação brasileira da disciplina de Física, quais os temas mais recorrentes compartilhados nos perfis, e se esses ainda estão aquém, em função de outros na perspectiva da Física em geral. Para tanto, serviu-se do entendimento das metodologias voltadas para a otimização do ensino-aprendizagem para indicá-las como relacionadas ao campo do “Ensino de Física”. Em contrapartida, valeu-se de panorama os avanços e descobertas no Eletromagnetismo, Termodinâmica, Óptica, e da Física Moderna, como Quântica e Relatividade, dentre outros, que não visam a educação, para identificá-las no campo da “Física Teórica e/ou Aplicada”.

3.1.1. Procedimentos Metodológicos

Neste tópico, iremos observar os procedimentos utilizados para coleta e caracterização dos dados obtidos, feitas por meio do uso de uma metodologia de pesquisa descritiva, que, como afirmam Prodanov e Freitas (2013, p. 127), “expõe as características de uma determinada população ou fenômeno, demandando técnicas padronizadas de coleta de dados”, coleta que teve como procedimento técnico a pesquisa documental. Ainda de acordo com esses dois autores, a pesquisa documental “é destacada quando podemos organizar informações que se encontram dispersas, conferindo-lhe uma nova importância como fonte de consulta”. Quanto ao tipo de abordagem, temos uma investigação quali-quantitativa, por analisar numericamente os tweets que mencionam artigos científicos e por posteriormente interpretá-los; conforme Brüggemann e Parpinelli (2008), as abordagens quantitativa e qualitativa

(...) do ponto de vista metodológico, não tem contradição, assim como não há continuidade entre as duas formas de investigação. Do ponto de vista epistemológico, nenhuma das abordagens é mais científica do que a outra, mas são de natureza diferente. A qualitativa (subjetividade) não pode ser pensada como de oposição ou contrariedade, como também não se reduz a um continuum. As duas abordagens permitem que as relações sociais possam ser analisadas nos seus diferentes aspectos: a pesquisa quantitativa pode gerar questões para serem aprofundadas qualitativamente, e vice-versa (BRÜGGEMANN, PARPINELLI, 2008, p. 564).

Após a coleta de dados a partir da Altmétrie, para a qual foram usadas expressões de busca como: “Física teórica ou aplicada”, conceito pertinente para temas de teor mais tecnológico ou da Física pura, e que, conseqüentemente, não focam na educação, e o conceito de “Ensino de Física”, para aqueles trabalhos que envolviam a pesquisa da formação de professores, das técnicas facilitadoras de aprendizagem nos diversos níveis, básico ou superior, o foco dessa análise altmétrica.

De acordo com Castiblanco e Nardi (2014), a diferença entre o que é a pesquisa em Física teórica ou aplicada e o que é fazer pesquisa em ensino de Física implica a formação do professor voltada para a autonomia do discente enquanto cidadão. Isso representa compreender estratégias para aprimorar sua prática enquanto professor pesquisador, e essa autonomia tem relação com a emancipação do sujeito através de sua “consciência crítica e da capacidade de fazer propostas próprias” (DEMO, 2011, p. 22).

Para tal, o ensino de Física deve estar atento às pesquisas desenvolvidas no tocante a prática docente, pois como apresenta Paulo Freire (1970), o indivíduo, ou professor pesquisador, precisa compreender sua realidade para só então poder transformá-la. Construimos a partir de então um contraponto à pesquisa em Física teórica ou aplicada, que normalmente não apresentam uma contribuição reflexiva sobre a prática docente, ou com seus próprios resultados da pesquisa científica, seja no ensino básico ou superior. Por isso, no que tange o ensino-aprendizado, “(...) todos devem estar preparados para ler e aproveitar resultados de pesquisas em seu campo de ação, assumindo a reflexão de sua própria prática como uma estratégia de trabalho” (CASTIBLANCO ABRIL; NARDI, 2014, p. 23).

Investigar a produção científica e sua disseminação nas redes sociais digitais viabiliza, entre outras possibilidades, observar os impactos sociais de um artigo científico em determinado grupo, perfil ou comunidade de uma plataforma na web. Foram desenvolvidas, ao longo da última década, ferramentas voltadas para obtenção de dados provenientes das redes sociais digitais.

A análise de dados feita a partir de material extraído das redes sociais na Internet pode apresentar percalços devido à grande quantidade de informações contidas nas plataformas, e ao alto fluxo e circulação dos dados. Existe, por exemplo, a possibilidade de uma conta ser suspensa em virtude de política de privacidade ou de encontrarmos alguns usuários da rede Twitter que não preencheram por completo seus dados de perfil, como, local, profissão, e, ainda, existe a possibilidade de uso de nomes fictícios, o que dificulta a coleta de dados. No entanto, apesar desses empecilhos, há uma gama de informações relevantes para a pesquisa científica.

A presente pesquisa utilizou-se da ferramenta Altmetric, que faz parte do site Altmetric.com e tem como finalidade analisar a atenção online de documentos científicos que possuem Digital Object Identifier-DOI (Identificador de Objeto Digital), Altmetric.com (GUEDES, AZEVEDO, FERREIRA, 2016):

Altmetric compara as menções online e compartilhamentos de sua pesquisa entre as fontes que rastreamos assim que for publicado, o que significa que você pode obter um feedback quase imediato sobre como está sendo recebido muito antes de qualquer dado de citação estar disponível no banco de dados, que atualmente contém dados de atenção para mais de 9 milhões de resultados de pesquisa (ALTMETRIC EXPLORER, 2021, traduzido pelo autor).

Após gerar um login na página de cadastro do site Altmetric.com, somos direcionados a uma página de pesquisa, e o termo de interesse usado foi “Ensino de Física”, com resultado imediato e online das atenções/menções dos artigos científicos com o referido termo em sites, blogs, redes sociais, dentre outros. A ferramenta, apesar de possuir busca avançada, não contém operadores booleanos para excluir, por exemplo, a expressão “Educação Física”, por conta disso, foram selecionados os textos que faziam menção ao tema Física e/ou ensino de Física, excluindo o termo Educação Física.

Tivemos 378 artigos com alguma menção nas redes sociais, Twitter e Mendeley, além de sites de notícias e blogs; desse total 50 foram excluídos por tema diferir do critério definido, restando 328 artigos investigados, dos quais 47 foram excluídos por não apresentarem a pontuação, apenas um ponto de interrogação, sendo possível, no entanto, obter os dados gerais para a pesquisa. Assim, ao observar a pontuação dos documentos, elaborou-se uma planilha eletrônica para inserir os dados obtidos, de forma estruturada e caracterizando-os; os dados serão apresentados no tópico a seguir.

3.1.2. Resultados e Discussões

A presente pesquisa teve como procedimento técnico a Altmetria, e o estudo foi desenvolvido por meio dos dados fornecidos pelo site Altmetric.com, no qual inseriu-se o descritor “Ensino de Física” na caixa de busca, que resultou no total de 328 artigos que se encaixavam nos critérios estabelecidos. Os elementos observados para seleção foram a presença online no Twitter, Mendeley, ou sites e blogs, dentro do período da coleta que se deu entre 30 de julho de 2021 e 31 de agosto de 2021; sendo excluídos apenas os artigos sobre “Educação Física”. A cada 24 horas a coleta foi atualizada, a maioria dos artigos, no entanto, permaneceu com a mesma pontuação. Deve-se considerar que ao visitar a página, uma semana após, por exemplo, alguns artigos mudam de posição por ter sua pontuação aumentada ou diminuída em caso de suspensão de um perfil, o que não altera a coleta, pois, as informações permanecem.

A partir do acesso à ferramenta, elaborou-se uma planilha eletrônica para caracterizar os dados obtidos, utilizando os termos “Ensino de Física” e “Física Aplicada” para classificar a temática abordada por cada documento divulgado. Este

primeiro, “Ensino de Física”, engloba os artigos que tratavam de modelos de aprendizagem ou de instrumentos para a facilitação do ensino, enquanto o segundo, “Física Aplicada”, diz respeito aos trabalhos que discutiam projetos e produtos para indústria e afins. A Tabela 1 demonstra a classificação dos artigos no campo da Física, alguns discutiam a História da Física, enquanto outros não possuíam uma temática definida.

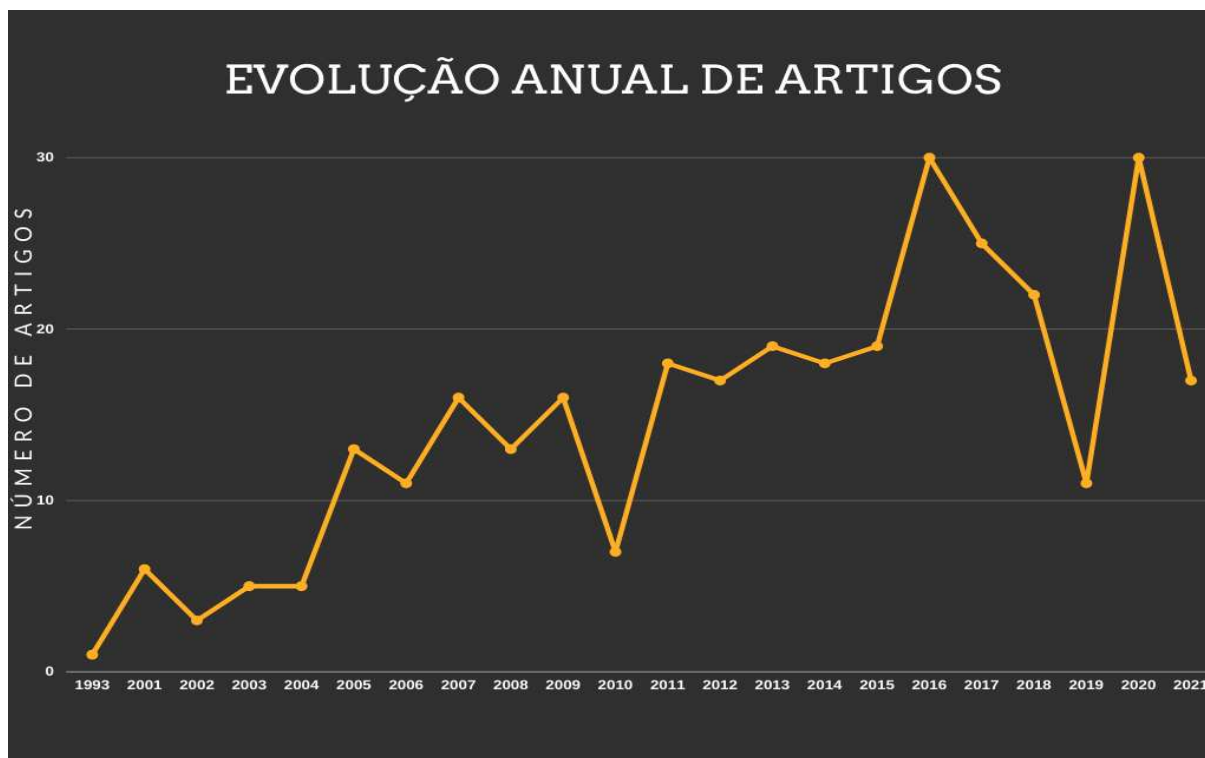
Tabela 1- Classificação temática dos artigos e as menções recebidas:

Temática	Nºdocumentos	Menções	% Nºdocumentos	% Menções
Física Teórica /Aplicada	190	389	58%	56%
Ensino de Física	120	267	36%	38%
História da Física	13	27	4%	3,9%
Indefinido	5	11	1,5%	1,6%

Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

A temática de Física Teórica/Aplicada foi a mais discutida entre os documentos analisados, encontrada em 190 artigos, o que representa 58% do total de 328 documentos divulgados na análise; enquanto a temática “Ensino de Física” apresenta-se em 36%, com 120 artigos, seguido por “História da Física”, com 4%, sendo 13 artigos, o total de 1,5%, sendo 5 trabalhos foram caracterizados com temática “indefinida”, por não terem um tema específico. As menções de cada artigo representadas por sua pontuação alométrica indicam na Tabela 1 que 56% das menções online foram direcionadas aos trabalhos de Física aplicada, com somatório de pontuação com total de 389, enquanto o ensino de Física recebeu em somatório o total de 267 em pontuação, sendo 38% das menções.

As menções online são pontuadas com registros diários, a maior pontuação dos dados recuperados foi de 77 pontos em um artigo sobre o ensino de Física, enquanto a menor pontuação recebeu 1 ponto para menção na web, com um artigo de Física Aplicada. Sugerindo que, não obstante, a Física Aplicada ser mais debatida entre os autores dos artigos em questão, o artigo sobre o ensino de Física foi mais disseminado no ambiente digital. É importante observar nesta análise o impacto social pela vertente da visibilidade, ao investigar o número de seguidores de cada perfil pessoal, ou institucional. De acordo com os dados analisados, o somatório de visibilidade dos artigos mencionados no Twitter foi de 337.593 seguidores para os autores dos artigos científicos sob a temática ensino de Física, e 618.221 seguidores para os autores que divulgaram os artigos de Física Teórica/Aplicada.

Figura 2 – Temporalidade dos artigos divulgados.

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Podemos então encontrar um possível indicativo de impacto social quanto a visibilidade dos trabalhos, e preponderantemente maior no que tange a Física Teórica/Aplicada.

Sobre a temporalidade dos documentos, esta apresentou-se diversificada, conforme aponta a Figura 1, na qual vemos que os documentos dos anos de 2017 e 2020 tiveram o número mais expressivo de trabalhos mencionados na *web*, o total de 30 documentos divulgados. Tais trabalhos foram divulgados por perfis pessoais e institucionais, como aponta a Figura 4 que demonstra geograficamente as instituições. Entre os perfis observaram-se instituições de ensino superior representadas no Twitter. A Figura 3 apresenta as instituições presentes na pesquisa por estado brasileiro. Os dados da Figura 3 são representados em um mapa por estado, que aponta as instituições brasileiras autoras dos tweets que divulgam artigos científicos na internet.

Figura 3 – Instituições presentes na pesquisa por estado.



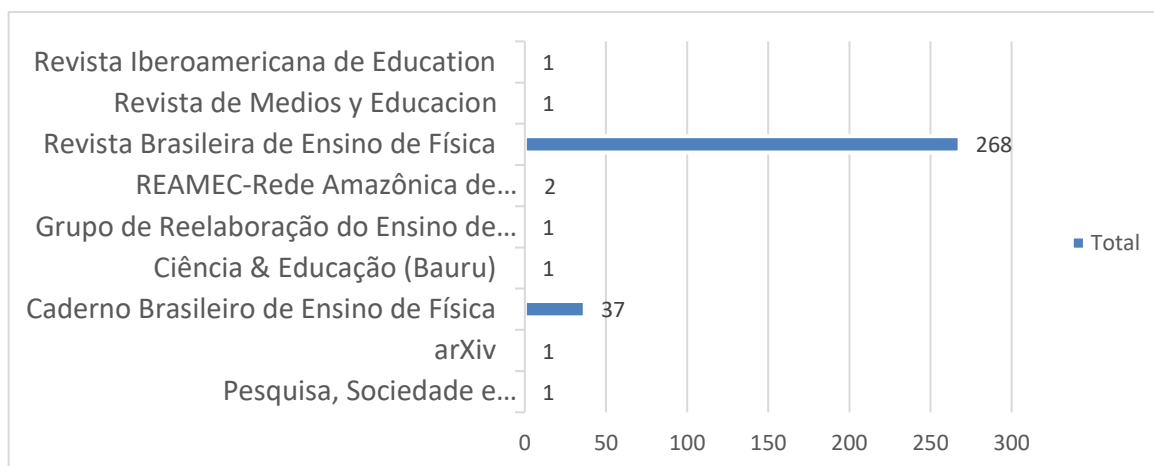
Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Os dados da Figura 3 são representados em um mapa por estado, que aponta as instituições brasileiras autoras dos tweets que divulgam artigos científicos na internet. O estado de São Paulo possui o maior número de universidades atuantes nas redes sociais, contribuindo para a divulgação do conhecimento produzido por meio do Twitter e outras redes sociais, tendo um total de 11 instituições; seguido do estado de Minas Gerais, com 3 instituições de ensino superior. Surgiram na pesquisa 3 universidades internacionais, ETH Zurique, na Suíça, Universidade ORT, no Uruguai, e Universidade Alicante, na Espanha. No que se refere às revistas científicas, duas se destacaram conforme aponta a Figura 4.

O periódico com maiores menções foi a Revista Brasileira de Ensino de Física, com 268 artigos, e em seguida o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, com 37 artigos; REAMEC 2; Pesquisa, Sociedade e desenvolvimento 1.

Ainda que as revistas nacionais, a Revista Brasileira do Ensino de Física e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, sejam de alto impacto de disseminação, constata-se que a maioria desses trabalhos são da área da Física Teórica e Aplicada, como é demonstrado na Tabela 1.

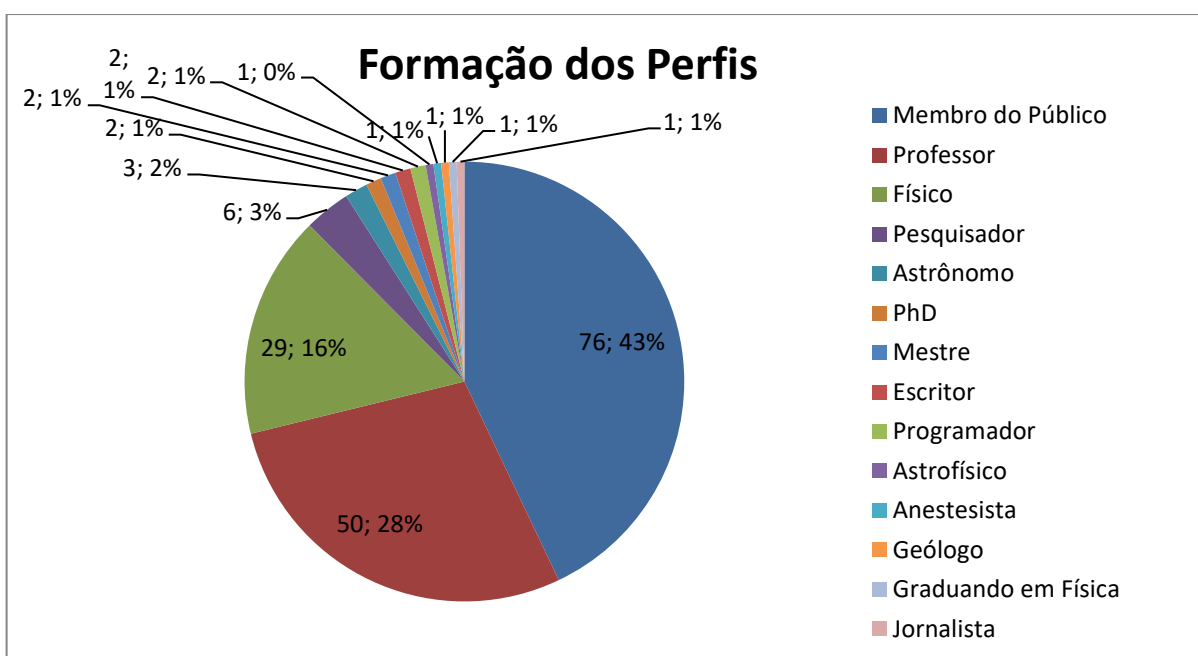
Figura 4 – Revistas Científicas de Ensino de Física nas Redes Sociais.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Acerca do perfil do público, conforme a Figura 5, o perfil predominante é composto por membros do público, com 76 tweets, representando 43%, e caracteriza usuários que não tem vínculo com qualquer instituição de ensino. O segundo perfil é formado por professores, tendo 50 tweets (28%), professores que são, em sua maioria, Físicos que lecionam na área da Física Teórica/Aplicada nas suas respectivas instituições.

Figura 5 – Autores dos tweets por formação.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Quanto ao perfil dos autores dos tweets, a Figura 5 representa a parcela dividida por formação. O tema preponderante na pesquisa foi a Física

Teórica/Aplicada no Brasil e no exterior, diferentemente do que se esperava como hipótese, em razão da pesquisa ter como termo de busca “Ensino de Física”. A figura 6 demonstra a recorrência ao redor do mundo das menções dos tweets analisados.

Figura 6 – Recorrências de tweets ao redor do mundo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Conforme a Figura 6, das ocorrências internacionais, o país que mais se destacou foi o Brasil, com 160 menções aproximadamente, e o segundo país com maior número de tweets foram os Estados Unidos, com 19 menções. Vale salientar que ao longo da análise surgiram tweets que não apresentavam localização, na representação geográfica indicava o termo “desconhecido”.

O quadro 1 apresenta os títulos dos artigos e sua categorização quanto a temática se classifica-se como ensino de Física ou Física Aplicada, no decorrer da coleta observou-se menções sem título definido.

Quadro 1- Artigos por título e sua categorização:

Artigos	Categorização
Varição da posição de nascimento do Sol em função da latitude	Ensino de Física
Medidas de aceleração utilizando os sensores de smartphones: trabalhando com o princípio de equivalência	Física Aplicada
Sobre a equivalência de espaços-tempos, o algoritmo Cartan-Karlhede	Física Aplicada
O que as estatísticas podem nos dizer sobre estratégia no tênis	Física Aplicada
Um breve estudo de instabilidades no contexto de simulações magneto-hidrodinâmicas espaciais	Física Aplicada
Fenômenos padrões: 150 anos desde Cagniard de la Tour	Física Aplicada

O Modelo Padrão da Física de Partículas	Ensino de Física
Materiais Complexos: A Vida Dura do Osso	Física Aplicada
Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria	Ensino de Física
Sincronização de disparos em redes neuronais com plasticidade sináptica	_____
Estudio experimental de la inducción electromagnética entre dos bobinas: Dependencia con la corriente eléctrica	Física Aplicada
Física estatística aplicada à neurociência de estados alterados: o cérebro sob influência de psicodélicos	Física Aplicada
Mulheres na Física: Lise Meitner	Física Aplicada
Força de empuxo em um campo gravitacional não uniforme	Física Aplicada
A física do violino	Física Aplicada
Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): Uma análise crítica	Ensino de Física
Um tributo a William Thomson no centenário de sua morte	Física Aplicada
Bartolomeu Lourenço de Gusmão: o primeiro cientista brasileiro	Física Aplicada
Feynman e suas ideias sobre o ensino de física no Brasil	Ensino de Física
Grandezas físicas e análise dimensional: da mecânica à gravidade quântica	Física Aplicada
Lorde Kelvin cozida	Física Aplicada
O aproveitamento da energia eólica	Física Aplicada
Física e realidade	Física Aplicada
Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica	Física Aplicada
Os impactos e influências da Revista Brasileira de Ensino de Física	_____
Estudo da evasão dos estudantes de Licenciatura e Bacharelado em Física: uma análise à luz da Teoria do Sistema de Ensino de Bourdieu	Ensino de Física
Transição de fase no sistema de Hénon-Heiles	Física Aplicada
Notas para uma História da Sociedade Brasileira de Física	Física Aplicada
Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein	Física Aplicada
La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell	Física Aplicada
Bola, taco, sinuca e física	Ensino de Física
Relatividade bem comportada: buracos negros regulares	Física Aplicada
O ensino do spin: uma abordagem integrada a tecnologia e a sociedade	Ensino de Física
Reminiscências de César Lattes	História da Física
A teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas	História da Física
Construção de um luxímetro de baixo custo	Ensino de Física
O ciclo de Saros: obtendo a periodicidade do eclipse a partir das leis de Newton	Física Aplicada
Lei de Gauss sem superfícies gaussianas	Física Aplicada
Realização experimental da simulação do algoritmo de Deutsch com o interferômetro de Mach-Zehnder	Física Aplicada
Primeiro modelo matemático da cosmologia: as esferas concêntricas de eudoxo	Física Aplicada
Gerhard Jacob, o cientista e o gestor acadêmico	Física Aplicada

O Universo	Física Aplicada
A física dos quarks e a epistemologia	Ensino de Física
A carga específica do elétron: um enfoque histórico e experimental	Ensino de Física
Introdução à criptografia quântica	Ensino de Física?
Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton	Ensino de Física
Implementação de um aplicativo para smartphones como sistema de votação em aulas de Física com Peer Instruction	Ensino de Física
Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015)	Ensino de Física
Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física	Ensino de Física
Implementação do método de ensino peer instruction com o auxílio dos computadores do projeto "UCA" em aulas de física do ensino médio	Ensino de Física
Especificidades do jornalismo científico na leitura de textos de divulgação científica por estudantes de licenciatura em física	Ensino de Física
Contribuição do físico Brasileiro Sergio Porto para as aplicações do laser e sua introdução no Brasil	História da Física
Motor elétrico de indução: "uma das dez maiores invenções de todos os tempos"	Física Aplicada
Sobre a Aguaxima e outras peculiaridades da Flora Brasiliensis	_____
"Sobre as cores" de Isaac Newton - uma tradução comentada	Física Aplicada
Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas	Ensino de Física
Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física	Ensino de Física
Detectando misticismo quântico em livros publicados no Brasil com Ciência de Dados	Ensino de Física
Deteccção de ondas gravitacionais	Física Aplicada
Teoria final, unificação e reducionismo: opiniões da comunidade brasileira de física	Física Aplicada
A investigação da prática de monitores em um observatório astronômico: subsídios para a formação	Ensino de Física
Feynman & Gell-Mann: Luzes, Quarks, Ação!	Física Aplicada
Explorando História da Ciência na Amazônia: O Museu Interativo da Física	Ensino de Física
Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin	História da Física
Eficácia sem razão [da matemática]	Ensino de Física
Princípios físicos da elastografia por ressonância magnética	Física Aplicada
A experiência da dupla fenda com a luz do ponto de vista da soma de Feynman	Ensino de Física
Uma nova luz sobre o conceito de fóton: Para além de imagens esquizofrênicas	Física Aplicada
Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o ensino médio	Ensino de Física
Reflexões sobre o EAD no Ensino de Física	Ensino de Física
(LIVRO) Física 2: Física Térmica e Óptica Vol. 2	Física Aplicada

Um experimento de força flutuante para baixo	Física Aplicada
Violão: aspectos acústicos, estruturais e históricos	Física Aplicada
Efeito Doppler para pulsos e sua representação no plano (x, t)	Física Aplicada
Fractalidade em regiões de formação estelar	Física Aplicada
Photogate de baixo custo com a porta de jogos do PC	Ensino de Física
Uma breve biografia de Stephen Gray (1666-1736)	História da Física
Amoroso Costa e o primeiro livro brasileiro sobre a Relatividade Geral	História da Física
Transformação de coordenadas aplicada à construção da maquete tridimensional de uma constelação	Ensino de Física
A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: exemplo do berimbau	Física Aplicada
Introdução à programação quântica	Física Aplicada
Uma visão diferenciada sobre o ensino de forças impulsivas usando um smartphone	Ensino de Física
Introdução pedagógica às funções de Green de equilíbrio: exemplos de matéria condensada com implementações numéricas	Física Aplicada
Sobre o valor médio do operador de força para partículas 1D no potencial de	Física Aplicada
A (im)pertinência da história ao aprendizado da física (um estudo de caso)	Física Aplicada
Exposição precoce de nativos digitais em ambientes de pesquisa, metodologias e técnicas na universidade	Física Aplicada
Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física	Ensino de Física
Transformações de Galileu e de Lorentz: um estudo via teoria de grupos	Física Aplicada
Dispositivo para medir o tempo e a temperatura usando um microcontrolador	Física Aplicada
Resenha do livro Abordagem Variacional às Teorias do Campo Gravitacional -	Física Aplicada
É seguro atirar para cima? Uma análise da letalidade de projéteis subsônicos	Física Aplicada
Determinando o desempenho de um motor Stirling usando Arduino: uma proposta para o ensino de termodinâmica em cursos introdutórios	Ensino de Física
A física de Aristóteles: uma construção ingênua?	História da Física
$F=ma$?!! O nascimento da lei dinâmica	Física Aplicada
Ferramenta interativa para a simulação da propagação de ondas transversais eletromagnéticas em diferentes meios materiais	Física Aplicada
As Variações dos Intervalos de Tempo entre as Fases Principais da Lua	Física Aplicada
Física e pintura: dimensões de uma relação e suas potencialidades no ensino de física	Ensino de Física
Transformada de Laplace: uma obra de engenharia	História da Física
Programa Nacional do Livro Didático de Física: subsídios para pesquisas	Ensino de Física
Ciência não autoritária em tempos de pós-verdade	Ensino de Física
Solução exata para o pêndulo não linear	Física Aplicada
Um barco a vela pode ser propulsionado por um ventilador solidário ao barco que sopra em sua vela?	Física Aplicada
Olhando para o céu azul com padrões coloridos	Física Aplicada
O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor	Física Aplicada

A ficção científica de Júlio Verne e o ensino de Física: uma análise de “Vinte Mil Léguas Submarinas”	Ensino de Física
O bóson de Higgs	Ensino de Física
Gödel e Einstein: e quando o tempo não resiste à amizade?	Física Aplicada
A aerodinâmica da bola de futebol	Física Aplicada
Geometria fractal: propriedades e características de fractais ideais	Física Aplicada
Resenha - Buracos negros: palestras da BBC Reith Palestras	Física Aplicada
Física no esporte - parte 1: saltos em esportes coletivos. Uma motivação para o estudo da mecânica através da análise dos movimentos do corpo humano a partir do conceito de centro de massa	Física Aplicada
A Física de um Desinfector com Radiação UV – C	Física Aplicada
O ensino de Física moderna e contemporânea na percepção dos professores da rede pública de Sobral	Ensino de Física
Causalidade de Granger no domínio da frequência: derivação e aplicações	Ensino de Física
Complexidade na Física e seu Ensino: Apresentação da Edição Especial	Ensino de Física
A entropia de Hawking para buracos negros: um exercício de análise dimensional a partir de um texto de divulgação	Ensino de Física
Estudo das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com o auxílio da plataforma Arduino	Física Aplicada
Comunidades de Prática no Ensino de Ciências: uma revisão da literatura de 1991 a 2018	Ensino de Física
A irradiância solar: conceitos básicos	Física Aplicada
As “Observações sobre luz e cores” (1756) de Thomas Melvill (1723-1756): tradução comentada	Física Aplicada
A natureza da região celeste em Aristóteles	Física Aplicada
Ensino de Física para pessoas com deficiência visual: análise de trabalhos apresentados em eventos científicos nacionais entre 2013 e 2017	Ensino de Física
O Gato e a Borboleta: propriedades quânticas de sistemas caóticos	Física Aplicada
Pós-verdade para quem? Fatos adquiridos por uma ciência racista	Educação em Ciências
Análise da dinâmica de rotação de um satélite artificial: uma oficina pedagógica em educação espacial	Ensino de Física
Análise crítica da segunda lei de Newton na forma $Fres = dp/dt$ com $p = mv$ e m variável	Física Aplicada
Interdisciplinaridade: características e possibilidades para o ensino de física e química	Ensino de Física
Estado da arte: aprendizagem baseada em projetos e o ensino da física	Ensino de Física
Conservação do momento angular por videoanálise utilizando o brinquedo flat balls	Ensino de Física
Unificando Modelos de Dinâmica Populacional por Primeiros Princípios	Física Aplicada
Como Santos Dumont inventou o avião	Física Aplicada
A radiação do corpo negro em universos D-dimensionais	Física Aplicada
A educação científica precisa de manifestos	Ensino de Física
Maupertuis e o princípio mecânico de ação mínima: uma análise crítica	Física Aplicada
A complexidade do movimento local na Física aristotélica	Física Aplicada
Rotações Aleatórias	Física Aplicada

(Levitação acústica)	Física Aplicada
O buraco negro e sua sombra	Física Aplicada
Gênese do Laboratório de Física da Universidade Federal do Pará	Física Aplicada
Por que o céu é escuro à noite? Considerações geométricas com um olhar histórico e pedagógico do paradoxo de Olbers	Física Aplicada
Movimento de partículas-teste no espaço-tempo de Reissner-Nordström	Física Aplicada
Órbitas esféricas de fótons ao redor de um buraco negro de Kerr	Física Aplicada
Titanic, Jack, Rose e o Princípio de Arquimedes	Ensino de Física
Os mitos dos cientistas e suas controvérsias	Física Aplicada
Teoria quântica da gravitação: cordas e teoria M	Física Aplicada
O que Richard Feynman tem a nos ensinar sobre natureza da ciência?	Ensino de Física
O sistema de navegação aérea de Júlio César Ribeiro de Souza	Física Aplicada
A história e filosofia da ciência no ensino de física: uma análise das publicações com propostas implementadas em sala de aula	Ensino de Física
Dirigindo de cabeça para baixo em uma pista circular	Física Aplicada
Um modelo simples para a distribuição normal de tensões da Grande Pirâmide	Ensino de Física
A Filosofia Natural de Benjamin Franklin: Traduções de Cartas e Ensaios sobre a Eletricidade e a Luz	Física Aplicada
Oscilador Harmônico Duplo difuso	Física Aplicada
Discussão dos Conceitos de Massa Inercial e Massa Gravitacional	Ensino de Física
Raios cósmicos e a heliosfera	Física Aplicada
Um problema com relação à flutuabilidade de figuras simples adequadas para a Aprendizagem Baseada em Problemas	Ensino de Física
Mecânica quântica fundamental, uma proposta didática	Ensino de Física
O Ensino de Ciências e a Justiça Social - questões para o debate	Ensino de Física
Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio	Ensino de Física
Instrumentação para análise de vibrações mecânicas nos domínios do tempo e da frequência utilizando a plataforma Arduino	Ensino de Física
Um Novo Método para o Cálculo do Propagador da Eletrodinâmica	Física Aplicada
Dispositivo para estudo de ressonância e elasticidade em hastes cilíndricas	Ensino de Física
Esferas de Aristóteles, círculos de Ptolomeu e instrumentalismo de Duhem	Física Aplicada
Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente	Ensino de Física
Habitabilidade cósmica e a possibilidade de existência de vida em outros locais do universo	Física Aplicada
O efeito da "crise do arrasto" no mergulho de altura	Física Aplicada
Uma comparação entre deduções da equação $E = mc^2$	Ensino de Física
Uma proposta para a inclusão de tópicos de astronomia indígena brasileira nas aulas de Física do Ensino Médio	Ensino de Física
Simulação do protocolo BB84 de criptografia quântica utilizando um feixe laser intenso	Física Aplicada
Uma montagem experimental para a medida de fluorescência	Ensino de Física

O rolamento freado do magneto na rampa: uma interessante aplicação da lei de Faraday-Lenz	Física Aplicada
O Computador Quântico da IBM e o IBM Quantum Experience	Física Aplicada
Sobre as origens das definições dos produtos escalar e vetoriais	Física Aplicada
Cálculo de velocidades em acidentes de trânsito: Um software para investigação em física forense	Física Aplicada
Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o século XXI	História da Física
Construindo um Densímetro	Ensino de Física
Interpretando o algoritmo de Deutsch no interferômetro de Mach-Zehnder	Física Aplicada
Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio	Ensino de Física
Pensamento transdisciplinar: uma abordagem para compreensão do princípio da dualidade da luz	Física Aplicada
Alguns experimentos de demonstração simples envolvendo motores homopolares	Ensino de Física
Discutindo os conceitos de erro e incerteza a partir da tábua de Galton com estudantes de graduação: uma contribuição para a incorporação de novas abordagens da metrologia ao ensino de física superior	Ensino de Física
Radiação de corpo negro como função da frequência e comprimento de onda: uma abordagem orientada experimentalmente	Física Aplicada
Fazendo 3D com uma câmera só	Física Aplicada
Metáforas científicas no discurso jornalístico	Ensino de Física
Velocidade do som no ar: um experimento caseiro com microcomputador e balde d'água	Ensino de Física
Sobre o confinamento espacial de sistemas quânticos: o oscilador harmônico unidimensional e o átomo de hidrogênio	Física Aplicada
Uso do "Espelho de Lloyd" como método de ensino de óptica no Ensino Médio	Ensino de Física
Construção e caracterização de uma célula fotoelétrica para fins didáticos	Ensino de Física
Os problemas de espalhamento quântico em potenciais elementares	Física Aplicada
Quatro abordagens para o movimento browniano	Física Aplicada
Óptica e geometria dinâmica	Ensino de Física
Os conteúdos das disciplinas de biofísica e a física	Ensino de Física
Usando a antimatéria na medicina moderna	Física Aplicada
Uma derivação simples da equação de Lindblad	Física Aplicada
Mecânica celeste e a teoria dos sistemas dinâmicos: uma revisão do problema circular restrito de três corpos	Física Aplicada
Abordando o ensino de óptica através da construção de telescópios	Ensino de Física
A divergência e ondulação em base arbitrária	Física Aplicada
Estudo da atividade estelar da Kepler-289 a partir da modelagem de trânsitos planetários	Física Aplicada
Usando um sensor de aceleração de smartphone para estudar de maneira uniforme e uniforme ...	Ensino de Física
Uma rede social complexa de O Senhor dos Anéis	Física Aplicada
O método numérico de Numerov aplicado à equação de Schrödinger	Física Aplicada
Diferenciais exatos e inexatos no desenvolvimento inicial da mecânica e da termodinâmica	Física Aplicada

Poderia Arquimedes ter links π com areia e um bastão?	Física Aplicada
Modelos de redes de neurônios para o neocórtex e fenômenos emergentes observados	Física Aplicada
Ensino das Ciências orientado para a Aprendizagem Baseada em Projetos: concepções e representações de práticas de professores de Física e Química	Ensino de Física
Cálculo de ordem fracionária: apologia histórica, conceitos básicos e algumas aplicações	Física Aplicada
100 Anos da Cosmologia Relativística (1917–2017). Parte I: Das Origens à Descoberta da Expansão Universal (1929)	Física Aplicada
Circuitos resistivos auto-semelhantes como estruturas tipo fractal	Física Aplicada
A relação de incerteza de Maccone-Pati	Física Aplicada
"Fantasmas" quânticos	Física Aplicada
Raios cósmicos: trazendo mensagens do céu para a superfície da Terra	Física Aplicada
Um experimento hemodinâmico em sala de aula para ensino de biofísica da circulação	Ensino de Física
A guitarra como um instrumento para o ensino de física ondulatória	Ensino de Física
Como medir a velocidade da luz em sua universidade com um orçamento para jantar	Ensino de Física
Desenvolvimento de instrumentos virtuais para obtenção e caracterização de propriedades físicas	Física Aplicada
Estatística de contagem com a plataforma Arduino	Ensino de Física
Uma discussão sobre as aproximações na determinação do período máximo de um pêndulo simples	Física Aplicada
James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: reproduzindo as dificuldades do laboratório	Ensino de Física
Entendendo a entropia de von Neumann	Física Aplicada
Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS	Ensino de Física
Modelos Cosmológicos e a Aceleração do Universo	Física Aplicada
Wheeler, Tiomno e a Física brasileira	Física Aplicada
Mulheres na física: poder e preconceito nos países em desenvolvimento	Física Aplicada
Construção de uma Maquete do Sistema Solar com Controle de Temperatura	Ensino de Física
Teorema de Emmy Nöther, 100 anos: Alegoria da Misoginia em Ciência	Física Aplicada
Espaço, Tempo e Estruturas das Teorias do Movimento	Física Aplicada
A normalização das funções de onda do espectro contínuo	Física Aplicada
Feynman, dissipação e periódica quântica	Física Aplicada
Interpretações da mecânica quântica em um interferômetro virtual de Mach-Zehnder	Física Aplicada
Respondendo questões intrigantes e complexas a pessoas curiosas e interessadas em aprender Física: o sítio "Pergunte ao CREF"	Física Aplicada
Cristalografia antes da descoberta da difração de raios-X	Física Aplicada
Uma introdução à evolução do Universo segundo sua geometria e composição	Física Aplicada
Determinação da Massa e Dados Orbitais de Exoplanetas pelo Método Doppler	Física Aplicada
SEM TÍTULO NO MOMENTO	Ensino de Física
GUI do MATLAB para calcular funções de Bessel usando algoritmo de frações	Física Aplicada

Uma andorinha só não faz verão: 160 anos do legado de Richard Carrington	Física Aplicada
Sir William Thomsom e a instalação do cabo telegráfico submarino entre Pernambuco e o Pará	Física Aplicada
Educação em ciências para a cidadania através da aprendizagem baseada na resolução de problemas: um estudo com professores de Física do 1º ciclo do ensino secundário geral, no Moxico, Angola	Ensino de Física
Expedição norte-americana e iconografia inédita de Sobral em 1919	Física Aplicada
O vento solar e a atividade geomagnética	Física Aplicada
Uma análise crítica do ensino de Física	Ensino de Física
Batimentos e ressonância de diapasões usando um osciloscópio	Física Aplicada
O ensino de Astronomia: recriando uma esfera celeste didática	Ensino de Física
Contributos para a elaboração de um currículo no domínio das ciências físicas e sociais : 2º ano do ensino primário	Ensino de Física
Características de professores de física e de química do ensino secundário com alunos que revelam bons desempenhos escolares : estudo exploratório	Ensino de Física
O estudo do movimento browniano com material de baixo custo	Ensino de Física
Contributos para o estudo da (in)satisfação profissional dos professores efectivos de educação física do 2º ciclo do ensino básico do distrito de Bragança	Ensino de Física
Os critérios de avaliação para o desenvolvimento da autorregulação das aprendizagens: um estudo com alunos do ensino secundário no âmbito da disciplina de física e química	Ensino de Física
Vórtices no estacionários em un vaso de agua	Física Aplicada
Microgravidade interna	Ensino de Física
Uma introdução à teoria dos táquions	Física Aplicada
Michell, Laplace e as estrelas negras: uma abordagem para professores do Ensino Médio	Ensino de Física
Cem anos de buracos negros: o centenário da solução de Schwarzschild	Física Aplicada
O uso de visualizações no ensino de química e de física : a formação pedagógica dos professores	Ensino de Física
Aspectos geométricos do trânsito de Vênus	Física Aplicada
Argemiro e a lâmpada das Alagoas: uma experiência na Belle Époque	Física Aplicada
A equação de transporte de Boltzmann e sua importância para a física dos reatores nucleares	Física Aplicada
Do currículo de física e química instituído ao aplicado nas escolas : das metodologias de ensino à avaliação	Ensino de Física
A Difração de elétrons de baixa energia (LEED) e a determinação da estrutura	Física Aplicada
Um estudo analítico da dinâmica da decolagem e do pouso de aeronaves com forças dependentes da velocidade	Física Aplicada
Utilização de sistemas de aquisição e tratamento de dados (SATD) nas aulas experimentais de física e química : um estudo com professores do ensino secundário	Ensino de Física
Acoplamento ionosfera-magnetosfera e correntes alinhadas ao campo	Física Aplicada
Simplemente: el plano inclinado	Ensino de Física
Equação de balanço do momento eletromagnético e densidade de força em meios materiais	Física Aplicada
Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo	Física Aplicada

Formulação lagrangiana da cosmologia newtoniana	Física Aplicada
Ciência e sociedade no século xvii europeu: a formação da cosmologia moderna	Física Aplicada
Galileu - um cientista e várias versões	Física Aplicada
Por que o céu é azul?	Física Aplicada
Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro	Física Aplicada
Cores de polarizadores e filmes birrefringentes	Física Aplicada
Reavaliação e lembrança dos conceitos da mecânica geral com análises geométricas e/ou gráficas: máquinas simples. Parte II	Física Aplicada
Astrobiologia: água e vida no sistema solar e além	Física Aplicada
Utilização de um modelo pedagógico digital para a formação de modelo mental, em ensino de física moderna em curso técnico	Ensino de Física
O problema da simultaneidade na lei do impedimento do futebol	Física Aplicada
Correções da aberração cromática no contexto da óptica geométrica	Física Aplicada
Estudo da simetria de tradução e suas implicações: uma proposta para alta...	Ensino de Física
Modelagem do fluxo de pedestres pela teoria macroscópica	Física Aplicada
História da ciência e o uso da instrumentação: construção de um transmissor de voz como estratégia de ensino	Ensino de Física
Assim na Terra como no céu: a teoria do dínamo como uma ponte entre o geomagnetismo e o magnetismo estelar	Física Aplicada
A história que o filme Radioactive não conta e a percepção de alunos de licenciatura em física.	Ensino de Física

Fonte: Autores

O quadro 1 apresenta a primeira fase da coleta de dados, onde foram observados os artigos e sua respectiva temática, através da leitura dos resumos e introdução dos documentos. Esses dados serão apresentados no tópico a seguir Resultados e Discussões.

3.1.3. Considerações

O pressuposto desta pesquisa, de antemão, era encontrar um número maior de trabalhos relacionados à linha de pesquisa do ensino de Física, entretanto, o número de trabalhos nessa área esteve aquém do esperado, mesmo assim o estudo alométrico foi proveitoso no que tange o despertar da academia para uma atenção voltada a uma maior divulgação científica no campo da Física. Assim, constatou-se a existência dessa divulgação nas redes sociais (Twitter), observando que as principais revistas de Física divulgam o conhecimento científico produzido no ambiente das mídias sociais, e os resultados sugerem que 56% das abordagens são referentes a outras linhas de pesquisa, como a Física Teórica e Aplicada, enquanto apenas 38% das menções são na linha do ensino de Física, o que corroborou para a pesquisa que

investigasse quais os temas mais recorrentes compartilhados nos perfis, e a posição destes na perspectiva da Física em geral. Como entendemos, através dos resultados obtidos, que além das revistas mais populares, existem outras de Física e Ciências, em geral, que podem apresentar trabalhos sobre o ensino de Física, e não somente as especializadas que foram citadas neste artigo, que não aparecem na lista das pesquisas altmétricas. Entretanto, esses periódicos poderiam usar as redes sociais para divulgação no intuito de reforçar a sua disseminação.

A explicação para os dados encontrados ainda não está definida, todavia, pode-se referir uma hipótese a respeito dessa discrepância dos resultados obtidos, que demonstraram que a Física Pura ou Aplicada tem maior disseminação nas redes sociais do que o ensino de Física. É possível fazermos essa conjectura em virtude do maior investimento nessas áreas da Física, que são mais tecnológicas, enquanto que, por questões culturais e históricas, podem ser aprofundadas em outra pesquisa, não há tanta valorização para a pesquisa no campo da Educação.

Além disso, relacionando o ensino de Física com o campo do conhecimento nas Ciências Humanas, e as linhas de pesquisas da Física Teórica e Aplicada, no campo das Ciências Exatas, pode-se explicar essa discrepância por meio da análise dos investimentos feitos em bolsas de pós-graduação no Brasil. No quadro geral de bolsas concedidas pelo CNPq, no ano de 2014, foram 27,9% destinadas às Ciências da Vida, contra 26,4% das Ciências Exatas, da Terra e Engenharias, e 22,3% das Ciências Humanas e Sociais (o restante, 23,20%, refere-se a programas multidisciplinares) (GUEDES; AZEVEDO; FERREIRA, 2016). Pensando nas possíveis questões culturais e históricas, vale lembrar que a pesquisa na área do ensino de Física está sendo cada vez mais requerida pelos programas de pós-graduação no Brasil, um exemplo disso, foi a já mencionada criação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, com a primeira turma iniciada no ano de 2013 (REBEQUE; OSTERMANN; VISEU, 2018).

Portanto, o desenvolvimento de pesquisas na área de ensino de Física tem sido muito recente em comparação às pós-graduações nas linhas de pesquisas da Física Teórica e Aplicada, que, em contrapartida, tem décadas de estudo, e, conseqüentemente, um número maior de pesquisas nessa área, levando-nos a considerar, por exemplo, a criação do primeiro programa de Pós-Graduação no Brasil, que formou o primeiro Mestre em Física, no ano de 1965 (PANTALEO JUNIOR, 2011).

Em virtude do que foi mencionado, a pesquisa alométrica ainda está no início, e devemos dar continuidade a pesquisas que busquem analisar a disseminação do conhecimento científico pelas redes sociais, pois, sabemos o quão importante são estas ferramentas para a divulgação e a cultura científica. Por fim, trabalhos vindouros poderão ser realizados posteriormente, uma vez que, tanto o ensino de Física estará mais valorizado, quando a pesquisa alométrica estará mais avançada.

No decorrer deste estudo, realizou-se uma análise alométrica minuciosa da disseminação do ensino de Física no Twitter, permitindo uma investigação aprofundada sobre a participação da divulgação científica e da cultura científica nas redes sociais e na sociedade em geral. Esse exame proporcionou insights valiosos sobre como a ciência e a educação em Física estão se relacionando com o público nas plataformas de mídia social. Agora, com uma compreensão sólida do cenário digital, o próximo capítulo se concentra em uma revisão sistemática da literatura, que visa explorar a pesquisa existente sobre as interseções entre as Artes e a Física Moderna no contexto brasileiro ao longo da última década. Essa revisão ampliará nosso conhecimento sobre como essas áreas interagem e fornecerá insights valiosos para o desenvolvimento das abordagens apresentadas neste estudo.

3. Estado da Arte

3.1. Revisão Sistemática da Literatura sobre a Física Moderna e as Artes⁷

A aproximação entre as culturas científicas e humanísticas tem sido um tema de grande relevância no contexto da educação. A associação de Física e Arte no ensino pode propiciar a aprendizagem significativa crítica dos temas a serem estudados e favorecer a inserção dos alunos na cultura científica ou no desenvolvimento dela. A Teoria da Complexidade de Edgar Morin fundamenta a transdisciplinaridade entre as culturas Física e Arte, e, por isso, foi realizada uma pesquisa nos principais repositórios com o objetivo de construir um Estado da Arte, que relacionam culturas como o cinema, a literatura, a música, o teatro, o cordel, os quadrinhos, a escultura, a pintura, entre outras, com a Física Moderna. A revisão bibliográfica publicada na revista REAMEC indica que a utilização das artes como recurso didático pode ser uma estratégia eficaz para a aproximação entre as culturas científicas e humanísticas, além de ser um meio para promover uma educação mais contextualizada e significativa.

A didática do ensino de Física traz consigo um empecilho intrínseco e epistemológico, que nos obriga, como professores, a permitir que o aluno tenha a capacidade de caminhar de forma autônoma para a concretização cognitiva da aprendizagem. Para tanto, é necessário que o desenvolvimento do conhecimento esteja articulado ao contexto em que os estudantes estejam inseridos, fazendo com que o multiculturalismo seja aplicado ao ensino e aprendizagem. De forma transdisciplinar, pretendemos unir as culturas artística e científica, desenvolvendo uma sequência didática com o uso de recursos didáticos como música, literatura, pintura e cinema, com o objetivo de tornar o processo de aprendizagem mais interessante e significativo. De antemão, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os trabalhos que uniram essas duas culturas.

Por outro lado, Snow (1996) mostra uma dificuldade de inter-relação entre as culturas científica e das humanidades, onde as Artes estão compreendidas, e um dos principais aspectos que mantém a dicotomia cultural é o progressivo aumento da

⁷ MOURA, G. Y. S. .; MACKEDANZ , L. F. . TRANSDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA MODERNA E ARTE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e23052, 2023. DOI: 10.26571/reamec.v11i1.15320. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/15320>. Acesso em: 30 ago. 2023.

especialização dos profissionais da educação, o qual se encontra condicionada nessa conjuntura, ao menos na época de seus escritos.

Em suas palavras, "a cultura científica é realmente uma cultura, não só no sentido intelectual, mas também num sentido antropológico. Ou seja, os seus membros não precisam de se compreenderem de facto; na maior parte dos casos, os biólogos têm apenas algumas ideias gerais sobre física contemporânea; mas há entre todos os cientistas, atitudes comuns, critérios e padrões de comportamento comuns, abordagens e pressupostos comuns. É isso que quer dizer uma cultura" (SNOW, 1996, p. 76 e 122). Além disso, o autor defende que, assim como os cientistas, os intelectuais literários também se constituem como culturas antropológicas, possuindo atitudes, critérios e modelos de comportamento comuns, bem como perspectivas e maneiras de ver que definem uma cultura.

Essa visão, levantada por Snow (1996), em que "a cultura científica é realmente uma cultura", exprime o interesse de se aproximar as culturas científicas e humanísticas, favorecendo, por exemplo, a utilização das Artes como recurso didático, e por conseguinte tornando o ensino de Física mais significativo e contextualizado. Portanto, o desenvolvimento de uma cultura científica nos espaços escolares auxilia na alfabetização científica dos alunos.

A utilização das artes como recurso didático tem sido amplamente explorada na área da educação, com o intuito de promover uma aprendizagem mais significativa e contextualizada. Nesse sentido, a associação das Artes no ensino de Física pode ser uma estratégia eficaz para a inserção dos alunos na cultura científica, bem como para o desenvolvimento de habilidades criativas e críticas. A Teoria da Complexidade de Edgar Morin fundamenta a transdisciplinaridade entre as culturas Física e Arte, e, por isso, foi realizada uma pesquisa nos principais repositórios com o objetivo de construir um Estado da Arte que relaciona as culturas do cinema, literatura, música, teatro, cordel, quadrinhos, escultura, pintura, entre outras, com a Física Moderna. A análise dos resultados indica que há uma grande variedade de obras que exploram a relação entre Física e Arte, evidenciando que essa associação pode ser uma estratégia potencialmente eficaz para o ensino de Física Moderna, além de contribuir para a formação de indivíduos mais críticos e reflexivos.

4.1.1. Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada nesta revisão sistemática da literatura teve como objetivo buscar e analisar estudos que abordem a relação entre a Física Moderna e as Artes, com base nos princípios da Teoria da Complexidade de Edgar Morin. Para a seleção dos estudos, foram utilizados os principais repositórios de artigos científicos, utilizando palavras-chave como "Física Moderna", "Artes", "Cinema", "Literatura", "Música", "Teatro", "Cordel", "Quadrinhos", "Escultura" e "Pintura". A partir da busca inicial, foram selecionados estudos que atendiam aos critérios de inclusão, como a abordagem da relação entre a Física Moderna e as Artes, a utilização dos princípios da Teoria da Complexidade de Edgar Morin, e a publicação em periódicos científicos indexados. A análise dos estudos selecionados foi realizada por meio de uma revisão sistemática da literatura, utilizando ferramentas de análise bibliométrica e técnicas de análise de conteúdo. O resultado dessa revisão sistemática contribuirá para o aprofundamento do conhecimento sobre a relação entre a Física Moderna e as Artes, bem como para a utilização dessas relações como recurso didático no processo de ensino-aprendizagem de Física Moderna.

A revisão sistemática é um procedimento que visa otimizar a eficácia de uma pesquisa, permitindo a obtenção de um conjunto abrangente e organizado de resultados (Costa & Zoltowski, 2019, p. 54).

Diversas fontes podem ser consultadas no desenvolvimento de um projeto de revisão, com destaque para bases eletrônicas de dados, as quais frequentemente representam a primeira escolha, dado seu vasto acervo de informações sobre tópicos específicos e a facilidade de acesso (Costa & Zoltowski, 2019, p. 56).

Este capítulo tem como propósito orientar os pesquisadores na elaboração de revisões sistemáticas de alta qualidade. Para esse fim, apresentamos oito etapas fundamentais que funcionam como um guia durante todo o processo de elaboração da revisão: delimitação da questão de pesquisa, seleção das fontes de dados, escolha das palavras-chave para a busca, execução da busca e registro dos resultados, seleção de artigos com base nos resumos, de acordo com critérios de inclusão e exclusão, extração dos dados dos artigos selecionados, avaliação dos artigos e síntese e interpretação dos dados (Costa & Zoltowski, 2019, p. 54).

A definição clara da questão de pesquisa representa uma etapa crucial no início de uma revisão sistemática. Caso se busque, por exemplo, explorar a relação entre mães e bebês, a amplitude da pesquisa resultaria em um conjunto excessivamente vasto de resultados, tornando inviável qualquer tentativa de sistematização. Portanto, é imprescindível estabelecer com clareza qual é a conexão entre os conceitos em análise, a fim de realizar uma pesquisa relevante e sucinta (Costa & Zoltowski, 2019, p. 54).

É importante investigar de antemão toda a produção científica e acadêmica sobre um tema, antes de iniciar uma pesquisa, no intuito de mapear os resultados obtidos, verificar a relevância, o interesse no tema e possíveis erros encontrados. Esse processo de investigação torna-se relevante na educação em Ciências, pois o objeto da análise é passível de valores, diversidades, multiculturas, opiniões diferentes, pluridisciplinares, ou seja, permeia por todas as áreas do conhecimento, não só das Ciências Naturais, mas das Humanas, Linguísticas etc.

A pesquisa bibliométrica foi realizada, portanto, por meio de diversas plataformas, como Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, a biblioteca eletrônica SciELO, o Google Acadêmico e rede repositórios La Referência. A cientometria é um campo interdisciplinar dedicado ao estudo quantitativo da ciência e da tecnologia e estão voltados para avaliar a produção científica e tecnológica produzida pela comunidade científica no interior das áreas de conhecimento (Hayashi, 2013, p. 2). Concomitante a cientometria, deve-se fazer referência à métricas usadas para analisar a produção do conhecimento científico, a bibliometria, definida por Pritchard (1969), que é um conjunto de métodos e técnicas quantitativos para a gestão de bibliotecas e instituições envolvidas com o tratamento de informação.

A bibliometria tem como objetos de estudo os livros ou as revistas científicas, cujas análises se vinculam à gestão de bibliotecas e bases de dados. A cientometria preocupa-se com a dinâmica da ciência, como atividade social, tendo como objetos de análise a produção, a circulação e o consumo da produção científica. (SANTOS; KOBASHI, 2009, p. 159). Para Price (1969), a cientometria é o estudo quantitativo da atividade científica, já a bibliometria foi caracterizada por Pritchard (1969) como conjunto de métodos e técnicas quantitativos para a gestão de bibliotecas e instituições envolvidas com o tratamento de informação.

A pesquisa debruçou-se em mapear as recentes publicações que relacionam as Artes com a Física Moderna, além de responder à questão: Como identificar

trabalhos que utilizam novos recursos didáticos referenciando o uso e abordagens das Artes na perspectiva da Física Moderna? E, como a Física Moderna é tratada na perspectiva artística no intuito de promover um ambiente favorável de ensino aprendizagem, o desenvolvimento cognitivo e a motivação dos estudantes?

A pesquisa qualitativa lida com descrições e interpretações de dados sobre realidades sociais, que emergem sobre uma investigação de estudos ou uma experiência, que são subjetivos. Porém, a análise em cima de base de dados de forma objetiva se configura uma pesquisa quantitativa. Essas duas formas de análise dá um caráter quali-quantitativa para essa pesquisa, porém mais quantitativo do que qualitativo, por conta do caráter bibliométrico e cientométrico.

[...] que se traduzem por números podem ser muito úteis na compreensão de diversos problemas educacionais. Mais ainda, a combinação deste tipo de dados com dados oriundos de metodologias qualitativas, podem vir a enriquecer a compreensão de eventos, fatos, processos. As duas abordagens demandam, no entanto, o esforço de reflexão do pesquisador para dar sentido ao material levantado e analisado (GATTI, 2004, p. 4).

A busca foi realizada no mês de março de 2021 e teve o interesse de mapear a ocorrência de propostas que relacionam Artes e Física Moderna em artigos, dissertações e teses publicadas no intervalo de 1991 e 2021, que exploram a relação das Artes com a Física Moderna (além disso, foi feita uma busca no mês de dezembro de 2022, a fim de atualizar os dados da revisão bibliográfica, porém não foram encontradas novas publicações).

No portal de periódicos da Capes (<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/>) foi realizada a busca pelo termo: “(Física Moderna) AND Arte AND (Ensino de Física) NOT (Educação Física)” teve um retorno de 106 publicações, mas só 2 de interesse para a pesquisa, ou seja, cerca de 1,89% de aproveitamento, encontrando um livro que reúne trabalhos que exploram aspectos da história da Teoria Quântica, porém, o livro não foca no objetivo da pesquisa, que é o ensino de Física. Mesmo assim vale mencioná-lo, pois há um capítulo que expressa sobre as implicações culturais e educacionais da teoria quântica, referindo-se a fenômenos, como o ‘misticismo quântico’, a presença da quântica no teatro e o ensino dessa teoria física (FREIRE; PESSOA; BROMBERG, 2011). A segunda publicação é um artigo, que cria também uma revisão bibliográfica em revistas científicas, no intuito de compreender como a Física Moderna e Arte se relacionam para a contribuição do

ensino como ferramenta facilitadora de aprendizagem, porém com restrições, pois não é mencionado dissertações, teses e outros (SILVA; REIS; REGO, 2019).

Na Biblioteca Eletrônica SciELO.org (<https://search.scielo.org/?lang=pt>) foi utilizado a expressão booleana: “(Física Moderna) AND (Arte) OR (Modern Physics) AND (Art) OR (Educación Física)”, com um resultado de 100 com apenas de interesse, tendo um aproveitamento de 3% de aproveitamento, cuja pesquisa resultou em um artigo que une o Cinema e o pensamento da Física Moderna sobre os conceitos de tempo, ordem e caos (CASTRO; DRAVET, 2019). Esse artigo é importante para esse Estudo da Arte pois é um dos únicos que trabalham com a união da Física e da Arte numa perspectiva da transdisciplinaridade a partir dos estudos do pensamento complexo de Edgar Morin. Buscando novamente outra expressão: “(Física Moderna) AND Música”, encontrou-se um artigo que explora como surgem e se expressam temas e visões sobre a ciência, a tecnologia e seus impactos na vida moderna nas letras de canções da música popular brasileira, mapeando as manifestações culturais, que estão imersas pela cultura científica (MOREIRA; MASSARANI, 2006). Sobre literatura destaca-se o artigo que trata da relação da Física com contos fantásticos, utilizando de três obras dos autores Edgar Allan Poe, Jorge Luís Borges e Murilo Rubião, que envolvem as concepções contraintuitivas surgidas a partir da Física, tratando do ponto de vista didático da relação entre a Física e a Literatura, utilizando a semiótica greimasiana⁸ (RAMOS; PIASSI, 2017).

No catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>) buscou-se a expressão “Física Moderna” AND “Arte” totalizando um retorno de 8 publicações onde foram observados 2 (aproveitamento de 25%) de interesse dessa pesquisa, sendo dessas, duas dissertações, a primeira sobre a Física, Arte e animação a fim de explorar os conceitos de tempo e espaço para alunos do Ensino Médio, e a motivação surgidos a partir de uma estratégia fundamentada no lúdico a partir dessa união entre duas culturas, realizando uma Sequência Didática para verificar as potencialidades de se utilizar a Arte para explicar a Física Moderna (RAMOS; 2017). A segunda, uma dissertação, chamando atenção por diversificar e enriquecer as aulas de Física nas turmas de 1º ano através da prática teatral, utilizando da história do físico alemão

⁸ A semiótica Greimasiana baseia-se na ideia de percepção de sensações, porém, acrescentando o caráter inteligível (Ramalho e Oliveira, 2005).

Albert Einstein e sua Teoria da Relatividade junto a Relatividade de Galileu, trazendo o lúdico para as aulas de Física e explorar dimensões históricas, culturais e filosóficas juntamente aos estudantes (GOMES, 2015)

A rede de repositórios “La Referência” (<http://www.lareferencia.info/pt/>) teve um retorno de 59 publicações, das quais 4 foram de interesse desse artigo, atingindo um aproveitamento de 6,78% aproximadamente, até porque essa é uma rede de repositórios integrado de acesso aberto, dividindo-se em artigos, dissertações e teses. Usando a expressão “(Todos os campos: (Física moderna)) AND (Todos os campos: (Ensino de física)) AND (Todos os campos: (Arte))” para realizar a busca, enfatizando que foi considerado um recorte temporal entre 1991 até 2021.

Através da busca na rede de repositórios foram encontrados diversos trabalhos, em que se destaca o artigo, que trata sobre a influências das obras de Salvador Dalí no ensino de Física Moderna, pois o autor propõe aproximar a Física e a Arte, ressaltando o que Zanetic (2005) defendeu, que é a visão da Física como Cultura, além de pretender focar na interdisciplinaridade de Física Moderna no Ensino Médio e contribuir com a formação de professores (ANDRADE; NASCIMENTO; GERMANO, 2007). Na mesma linha, o artigo reforça a importância que têm as obras do artista surrealista Salvador Dalí na expressão da Mecânica Quântica aos olhos das artes plásticas, especificando a importância de inserir elementos culturais na educação além de contextualizar historicamente o ensino de Física no Ensino Médio (FERNANDES; PIRES; FORATO; SILVA, 2017). Além desses, um artigo chamou atenção por buscar as contribuições para a alfabetização científica utilizando a série Cosmos de Carl Sagan (MELO, 2021).

Sobre as dissertações encontradas na rede “La Referência”, utilizando a mesma expressão, foi destacada a dissertação de (SILVA, 2011), sendo o seu tema principal, o propósito de restaurar a continuidade entre ciência e experiência, por meio da mediação semiótica de ferramentas culturais no intuito de auxiliar a aprendizagem do conceito de radioatividade no Ensino Médio. Foi encontrada outra dissertação de (GOMES, 2013), caracterizada por ser realizada junto aos alunos do Ensino Médio na cidade de Goiânia e teve como objetivo principal investigar e analisar através de ferramentas culturais a interação do homem com o mundo, recorrendo aos estudos da linguagem de Bakhtin.

Por intermédio da busca no Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>) buscando pela expressão booleana (“Física Moderna”) AND (“Ensino de Física”) NOT (Educação Física) NOT Saúde” resultou em 1.950 resultados com 10 publicações, com uma porcentagem baixíssima de aproveitamento de 0,51% aproximadamente de interesse da pesquisa. Sobre a dança, Limberg e Fagundes (2015) utiliza de uma experiência didática sobre Paradoxo dos Gêmeos abordando o conceito de tempo a partir de uma perspectiva cultural e buscando apresentar as relações entre ciências, dança contemporânea, música eletroacústica e tecnologias audiovisuais. Pinto e Zanetic (1999) buscaram trazer em seu artigo a experiência educacional desenvolvida em uma escola da rede pública de ensino, através da pintura e da música, propondo a visão da Física como cultura e refletindo sobre a inserção da Física Quântica no Ensino Médio.

Sobre a literatura o Google Acadêmico recuperou o trabalho de dissertação, que propõe auxiliar o estudo de tópicos de Mecânica Quântica junto a uma turma do 3º ano do ensino médio de uma instituição de ensino pública do município de Salgueiro no estado de Pernambuco, apresentando resultados de experiência realizada pela aplicação de uma História em Quadrinhos, escrita em versos de cordel (FEITOSA, 2019). O artigo na mesma linha e do mesmo autor utiliza da Sequência Didática para inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio utilizando elementos de expressão artística contextualizando o conteúdo em versos de cordel e ilustrações da HQs, mediante a aproximação entre Arte e Ciências (FEITOSA; ARAÚJO; SILVA; NOBRE, 2020).

Em relação ao Cinema, que levanta discussões sobre o uso de filmes no ensino de Física (FERREIRA; ANDRADE, 2009), tem como objetivo estimular o interesse dos alunos para a sutil complexidade da Física, propondo a utilização de filmes na sala de aula. A obra de H.G. Wells é tratado no artigo enquanto fonte rica para a utilização como recurso didático, unindo a Física e a literatura (GOMES; AMARAL; PIASSI, 2010). Por conseguinte, Moura e Vianna (2019) buscaram trazer a perspectiva da Física Moderna através do filme Interstelar para a sala de aula, realizando uma abordagem didática no intuito de melhorar o processo de ensino e aprendizagem dos alunos, propondo como objetivo, contribuir com o ensino de Física Moderna, em escolas estaduais da cidade de Bragança-PA.

No que se refere aos quadrinhos, Caruso e Freitas (2009), por meio das HQ's, buscam apresentar sete tirinhas originais para ajudar no ensino da Teoria da Relatividade no Ensino Médio. Outro artigo trabalhou também inserindo o estudo das Teorias da Relatividade Restrita e Geral com uma abordagem histórico-filosófica da Ciência através de produções culturais (GUERRA; BRAGA; REIS, 2007). Sobre o teatro, Oliveira e Gomes (2016) relatam a formação de um grupo de teatro científico em uma escola de Brejo Santo, no interior do Ceará.

Finalmente, a dissertação de Moura (2019) fez uso de cenas cinematográficas de filmes de ficção científica que abordavam temas específicos de Física Contemporânea, a fim de construir um produto educacional no intuito de avaliar as potencialidades de unir Física e Arte. Utilizou, além dos filmes em sala de aula, também o Arduino, o que foge ao escopo desse artigo. A Sequência Didática foi realizada com alunos do terceiro ano do Ensino Médio no Colégio Modelo Luís Eduardo Magalhães, na cidade de Vitória da Conquista, Bahia.

4.1.2. Resultados e Discussões

Para identificar os termos “Física Moderna” e “Arte” e ocorrências nos principais repositórios como o portal CAPES, SciELO, Google Acadêmico, Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e rede de repositórios La Referência, foi realizada uma busca com a ajuda de filtros e lógica booleana, como AND, NOT e OR. Os resultados foram filtrados como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Números de publicações encontradas

Plataformas	Artigos	Livro	Dissertações	Teses
CAPES	1	1	0	0
SciELO	3	0	0	0
Google Acadêmico	9	0	2	0
Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES	–	–	2	0
La Referência	2	0	2	0

Fonte: o autor

A partir dos resultados, pode-se listar os resultados a partir do Quadro 3, identificando cada uma das publicações a partir do seu título e do seu autor, enumerando para organizá-las nas Tabelas 1 e 2, e por fim explorá-las para que seja possível construir uma noção teórica de como esses trabalhos conceberam a aproximação da Física com a Arte.

Quadro 3 – Listagem das publicações encontradas

Nº	Título/Autor(es)	Tipo	Ano
1	É possível levar a física quântica para o ensino médio? (PINTO; ZANETIC, 1999).	Artigo	1999
2	(En)canto científico: temas de ciência em letras da música popular brasileira (MOREIRA; MASSARANI, 2006)	Artigo	2006
3	Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem (GUERRA; BRAGA; REIS, 2007).	Artigo	2007
4	Influências da Física moderna na obra de Salvador Dalí (ANDRADE; NASCIMENTO; GERMANO, 2017).	Artigo	2007
5	Cinema e Ensino de Física (FERREIRA; ANDRADE, 2009).	Artigo	2009
6	Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas (CARUSO; FREITAS, 2009).	Artigo	2009
7	A máquina do tempo de HG Wells: uma possibilidade de interface entre ciência e literatura no ensino de física (GOMES; AMARAL; PIASSI, 2010).	Artigo	2010
8	Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais (FREIRE JR; PESSOA; BROMBERG, 2011).	Livro	2011
9	. O ideal do belo como princípio, meio e fim do ensino-aprendizagem da Física (SILVA, 2011).	Dissertação	2011
10	A mediação semiótica de instrumentos culturais na aprendizagem do conceito de radioatividade no Ensino Médio (GOMES, 2013).	Dissertação	2013
11	Einstein e a Relatividade entram em cena (GOMES, 2015).	Dissertação	2015
12	Ciências e Artes: interação entre videodança e ambiente virtual de aprendizagem no Ensino de Física Moderna (LIMBERG, FAGUNDES, 2015).	Artigo	2015
13	Einstein e a Relatividade entram em cena: diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de Física criativo (OLIVEIRA; GOMES, 2018).	Artigo	2016

14	O insólito e a física moderna: interfaces didáticas do conto fantástico (RAMOS; PIASSI, 2017).	Artigo	2017
15	Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio (FERNANDES; PIRES; SILVA, 2017).	Artigo	2017
16	Física, arte e os conceitos de espaço e tempo (RAMOS, 2017).	Dissertação	2017
17	Publicações sobre o ensino de Física Moderna: relações construídas entre Artes e Física (SILVA; REIS; REGO, 2019).	Artigo	2019
18	O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar (MOURA; VIANNA, 2019).	Artigo	2019
19	A Física no Cinema: Recortes de filmes como recurso didático articulado às demonstrações experimentais com suporte Arduino (MOURA, 2019).	Dissertação	2019
20	Tempo e caos: a “imaginação dos possíveis” e os média (CASTRO; DRAVET, 2019).	Artigo	2019
21	Uma sequência didática utilizando a literatura de cordel e a arte das histórias em quadrinhos para inserção de tópicos de Física Quântica no Ensino Médio (FEITOSA; ARAÚJO; SILVA; NOBRE, 2019).	Artigo	2019
22	Tópicos de Física Quântica em versos de cordel e arte dos quadrinhos ensinados à luz de uma unidade de ensino potencialmente significativa (FEITOSA, 2020).	Dissertação	2020
23	Luz, câmera, alfabetização científica! Possibilidades epistemológicas no antagonismo ciência-pseudociência da série Cosmos de Carl Sagan (MELO, 2021)	Artigo	2021

Fonte: o autor

É importante relacionar todas as publicações citadas, começando pela divisão de cada tema que cada um aborda, categorizando-as sobre Arte em geral, Cinema, Cordel, Dança, Quadrinhos, Pinturas. Além disso, identificar qual o tipo de publicação de cada um, se artigo, dissertação ou tese, e em qual ano foi realizada cada publicação.

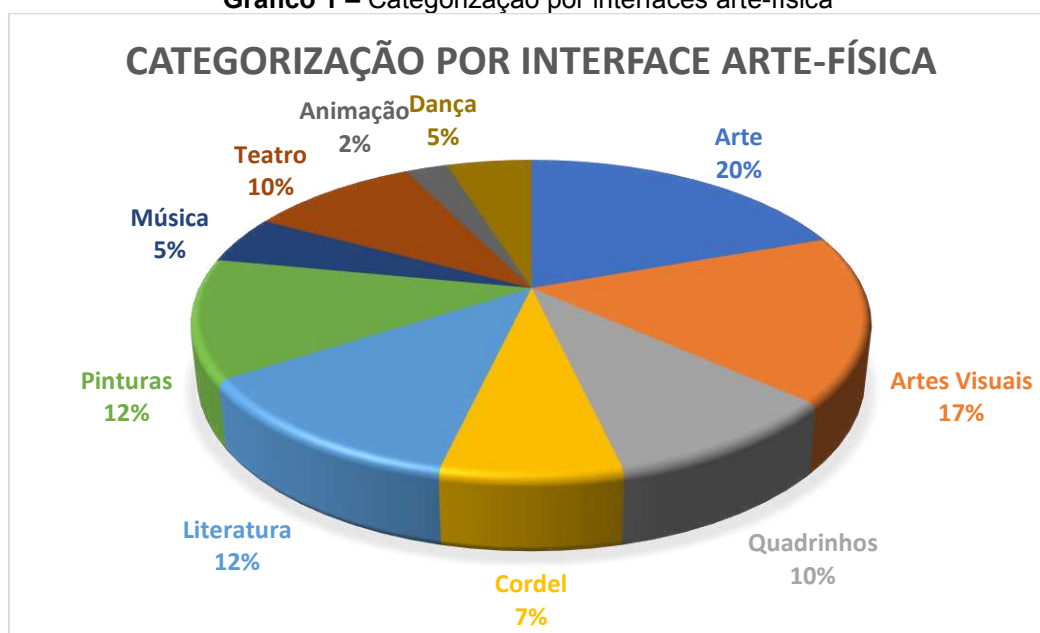
Tabela 2 – Categorização por interfaces arte-física

Categoria	Artigo	Livro	Dissertação	Tese
Física Moderna e Arte	1, 3, 17 e 20	8	9, 10 e 16	–
Física Moderna e Artes Visuais	5, 12, 17, 18, 20 e 23	–	19	–
Física Moderna e Quadrinhos	1, 6 e 17	–	22	–
Física Moderna e Cordel	17 e 21	–	22	–
Física Moderna e Literatura	1, 7, 14, 17 e 20	–	–	–
Física Moderna e Pinturas	3, 4, 14 e 17	–	10	–
Física Moderna e Música	1 e 17	–	–	–
Física Moderna e Teatro	12 e 17	–	9 e 11	–
Física Moderna e Animação	–	–	15	–
Física Moderna e Dança	13	–	9	–
Totais	14	1	7	0

Fonte: o autor

Na Tabela 2, pode-se perceber que os temas são variados e se entrelaçam, com maior ocorrência no Cinema, na Literatura, a Pintura e nas Artes em geral, esse é o principal objetivo de transmitir a Física Moderna com um olhar transdisciplinar e multicultural. A partir dos dados da Tabela 1 e para melhor visualizarmos as diversas temáticas dos trabalhos apresentados, gerou-se um Gráfico 1, em formato de pizza, para poder identificá-los e ter uma noção de quais temas são mais explorados e os que menos são tratados nos respectivos trabalhos.

Gráfico 1 – Categorização por interfaces arte-física



Fonte: o autor

O número de dissertações só foram aparecer a partir de 2011, pois nos anos anteriores houve apenas ocorrências de artigos. Na Tabela 2 os números de publicações crescem ao longo dos anos e isso é de se esperar. O avanço natural do conhecimento e do interesse em explorar mais a pesquisa do uso das Artes como recurso didático no Ensino da Física Moderna tornou-se recorrente. Para identificar as publicações por meios de uma linha do tempo, a Tabela 3 foi criada a fim de enxergarmos como esses trabalhos foram publicadas ao longo do período entre 1991 e 2021.

Tabela 3 – Comparativo por período de publicação

Período	Artigo	Livro	Dissertação	Tese
1991-1995	–	–	–	–
1996-2010	1, 2, 3, 4, 5 e 6	–	–	–
2011-2015	7	8	9, 10 e 11	–
2016-2022	12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21 e 23	–	16, 19 e 22	–

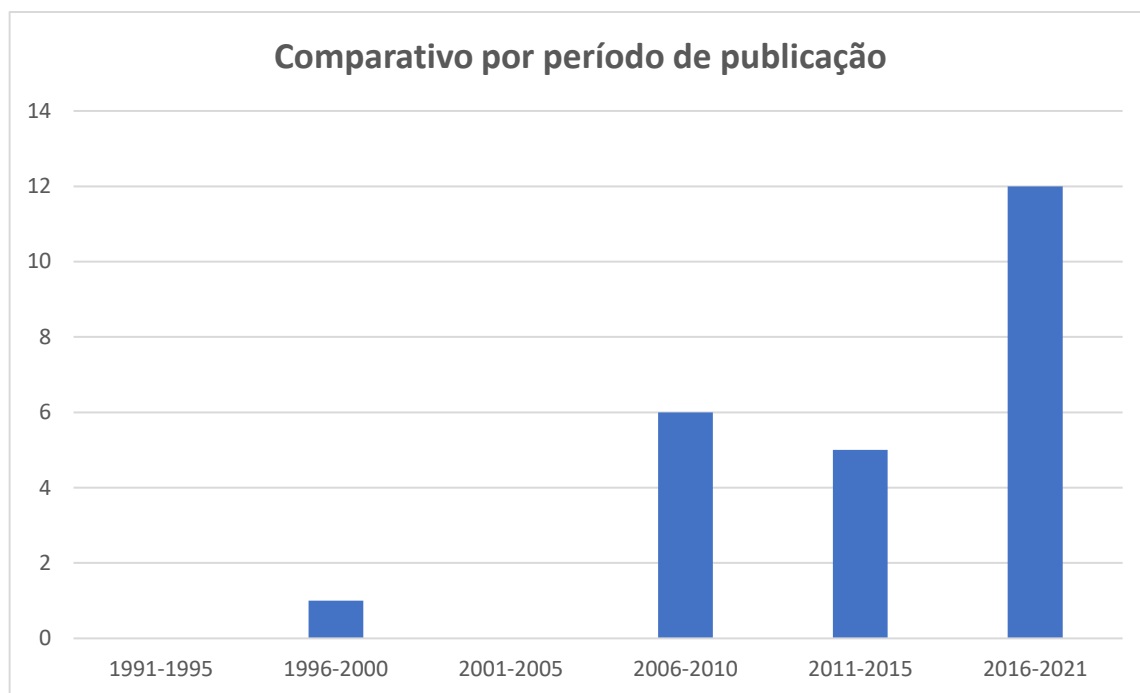
Fonte: o autor

Conclui-se que a exploração pelos pesquisadores nesse intuito de unir a Arte e a Física Moderna tem crescido nos últimos anos, como pode ser observado no Gráfico 2, que mostra a evolução que os trabalhos foram publicados ao longo dos períodos.

Entre 2011 e 2015 diminuiu as ocorrências de artigos, existindo praticamente uma estagnação nas publicações. A partir de 2016 foram encontradas ocorrências e um crescimento significativo das publicações de artigos científicos. Conclui-se que a exploração pelos pesquisadores nesse intuito de unir a Arte e a Física Moderna tem crescido nos últimos anos.

Além disso, os trabalhos científicos a respeito da Física Moderna, utilizando as Artes como uma fonte de recurso didático (para a construção desse gráfico, foi considerado o local de estado do autor principal). Pode ser evidenciado em sua maioria nos estados de São Paulo, com 6 trabalhos, e Rio de Janeiro, com 5 do total, como mostra o Gráfico 3, representado pelo mapa do Brasil delimitando seus respectivos estados federativos.

Gráfico 2 - Comparativo por período de publicação



Fonte: o autor

Apesar disso, podemos destacar regiões com um número considerado na região Nordeste, dentre eles os estados de Pernambuco, com 3 ocorrências, a Bahia, com 2 ocorrências, o Ceará e Paraíba com 1 trabalho cada. Já a região norte tem uma carência muito grande, porém com o Pará tendo sua contribuição a Revisão Bibliográfica.

Importante salientar que muitos desses autores publicaram suas publicações, com o propósito de reforçar essa aspiração que as culturas Artes e Ciências podem criar no ensino de Física uma cultura científica, além de terem a abordagem de temas mais relevantes da Física Contemporânea. Também se leva a crer que o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física ancorou boa parte desses trabalhos, como a dissertação (FEITOSA, 2019) e artigo (FEITOSA; ARAÚJO; SILVA; NOBRE, 2019) sobre a utilização do Cordel, assim como as dissertações sobre animação (RAMOS, 2017), sobre o teatro (GOMES, 2015) e o artigo também sobre o teatro (OLIVEIRA; GOMES, 2018), pois são de autores do programa. Isso se deve pela abrangência que o programa tem em território nacional e principalmente levando a pesquisa aos docentes do Ensino Básico, que tem mais interesse em explorar essa temática com a finalidade de trazer para a prática uma aprendizagem mais significativa contrapondo ao ensino tradicional que desmotiva e assusta os educandos com fórmulas e memorizações enfadonhas.

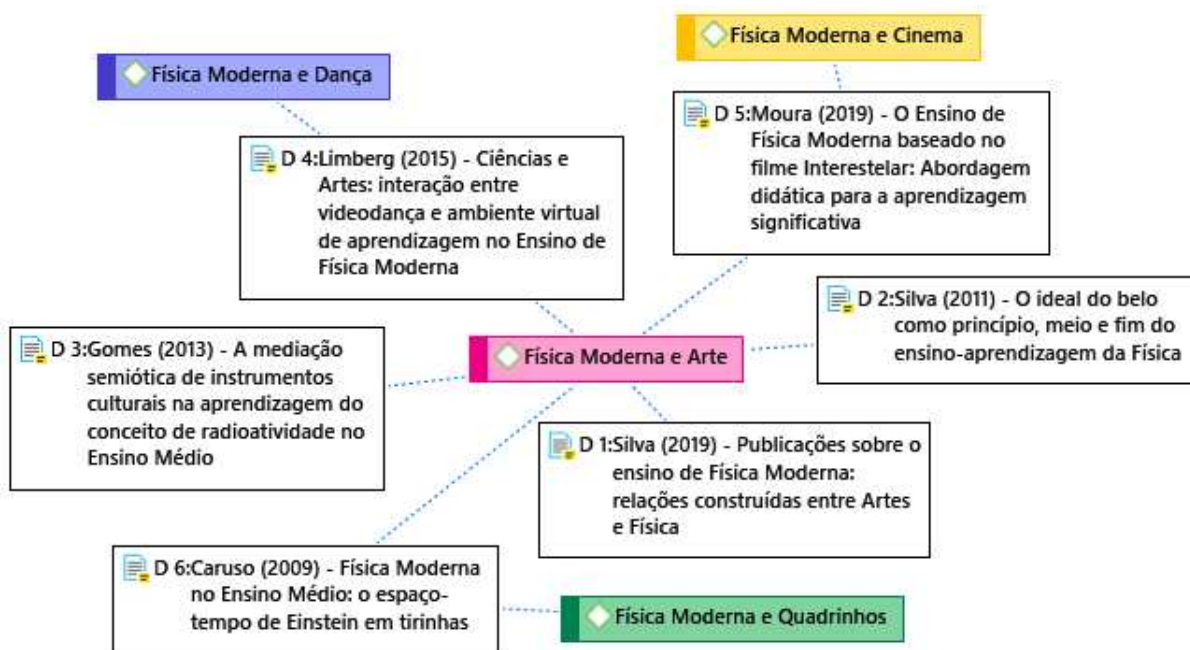
Gráfico 3 – Principais trabalhos de interesse da Revisão Bibliográfica

Estudos com esse teor mapeiam as principais publicações sobre a união das Artes com a Física no intuito de pensar, não de forma fragmentada, e sim termos um pensamento complexo, que possa contribuir para a transdisciplinaridade, pois como é reforçado por Zanetic (1990), a realidade da educação pública no ensino básico é de que há uma apresentação fragmentada e incompleta das diferentes áreas do saber que são contempladas na escolha curricular.

Utilizando as publicações encontradas, criou-se códigos no ATLAS.TI a fim de relacioná-los e criar uma rede ligando os códigos aos trabalhos publicados.

A ligação entre os temas recorrentes nas publicações é percebida através de uma pequena rede, como mostra a Figura 7, feita pelo Atlas.ti, escolhendo algumas obras, sem distinção, mas importante para percebermos que todas estão se comunicando, por falarem de Física e Arte.

Figura 7 – Rede gerada no Atlas.ti



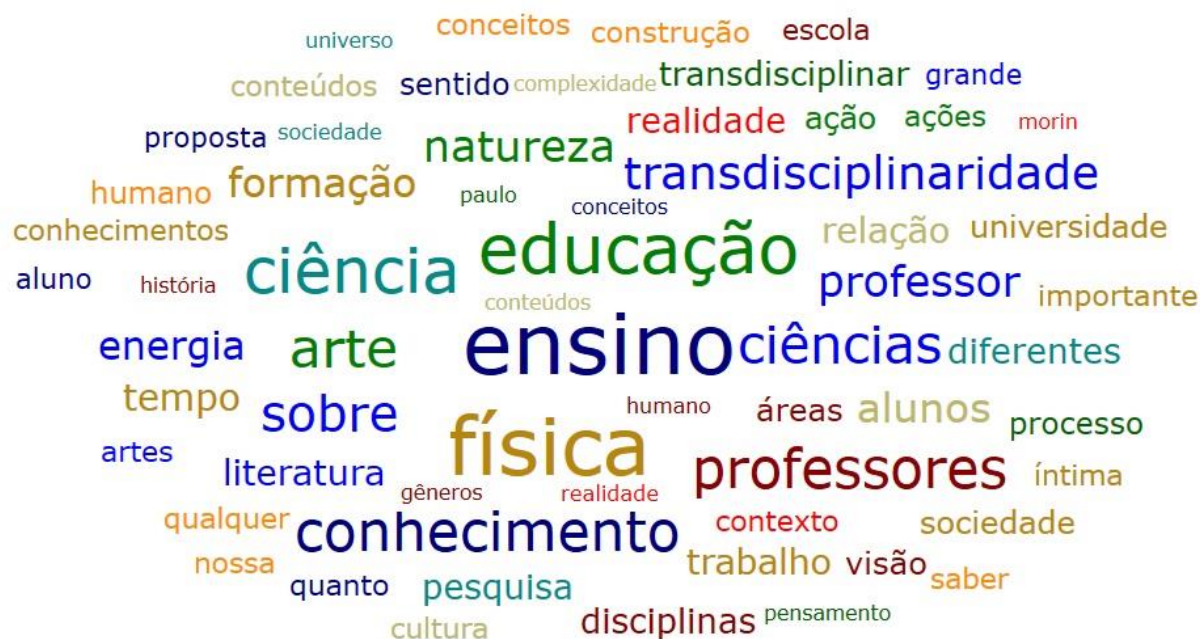
Fonte: o autor

Para realizar a análise de dados qualitativos foi utilizada uma ferramenta chamada Atlas.ti:

As novas tecnologias têm cada vez mais influenciado nas pesquisas. Desde a década de 1980 a utilização da tecnologia faz parte tanto da coleta como da análise de dados em pesquisas científicas, alterando os seus padrões. Também as pesquisas qualitativas podem fazer uso de programas para análise de dados, sem que o pesquisador espere que estes realizem o trabalho de análise automaticamente; na realidade, apenas auxiliam na pesquisa. (MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D, 2011, p. 743)

Também podemos utilizar o Atlas.ti para gerar uma nuvem de palavras mais recorrentes nessa tese, como demonstrado na Figura 8, evidenciando palavras-chave para a nossa pesquisa. Ela representa os caracteres mais mencionados na tese, e podemos destacar os termos: Física, Ensino, Pesquisa, Ciências, Educação, Professor, Complexidade, Arte, Realidade, Desenvolvimento, Escola, Transdisciplinaridade, Transdisciplinar, Conhecimento, Literatura, Humano, Disciplinas, Relação, Natureza, Construção, Artes, Diferentes, Gênero, Conceitos, Formação, Sentido, Ação, Morin (de Edgar Morin), Paulo (de Paulo Freire), Contexto, Trabalho, Sociedade, Processo, Visão, Universidade, Relação etc.

Figura 8 – Nuvem de palavras



Fonte: o autor

4.1.3. Considerações

Para chegar aos resultados obtidos, foi necessário identificar as temáticas que cada pesquisa se propôs em realizar, verificando qual a sua contribuição para o ensino de Física a partir da utilização das Artes em sala de aula. Os artigos submetem-se, em sua grande maioria, em relatar dinâmicas, práticas realizadas em espaços formais e não formais. As dissertações/teses tem um intuito mais teórico de analisar como a Arte pode influenciar no aprendizado dos estudantes e enxergar de forma analítica a Física como cultura, na qual pode ter uma visão transdisciplinar com outras culturas.

Para isso, além de realizar a busca bibliométrica e cientométricas nas plataformas de busca de trabalhos científicos, foi determinante saber como cada um busca aproximar a Física Moderna com as Artes, sem distinguir a fundamentação teórica que cada um se baseia. Isso porque o dado artigo tem uma fundamentação transdisciplinar de enxergar essa união de duas Culturas/Ciências numa perspectiva complexa. É importante saber como caminham e evoluem as pesquisas sobre a utilização das Artes para com a Física Contemporânea, por isso essa pesquisa se torna fundamental para a construção de pesquisas vindouras e de uma possível contribuição social.

Para desenvolver o processo de ensino aprendizagem por meio de uma didática mais interessante, reflexiva e construtiva, os estudantes desenvolvem cognitivamente por meio desse novo paradigma de ensino, quebrando com uma velha visão de que a Física é entediante ou difícil, pois:

Um cidadão contemporâneo é ensinado que a física é esotérica, que nada tem a ver com a vida atual e que não faz parte da cultura. Com exceção de experiências isoladas que professores levam para suas salas de aula, muitas vezes decorrentes da pesquisa em ensino de física desenvolvida no país, no geral a física é mal ensinada nas escolas. O ensino de física dominante se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares. Para mudar esse quadro o ensino de física não pode prescindir, além de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social (ZANETIC, 2005, p. 21).

Embora os dados da pesquisa tenham uma interpretação qualitativa, tratou-se de um estudo quanti-qualitativo, e não meramente quantitativa. O intuito desse artigo não se limita em verificar a ocorrência do tema “Física Moderna” e “Arte” nas plataformas de pesquisas, inclusive identificar e analisar quais dessas publicações trabalharam de forma interdisciplinar. Vimos que apenas uma dessas publicações utilizou a transdisciplinaridade para fundamentar sua pesquisa na perspectiva da do pensamento complexo de Edgar Morin, sendo o arcabouço teórico principal.

A transdisciplinaridade deve ser explorada no ensino de Física, pois é um campo de pesquisa pouco desenvolvido na academia, como foi constatado nessa pesquisa bibliométrica e cientométrica. É nesse sentido que esse artigo propõe em fazer. Preparar o Estado da Arte para possíveis pesquisas vindouras, e nesse objetivo de romper com o ensino tradicional e buscar caminhos que sejam mais satisfatórios no ensino de Física, principalmente sobre a Física Moderna, que é tão pouco explorada nas nossas aulas e na formação de professores. Provavelmente a inserção às culturas humanísticas ou artísticas favoreçam a cultura científica que possa ser popularizada e diversificada com as especificidades de cada região e de cada realidade. Isso seria, portanto, pensar transdisciplinar e valorizar o multiculturalismo. Como a nova Base Comum Curricular salienta:

Compreender as relações entre as linguagens da Arte e suas práticas integradas, inclusive aquelas possibilitadas pelo uso das novas tecnologias de informação e comunicação, pelo cinema e pelo audiovisual, nas condições

particulares de produção, na prática de cada linguagem e nas suas articulações (BRASIL, 2017, p. 196).

Além disso, é importante salientar a contribuição no aprendizado significativo, que tanto Moreira (2012) busca enfatizar sua importância para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, pois pode-se enxergar as Artes não só como recursos didáticos, mas também conhecimentos prévios. Os estudantes carregam com suas culturas intrínsecas, e não só devem ser enxergados como informações introdutórias, mas organizadores prévios, que são os filmes, poema, músicas, pinturas.

- 1) identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2) dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes; e,
- 3) prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos (MOREIRA, 2012, p. 3).

Por fim, conclui-se que esse tema de pesquisa tem sido uma fonte cada vez mais explorada pelos professores e pesquisadores. Pensar na Física como cultura pode ser interessante para a desconstrução da visão que a sociedade tem sobre a disciplina de Física, o que contribui com uma cultura científica e um letramento científico. Emancipar os educandos para que eles possam ser coadjuvantes no processo pedagógico, fortalece a transdisciplinaridade entre essas duas culturas. Verificou-se, também, que trabalhar com o par Física e Arte é engrandecer e valorizar o ensino de Física, pois aprofunda o multiculturalismo na educação. Por isso, é interessante fazer revisões na literatura no intuito de propiciar cada vez mais o desenvolvimento científico, avançar mais nesse campo do conhecimento e influenciar ainda mais a produção de Artigos, Dissertações e Livros, pois colabora-se com a divulgação científica, já que ainda carecem muito de pesquisas sobre essa temática, que utiliza das Artes para ensinar a Física Moderna.

No capítulo seguinte, iremos construir uma fundamentação teórica, a respeito do cerne dessa tese, que pesa as ideias de Edgar Morin, tanto no pensamento complexo, quanto da transdisciplinaridade, utilizando paradigmas da Ciência, da Educação e dos Sistemas complexos.

5. Fundamentação Teórica

O ensino de Física sempre foi um desafio para professores do Ensino Médio e do Ensino Superior, pois a dificuldade de aprendizagem tem sido evidente desde o aluno do Ensino Básico, que enxerga a escola como algo enfadonho e desmotivante, até o estudante de graduação, que já escolheu sua profissão e está cursando disciplinas avançadas na área de Física, seja em cursos de Física, Engenharia ou outras áreas que tenham integrado em sua grade curricular. Essa dificuldade aumenta ainda mais quando se fala sobre a Física Moderna, que é pouco trabalhada pelos professores no Ensino Médio e até mesmo em cursos superiores.

Uma pesquisa constatou que não há um único fator responsável pelo não aprendizado ou pela dificuldade em aprender Física Moderna (ANTONOWISKI; ALENCAR; ROCHA, 2017). A soma de pequenos fatores pode se tornar um grande problema, como a falta de tempo hábil para trabalhos bem elaborados envolvendo a Física Moderna desde o ensino médio. No entanto, deve-se observar o preparo dos professores para essa situação, pois o professor é o mediador do conhecimento e deve estar preparado. Portanto, sua formação também deve estar de acordo com a função para a qual está sendo habilitado (ANTONOWISKI, ALENCAR, ROCHA, 2017, p. 56).

Historicamente, as disciplinas da área de Ciências Exatas, como Matemática, Física, Química, e de Ciências Humanas, como História, Geografia, Artes, são ensinadas como grupos distintos, isolados, com pouca relação entre si. Essa compartimentação do conhecimento leva os alunos a compreenderem esses campos como conjuntos de técnicas e fatos descontextualizados, em vez de disciplinas integradas que se complementam e são frequentemente utilizadas em conjunto como instrumentos para resolver problemas reais. A fragmentação do conhecimento pode ser um empecilho para a realização de atividades e experimentos integrados entre diversas áreas, que reforçam as vantagens de se trabalhar de forma conjunta, favorecendo o ensino transdisciplinar.

A complexidade plena de uma natureza transdisciplinar incluiria não apenas as disciplinas científicas, mas também as artes, a filosofia e os saberes e ciências das tradições sapienciais, ou seja, todo o conhecimento produzido ao longo da história humana. Incluiria não apenas as diferentes dimensões do sujeito, mas também a

questão ontológica dos diferentes níveis de realidade e dos diferentes níveis do ser humano a eles correspondentes (SOMMERMAN, 2017, p. 87-88).

O cinema, a literatura, a música, a arquitetura e a pintura são expressões do ser humano, e nelas se demonstram o pensamento, o intelecto humano e, portanto, a sua ciência, ou seja, a forma artística pela qual o homem desenvolve o seu raciocínio. O ser humano consegue se desenvolver cientificamente mesmo que não empregue rigorosamente o método científico cartesiano, o que evidencia a interligação entre a expressão artística e o desenvolvimento científico. A ciência está em diálogo com conhecimentos não científicos, tais como as artes, a filosofia, as tradições de sabedoria, entre outros, e com diferentes níveis do sujeito e da realidade (SOMMERMAN, 2017, p. 85).

Arte e ciência estão integradas e caminham juntas na formação de um sistema. A imaginação artística e o rigor científico são partes interligadas, influenciando-se mutuamente. A autonomia e a liberdade criativa das partes emergentes permitem que os sistemas se reconstruam. A organização total é impensável sem as partes que a constituem, assim como a parte é impossível sem o todo. A dupla identidade das artes e da ciência as aproxima e as liberta para afetar o meio em que estão inseridas (GERALDO, 2020, p. 14-15).

Zanetic (2006), em sua vasta contribuição para a pesquisa no ensino de Física, reforça a importância de integrarmos as duas culturas, Física e Arte, de forma interdisciplinar no ensino. Além da discussão de aspectos históricos e epistemológicos da ponte entre as duas culturas, devemos ter um pensamento crítico sobre as medidas educacionais adotadas no país atualmente (ZANETIC, 2006, p. 39).

De acordo com a perspectiva de Ernest-Cassirer (1994), a ciência é uma criação humana e um aspecto da humanidade do homem. Nessa visão, discute-se o processo de produção do conhecimento científico, evidenciando-o como uma atividade humana historicamente contextualizada, presente no processo de ensino-aprendizagem.

Assim, a integração entre a arte e a ciência não deve ser vista apenas como uma questão estética ou de entretenimento, mas sim como uma possibilidade de enriquecer o processo de produção do conhecimento científico. A abordagem interdisciplinar entre esses campos pode proporcionar uma visão mais ampla e crítica sobre as questões que envolvem a pesquisa e a produção científica, permitindo uma abordagem mais abrangente e, conseqüentemente, mais completa e integrada.

Portanto, é fundamental que os profissionais da educação estejam preparados para trabalhar com essa abordagem interdisciplinar entre arte e ciência, de forma a contribuir para a formação de indivíduos críticos, criativos e capazes de atuar de forma mais ampla e integrada no mundo contemporâneo.

Nesse sentido, os estudos de autores como Sommerman (2017), Geraldo (2020) e Zanetic (2006), bem como as teorias de Cassirer (1994), oferecem importantes contribuições teóricas para o entendimento da relação entre arte e ciência, permitindo uma reflexão crítica sobre a prática pedagógica e a forma como o conhecimento científico é produzido e transmitido na sociedade contemporânea.

5.1. Física Moderna e Artes

Tendo em vista esse pressuposto da união das culturas Física e Artes, é possível utilizar as artes como fonte rica de conhecimento científico e um potencial objeto de recurso didático. Essa abordagem contribuirá para a motivação dos estudantes para o Ensino da Física Moderna, que detém uma maior dificuldade de aprendizagem e disseminação de uma cultura científica. Segundo Ausubel, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, cabendo ao professor identificá-lo e ensinar de acordo (MOREIRA, 1999). As Artes possuem um grande potencial motivador e podem ser utilizadas como conhecimento prévio para aproximar o estudante do conhecimento científico. De acordo com Moreira (1999, p. 153), esse processo ocorre quando novas informações se relacionam com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, o que é denominado de conceito subsunção ou conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Dessa forma, a utilização das Artes como recurso didático pode ser uma maneira eficiente de interação entre a nova informação e o conhecimento prévio do estudante, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e efetivo.

Portanto, a dificuldade de aprendizagem em disciplinas de Ciências se faz presente ao longo de todo ensino, como demonstram os números do PISA de 2018⁹, exigindo do professor uma formação inicial e continuada para amenizar esse problema, seja utilizando experimentos em suas aulas, ou mesmo inovando a forma

⁹ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. Relatório Brasil no Pisa 2018: versão preliminar. Brasília, DF, 2019.

de abordar conceitos de Física, como propõe esta tese, utilizando as Artes como um recurso didático alternativo.

A teoria da aprendizagem significativa é um dos principais conceitos do construtivismo e do cognitivismo, duas correntes teóricas importantes para a psicologia da educação. Essa teoria foi proposta por David Ausubel, um psicólogo norte-americano, e tem como objetivo explicar como o aprendizado pode ocorrer de maneira significativa para o indivíduo.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa crítica, proposta por Moreira a partir das ideias de David Ausubel, o conhecimento é adquirido por meio de uma interação entre as novas informações e as estruturas de conhecimento prévio existentes na mente do indivíduo. Ou seja, o novo conhecimento deve ser integrado e relacionado com o conhecimento que já foi adquirido anteriormente, de forma que se torne significativo para a pessoa.

Essa abordagem baseia-se na ideia de que as pessoas constroem seu próprio conhecimento a partir das experiências vividas, e que o aprendizado é um processo ativo, no qual o indivíduo é o protagonista de sua própria aprendizagem. Nesse sentido, o construtivismo é uma corrente teórica que enfatiza o papel ativo do aluno na construção de seu próprio conhecimento.

Já o cognitivismo, por sua vez, é uma corrente teórica que estuda os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem, como a percepção, a atenção, a memória e o raciocínio. Essa corrente teórica busca compreender como as informações são processadas pelo cérebro, e como o indivíduo organiza e armazena o conhecimento adquirido.

Assim, a teoria da aprendizagem significativa tem como objetivo integrar duas correntes teóricas, o construtivismo e o cognitivismo, buscando explicar como o aprendizado pode ocorrer de forma significativa e ativa. Isso significa levar em conta tanto as características individuais do aluno quanto os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. Em outras palavras, a teoria propõe que o processo de ensino-aprendizagem deve ser pautado na construção ativa do conhecimento pelo aluno, a partir de suas próprias experiências e do diálogo com o mundo ao seu redor.

O objetivo do ensino é desenvolver no aluno a capacidade de observar, analisar e interpretar criticamente a realidade, visando uma transformação no ensino-aprendizagem e superando a forma tradicional baseada na transmissão de conhecimento. O processo de cognição é facilitado pela utilização de recursos

didáticos que possam motivar os alunos e tornar o ensino-aprendizagem mais eficiente.

A utilização de recursos como música, cinema, teatro, escultura e pintura permite que o aluno participe ativamente da aula, desenvolvendo suas habilidades linguísticas, de comunicação, expressão e criatividade. Além disso, esses recursos podem e devem ser tratados como fontes de conhecimento científico, enriquecendo o processo de aprendizagem.

É importante ressaltar que a teoria da aprendizagem significativa crítica não se trata de um método único ou prescritivo, mas sim de um conjunto de princípios que podem ser aplicados de diferentes formas, a depender do contexto e das necessidades específicas de cada aluno. Em resumo, o objetivo é tornar o processo de ensino-aprendizagem mais significativo e eficaz, levando em conta a individualidade do aluno e suas experiências de vida.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel entende que a experiência de aprendizagem do indivíduo está organizada hierarquicamente em blocos de conhecimento, dividida em três fases. A primeira fase consiste no uso dos organizadores prévios como estratégia para manipular a estrutura cognitiva. Isso ocorre quando o aluno não dispõe de subsunçores para ancorar um novo conhecimento. A segunda fase é a diferenciação progressiva, que consiste em eliminar inconsistências identificando subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva que não são satisfatórios. A terceira fase é a reconciliação integradora, um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, onde há uma sintetização apresentada ao estudante, permitindo a integração dos novos conceitos aprendidos. Embora o uso de organizadores prévios seja comum, eles podem aparecer também como gravuras, mapas conceituais, filmes, debates, dramatizações e demonstrações em geral (MOREIRA, 2006).

O cognitivismo é uma parte da psicologia que se preocupa com o processo de aprendizagem, armazenamento e transformação da informação envolvida na cognição. Um fator importante para a aprendizagem significativa crítica é o conteúdo previamente apropriado pelo educando, ou seja, a estrutura cognitiva aporta e organiza a informação, fazendo com que novas informações sejam entendidas e armazenadas na proporção qualitativa da estrutura cognitiva, construindo uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA e MASINI, 1982).

A organização cognitiva do educando é importante para a aprendizagem de conceitos físicos, pois estes são conceitos e proposições que formam um conjunto de novas relações que interagem com uma estrutura de conhecimento específica, denominada por Ausubel (1980) de subsunçor. Segundo Ausubel, o subsunçor é uma estrutura específica na qual a nova informação pode ser agregada aos conhecimentos do indivíduo que estão hierarquicamente organizados como experiências prévias.

Propõe-se superar um paradigma tradicional de ensino através da utilização das Artes como ferramenta no processo de ensino, possibilitando curiosidade, motivação e interesse, colocando desafios na apropriação do conhecimento e redefinindo o papel do professor. Nesta perspectiva contemporânea, é necessário que o professor esteja constantemente atualizado em buscar caminhos que possibilitem o conhecimento crítico dos alunos. O educador precisa estar num constante exercício de pensar a prática para melhorá-la, buscando novos recursos didáticos e aprimorando suas aulas para com os discentes.

A inclusão das Artes como uma estratégia para o Ensino das Ciências tem o intuito de estimular no aluno um gosto pela pesquisa (DEMO, 1988), a fazer conjecturas, organizar informações, reconstruir e aplicar o conhecimento científico na prática. Os filmes, por exemplo, fornecem um dos recursos que se insere facilmente na mente dos alunos, possibilitando uma maior assimilação do tema abordado.

Analogicamente, no Ensino de Ciências, já é possível se trabalhar com recursos computacionais para o aprendizado, tanto de geometria como de fenômenos complexos que envolvem, por exemplo, a dinâmica dos fluidos, desde o escoamento em tubos, até a circulação sanguínea. São novos modelos que possibilitam novos alcances para aprendizagem em qualquer nível de escolaridade. (ANGOTTI, 2001, p. 7)

A Física Moderna não precisa mais ser excluída do plano de ensino do professor de Ensino Médio, mas sim explorada de maneira criativa e contextualizada com a vida do aluno. A escolha de filmes que abordam temas científicos e/ou de fantasia, do gênero ficção científica, pode motivar os alunos para o ensino da Física Moderna, pois esse gênero de cinema é uma fonte de conhecimento e estudo científico. Os filmes de ficção científica sobre o espaço sideral são frequentemente lembrados pelos professores de Física, mas a física está presente em outros tipos de filme, como os de aventura ou de desastres naturais. Ao assistir a esses filmes com um olhar mais atento, o professor pode identificar e mapear cenas que tangenciam

diversos campos da física: termodinâmica, cinemática, mecânica, óptica, eletromagnetismo e cosmologia. Além do conteúdo das cenas, o professor deve estar atento aos efeitos especiais, às texturas fotográficas, aos efeitos de luz e som, entre outros elementos técnicos que compõem o filme e que podem ser discutidos em sala de aula (NAPOLITANO, 2005, p. 40).

Os filmes de ficção científica conjecturam o futuro e a descoberta de adventos científicos ainda não realizados pelo homem. Além disso, o uso de filmes desse gênero como objeto de ensino pode propiciar um ambiente de discussão que aguça o interesse dos alunos, abordando temas como Viagem no Tempo, Buracos Negros e de Minhoca, Teletransporte, Fusão e Fissão Nuclear, Aceleradores de Partículas, Efeitos Quânticos e Universos Paralelos. Segundo Duarte (2002), os filmes constituem uma fonte riquíssima de conhecimento, e as artes não estão apenas na área do entretenimento e da apreciação, mas também podem ser estudadas filosófica, científica e culturalmente, mesmo que tenham opiniões adversas ao interesse investigativo, ou que desagradem o público ou o próprio investigador.

Outro fator que atua na relação do espectador com os filmes é a identificação, definida na teoria psicanalítica como um processo psicológico pelo qual o indivíduo assimila do outro e se transforma, total ou parcialmente, de acordo com o modelo escolhido (LAPLANCHE; PONTALIS, 1967). Na perspectiva pedagógica, a análise de cenas específicas de filmes enriquece o conteúdo e é um objeto facilitador no processo de ensino-aprendizagem, pois ao assistir a um filme, tem-se a impressão de realidade, permitindo imaginar e desenvolver a criatividade, rompendo as fronteiras que separam a verdade da ficção. Quanto a isso, podemos afirmar que "a interpretação dos filmes, ou melhor, o modo como atribuímos significados a narrativas em imagem-som, é produto de um esquema (no sentido piagetiano) muito complexo, cuja estrutura de base é formada pela articulação entre informações e saberes adquiridos em nossa experiência de vida e as informações e saberes adquiridas na experiência com artefatos audiovisuais (nesse caso, com outros filmes)" (DUARTE, 2002, p. 59).

Além disso, o uso do cinema no ensino-aprendizagem da Física Moderna, como criticidade do ensino tradicional, demonstra o quão importante faz a motivação do aluno, que deve partir do próprio como um efeito da afinidade por algo:

O interesse não é outra coisa, com efeito, senão o aspecto dinâmico da assimilação. Como foi mostrado profundamente por Dewey, o interesse verdadeiro surge quando o eu se identifica como uma ideia ou objeto, quando encontra neles um meio de expressão e eles se tornam alimento necessário à sua atividade. Quando a escola ativa exige que o esforço do aluno venha dele mesmo sem ser imposto, e que sua inteligência trabalhe sem receber os conhecimentos já todos preparados de fora, ela pede simplesmente que sejam respeitadas as leis de toda inteligência (PIAGET, 2010, p. 160).

Para o pesquisador e filósofo, Arthur Miller, a singularidade de Einstein e Picasso reside na ênfase na concepção em vez da mera observação (MOURA, 2009). Eles se destacaram ao propor abordagens minimalistas e inovadoras, transcendendo as fronteiras entre ciência e arte. O estudo aprofundado das trajetórias de ambos revela como a concepção e a criatividade foram fatores essenciais em suas conquistas notáveis. Essa análise destaca a importância do papel das artes na pesquisa acadêmica e como a interação entre diferentes disciplinas, nesse caso, entre a física e a arte, pode resultar em avanços significativos. Para esta tese de doutorado e sua fundamentação teórica, essa abordagem interdisciplinar entre ciência e arte pode ser uma fonte rica de inspiração e contribuir para uma compreensão mais profunda e holística do conteúdo de Física Moderna, tornando-o mais acessível e envolvente para os estudantes. Portanto, essa análise ressalta a relevância de explorar as conexões entre ciência e arte e como essa abordagem pode desempenhar um papel vital na educação e pesquisa.

Além dos filmes, podemos identificar a Física Moderna também na música, como Gilberto Gil retratou em sua música “Quanta”, e no trecho: “Quando quase não há, quantidade que se medir, qualidade que se expressar, fragmento infinitésimo” ele aborda a Quântica em versos. A música é também outra possibilidade para despertar no aluno a motivação para o conhecimento e o estudo de conceitos aparentemente complexos, mas que podem se tornar triviais. Infelizmente, para se alcançar uma cultura científica, a mudança deve acontecer não somente no processo didático, mas na estrutura social e econômica da sociedade.

O processo de ensino-aprendizagem, na dimensão epistemológica, só é significativo quando esta aprendizagem está relacionada com a vivência do estudante. Portanto, na perspectiva de Ernst-Cassirer (1994), a Ciência é criação humana, aspecto da humanidade do homem, assim como as Artes.

Outro fundamento bastante importante para se trabalhar com física moderna e arte é a teoria da complexidade e a transdisciplinaridade. A teoria da complexidade, proposta por Edgar Morin, aborda a compreensão dos sistemas complexos como um todo integrado e interconectado, em que a separação entre as diferentes áreas do conhecimento é artificial e limitada. A transdisciplinaridade, por sua vez, propõe a integração e a interação entre diferentes disciplinas e saberes, de forma a superar as limitações e estabelecer novas formas de pensar e de agir. "A transdisciplinaridade pode ser vista como uma nova forma de conhecimento que busca a superação das limitações e dos obstáculos impostos pelas disciplinas tradicionais" (Nicolescu, 2014, p. 12).

Essas duas teorias têm sido cada vez mais utilizadas na educação, principalmente na área de física moderna, em que os conceitos são intrinsecamente complexos e interconectados. A arte, por sua vez, pode ser uma forma de explorar e comunicar esses conceitos de forma mais intuitiva e criativa, abrindo novas possibilidades de compreensão e de interpretação.

A física moderna e a arte têm muito a contribuir uma com a outra, uma vez que ambas lidam com a complexidade e a incerteza do mundo contemporâneo. Ao trabalhar com essas duas áreas em conjunto, é possível estabelecer uma nova perspectiva para o conhecimento, que leva em consideração a complexidade e a interconexão entre as diferentes áreas do saber.

Além disso, a transdisciplinaridade na educação pode levar a uma visão mais integrada e holística do mundo, permitindo uma melhor compreensão dos fenômenos complexos da realidade. A abordagem transdisciplinar pode levar a novas descobertas, inovações e soluções para os desafios atuais da sociedade, tanto na área científica como na área artística.

Por fim, é importante destacar que a integração da física moderna e da arte não se limita apenas à sala de aula. A aplicação desses conceitos pode ser vista em diferentes áreas, como na arquitetura, no design, na música, no cinema e em diversas outras formas de expressão artística. A utilização das Artes na perspectiva da Física Moderna pode ser vista como um caminho para uma compreensão mais completa e profunda do mundo e das diferentes formas de conhecimento.

Os operadores cognitivos, como a complexidade, a incerteza, a ambiguidade e a contradição, são fundamentais para se entender a importância da transdisciplinaridade na educação. A teoria da complexidade de Edgar Morin propõe

que o conhecimento não pode ser estudado de forma isolada, mas sim como um sistema interconectado, em que as diferentes áreas do saber estão relacionadas entre si. Nesse sentido, é importante considerar a interconexão entre a Ciência e a Arte na educação. Ao trabalhar de forma transdisciplinar, podemos utilizar a Arte como uma forma de explorar conceitos científicos de maneira mais criativa e intuitiva, abrindo novas possibilidades de compreensão e interpretação desses conceitos. Por outro lado, a Ciência pode fornecer aos artistas novas ferramentas e perspectivas para a criação de obras que reflitam os avanços científicos e as transformações sociais. "A teoria da complexidade se preocupa com a interconexão, a interdependência e a coevolução dos elementos que compõem um sistema" (Morin, 2008, p. 26).

A transdisciplinaridade na educação pode levar a uma visão mais integrada e holística do mundo, permitindo uma melhor compreensão dos fenômenos complexos da realidade. Além disso, a abordagem transdisciplinar pode levar a novas descobertas, inovações e soluções para os desafios atuais da sociedade, tanto na área científica como na área artística. Portanto, a importância de se trabalhar de forma transdisciplinar na educação está diretamente relacionada com a necessidade de se considerar a complexidade e a interconexão entre as diferentes áreas do saber, buscando uma abordagem mais integrada e holística para a compreensão dos fenômenos da realidade.

A compreensão da realidade contemporânea envolve um olhar atento e integrado sobre diferentes áreas do saber, uma vez que os fenômenos complexos e interconectados não podem ser explicados isoladamente. Nesse sentido, a Física Moderna e a Arte apresentam-se como duas áreas do conhecimento que podem contribuir significativamente para a compreensão e interpretação desse mundo complexo e interligado.

A Física Moderna é uma área da ciência que estuda os fenômenos que ocorrem em escalas muito pequenas, como o comportamento das partículas subatômicas e as leis que regem o universo. Esses estudos têm se tornado cada vez mais complexos e interconectados, exigindo uma abordagem integrada e transdisciplinar para sua compreensão.

Por sua vez, a Arte é uma forma de expressão que permite a exploração da criatividade e da intuição para representar a realidade de maneiras únicas e originais. A Arte tem um papel importante na sociedade, pois permite uma reflexão sobre a realidade, suas contradições e possibilidades.

Ao trabalhar com Física Moderna e Arte em conjunto, é possível estabelecer uma nova perspectiva para o conhecimento, que leva em consideração a complexidade e a interconexão entre as diferentes áreas do saber. A integração dessas duas áreas pode levar a uma visão mais integrada e holística do mundo, permitindo uma melhor compreensão dos fenômenos complexos da realidade. A abordagem transdisciplinar pode levar a novas descobertas, inovações e soluções para os desafios atuais da sociedade, tanto na área científica como na área artística.

O uso das Artes para recurso didático para se ensinar a Física pode ser vista como um caminho para uma compreensão mais completa e profunda do mundo e das diferentes formas de conhecimento. Além disso, a aplicação desses conceitos pode ser vista em diferentes áreas, como na arquitetura, no design, na música, no cinema e em diversas outras formas de expressão artística. "A arte e a ciência são duas maneiras de lidar com o mesmo mundo, a primeira através da intuição e da emoção, a segunda através do intelecto e da observação" (Gleiser, 2017, p. 13).

Por fim, é importante destacar que a integração da Física Moderna e da Arte não se limita apenas à sala de aula. A aplicação desses conceitos pode levar a uma transformação na forma como enxergamos o universo, a sociedade, inserida numa cultura artística e científica.

5.2. A evolução dos paradigmas da Ciência

Desde os primórdios da humanidade, o homem tem a aspiração de entender os fenômenos da natureza. Com o surgimento do pensamento racional, a ciência começou a se desenvolver de forma mais pujante, como aponta Gargantini et al. (2018): "A ciência nasceu da curiosidade e do desejo humano de conhecer o mundo natural, e evoluiu com a história da humanidade, desenvolvendo-se como uma rede complexa de ideias, teorias, métodos e experimentos".

Aristóteles foi um dos primeiros filósofos a questionar as crenças e mitos que acreditavam em respostas sólidas para o universo, indicando que um caminho para se alcançar a verdade era por meio das experiências sensoriais e pelo método lógico indutivo, como afirmam Martins e Silva (2014): "Para Aristóteles, todo conhecimento parte dos sentidos, pois é a partir deles que o homem apreende as sensações e as transforma em ideias e conceitos. Para ele, a indução é a melhor maneira de se chegar

ao conhecimento, já que se baseia na observação e supõe, por meio de dados, chegar a uma conclusão".

Por outro lado, o racionalismo teve como principais precursores do pensamento dedutivo os filósofos Leibniz, Spinoza e o considerado pai do racionalismo, René Descartes, como observado por Ferreira (2016): "O racionalismo é um movimento filosófico que teve como principal defensor René Descartes. Para os racionalistas, a razão é a única fonte segura de conhecimento, e os dados dos sentidos são pouco confiáveis".

Assim, a ciência se desenvolveu a partir de diferentes correntes filosóficas e métodos, o que possibilitou o avanço das descobertas e dos estudos sobre a natureza. A física moderna e a arte, ao trabalharem juntas, também se beneficiam desses métodos e perspectivas, permitindo uma visão mais ampla e integrada do mundo. Seguindo as ideias de Aristóteles, muitos outros pensadores contribuíram para a evolução do conhecimento científico. Como afirma Cunha (2015), no livro "Evolução das Ideias da Física", "o conhecimento científico é resultado de um longo processo de evolução, no qual a investigação e o questionamento constantes das teorias preexistentes foram fundamentais para o desenvolvimento do pensamento científico." Essa busca pela verdade e pelo conhecimento, seja através do empirismo ou do racionalismo, é essencial para a compreensão do mundo que nos cerca e para o avanço da ciência e da tecnologia.

Com essa ideia de evolução que conhecemos da Ciência, é possível inferir que os paradigmas da Ciência são modificados à medida que ela enfrenta crises, normalmente quando não consegue fornecer explicações válidas (respostas) para algum fenômeno. Parafraseando Piaget, é em épocas de crises das Ciências que se permite uma maior reflexão epistemológica, considerando assim que essas crises podem também ser entendidas como crises de paradigmas.

Santos (2008) descreve a revolução científica que ocorreu nas ciências na passagem dos séculos XVIII para o século XVI, onde os cálculos esotéricos de seus cultores foram substituídos pelo rigor científico de uma transformação técnica e social sem precedentes na história da humanidade, elaborada principalmente por grandes pensadores e matemáticos como Copérnico, Galileu e Newton, por exemplo. E hoje, duzentos anos depois, ainda somos produtos dessa nova ordem. O autor também defende que "todo o conhecimento científico é socialmente construído, que o seu rigor

tem limites inultrapassáveis e que a sua objetividade não implica a sua neutralidade" (SANTOS, 2008, p. 9).

O racionalismo, que preside a ciência moderna, constituiu-se a partir da revolução científica do século XVI e foi desenvolvido predominantemente baseado nas Ciências Naturais, estendendo-se o modelo da racionalidade para as Ciências Sociais emergentes a partir do século XIX. Um modelo de paradigma totalitário foi construído a partir de um modelo global, onde o senso comum e as chamadas humanidades foram introduzidos no pensamento racional.

De acordo com Kuhn (2012), os paradigmas são os modelos de interpretação e descrição dos fenômenos adotados pela comunidade científica em um dado momento histórico, que podem ser revistos e substituídos quando surgem novas descobertas ou questionamentos que colocam em crise o paradigma vigente. Dessa forma, a ciência evolui e se transforma continuamente, movida pela necessidade de encontrar respostas cada vez mais precisas e adequadas aos fenômenos estudados.

Sendo um modelo global, a nova racionalidade científica é também um modelo totalitário, na medida em que nega o caráter racional a todas as formas de conhecimento que se não pautarem pelos seus princípios epistemológicos e pelas suas regras metodológicas. É esta a sua característica fundamental e a que melhor simboliza a ruptura do novo paradigma científico com os que o precedem (SANTOS, 1987, p. 21).

Ao contrário da ciência aristotélica, a ciência moderna desconfia sistematicamente das evidências da nossa experiência imediata. O método indutivo defendido por Aristóteles foi substituído pelo método dedutivo. Essas evidências, que estão na base do senso comum ou do conhecimento vulgar, são intangíveis. Corroborando essa ideia, Einstein salienta no prefácio ao Diálogo sobre os *Dois Principais Sistemas do Mundo* que Galileu esforçou-se corajosamente a demonstrar que a hipótese dos movimentos de rotação e translação da Terra não são questionáveis pelo fato de não observarmos quaisquer efeitos mecânicos desses movimentos, pois

Galileu só refuta as deduções de Aristóteles na medida em que as acha insustentáveis e é ainda Einstein quem nos chama a atenção para o fato de os métodos experimentais de Galileu serem tão imperfeitos que só por via de especulações ousadas poderia preencher as lacunas entre os dados empíricos (basta recordar que não havia medições de tempo inferiores ao segundo). Descartes, por seu turno, vai inequivocamente das ideias para as coisas e não das coisas para as ideias e estabelece a prioridade da metafísica enquanto fundamento último da ciência. As ideias que presidem à observação

e à experimentação são as ideias claras e simples a partir das quais se pode ascender a um conhecimento mais profundo e rigoroso da natureza. Essas ideias são as ideias matemáticas. A matemática fornece à ciência moderna, não só o instrumento privilegiado de análise, como também a lógica da investigação, como ainda o modelo de representação da própria estrutura da matéria (SANTOS, 1987, p. 27).

Considerando nosso referencial, onde estamos inertes em relação à Terra, ela nos aparenta estar parada ou quieta, pois a percepção dos movimentos é relativa. Kuhn (2012) afirma que, na ciência, a mudança de paradigma é caracterizada por uma mudança de visão de mundo e que essa mudança é difícil de ser aceita pelos cientistas que estão habituados ao paradigma antigo. O autor salienta que a ciência não progride de forma linear, mas sim em saltos de paradigma, nos quais ocorrem mudanças abruptas e radicais. Dessa forma, é possível inferir que a ciência moderna é constantemente desafiada a questionar seus próprios fundamentos, em busca de um entendimento mais profundo do mundo que nos cerca.

Podemos verificar duas consequências centrais ao estabelecermos a matemática como lugar central na ciência moderna. Em primeiro lugar, segundo o autor, entender ou conhecer algo significa mensurar ou quantificar. Só podemos ter um rigor científico a partir da aferição das medições, ou seja, o que não é quantificável não é cientificamente relevante. Em segundo lugar, o processo de se fazer o método científico corrobora na simplificação ou redução da complexidade do fenômeno. Isso contrapõe o pensamento analítico de René Descartes, que defende que para entendermos algo complexo, é necessário dividir o todo para diminuir a dificuldade de sua análise integral.

A Física Clássica foi constituída a partir do positivismo do pensamento aristotélico, baseando-se na ideia de causalidade, onde o conceito do movimento newtoniano dos corpos se baseia em causa e efeito. No entanto, sabemos que hoje a Física Moderna não especula mais dessa forma, pois o mecanicismo determinístico não é aplicável aos fenômenos quânticos, que são probabilísticos. Isso deu início a uma nova crise do paradigma dominante (KUHN, 2012):

O carácter local das medições e, portanto, do rigor do conhecimento que com base nelas se obtém vai inspirar o surgimento da segunda condição teórica da crise do paradigma dominante, a mecânica quântica. Se Einstein relativizou o rigor das leis de Newton no domínio da astrofísica, a mecânica quântica fê-lo no domínio da microfísica. Heisenberg e Bohr demonstram que não é possível observar ou medir um objeto sem interferir nele, sem o alterar, e a tal ponto que o objeto que sai de um processo de medição não é o mesmo que lá entrou. Como ilustra Wigner, "a medição da curvatura do espaço

causada por uma partícula não pode ser levada a cabo sem criar novos campos que são bilhões de vezes maiores que o campo sob investigação". A ideia de que não conhecemos do real senão o que nele introduzimos, ou seja, que não conhecemos do real senão a nossa intervenção nele, está bem expressa no princípio da incerteza de Heisenberg: não se podem reduzir simultaneamente os erros da medição da velocidade e da posição das partículas; o que for feito para reduzir o erro de uma das medições aumenta o erro da outra. Este princípio, e, portanto, a demonstração da interferência estrutural do sujeito no objeto observado, tem implicações de vulto. Por um lado, sendo estruturalmente limitado o rigor do nosso conhecimento, só podemos aspirar a resultados aproximados e por isso as leis da física são tão-só probabilísticas (SANTOS, 1987, p. 44).

A evolução da ciência, desde a ciência aristotélica até a física moderna, trouxe consigo mudanças significativas nas formas de pensar e fazer ciência. Uma dessas mudanças foi a adoção da matemática como lugar central na ciência moderna, o que resultou em uma ênfase na mensuração e quantificação dos fenômenos para garantir um rigor científico. Isso significa que o que não pode ser quantificado não é considerado cientificamente relevante.

Além disso, o método científico se baseia em uma simplificação ou redução da complexidade do fenômeno estudado, o que contrapõe o pensamento analítico de Descartes que defendia a necessidade de divisão do todo para facilitar a análise integral.

No entanto, essas mudanças não significaram o fim da crise dos paradigmas dominantes. A Física Clássica, por exemplo, se baseou na ideia de causalidade, mas a Física Moderna não mais especula dessa forma, uma vez que o mecanicismo determinístico não se aplica aos fenômenos quânticos, que são probabilísticos. Essa nova crise do paradigma dominante, por sua vez, influenciou nas ideias de transdisciplinaridade de Edgar Morin, que resgatou conceitos aristotélicos, como potencialidade e virtualidade, que haviam sido descartados pela revolução científica do século XVI.

Nesse sentido, a Teoria de Prigogine também é relevante, pois influenciou a forma como Morin concebe a transdisciplinaridade, ao considerar a importância da complexidade e da incerteza no estudo dos fenômenos naturais e sociais. Assim, é possível afirmar que a evolução da ciência não é um processo linear e unidimensional, mas sim um processo complexo e dinâmico, que envolve mudanças nas formas de pensar e fazer ciência e que influencia em outras áreas do conhecimento, como a filosofia e a transdisciplinaridade.

Mas a importância maior desta teoria está em que ela não é um fenômeno isolado. Faz parte de um movimento convergente, pujante sobretudo a partir da última década, que atravessa as várias ciências da natureza e até as ciências sociais, um movimento de vocação transdisciplinar que Jantsch designa por paradigma da auto-organização e que tem aflorações, entre outras, na teoria de Prigogine, na sinérgica de Haken, no conceito de hiperciclo e na teoria da origem da vida de Eigen, no conceito de autopoiesis de Maturana e Varela, na teoria das catástrofes de Thom, na teoria da evolução de Jantsch³³, na teoria da "ordem implicada" de David Bohm ou na teoria da matriz-S de Geoffrey Chew e na filosofia do "bootstrap" que lhe subjaz (SANTOS, 1987, p. 48-49).

Segundo o autor, a evolução da ciência gerou quatro crises do paradigma científico. A primeira delas trata-se da relatividade da simultaneidade, que foi determinada por Einstein com a invariância da velocidade da luz. A segunda crise surgiu com a teoria da relatividade, na qual Einstein relativizou as leis de Newton no domínio da Astrofísica. A terceira crise foi apresentada por Gödel com seu teorema da incompletude. Por fim, a quarta crise do paradigma newtoniano é constituída pelos avanços do conhecimento nos domínios da microfísica, da química e da biologia nos últimos vinte anos. Com a evolução da ciência e as consequentes crises paradigmas, novas ideias e teorias surgem a fim de explicar os fenômenos observados e estabelecer novas bases para o conhecimento científico. Além disso, a abertura para a transdisciplinaridade e a recuperação de conceitos históricos têm se mostrado importantes para a compreensão da complexidade dos fenômenos científicos.

5.3. A transdisciplinaridade entre as Culturas Ciência e Arte

As vivências são o foco deste trabalho de tese de doutorado, que ressalta a importância de permitir que os discentes tenham experiências com as expressões artísticas e científicas, ambas consideradas culturas. No pensamento mais atual sobre o Ensino, valorizamos essas experiências em detrimento de uma mera exposição de conhecimento. É claro que a informação é importante, mas não é suficiente; a forma como ela é transmitida é igualmente relevante. Infelizmente, a educação bancária, elitista e hierarquizada é mais valorizada pelo mundo capitalista, o que não busca motivar e tornar o ensino mais prazeroso, resultando em aprendizagem mecânica e direcionada para exames em vez de preparar o estudante para o mundo. Por isso, as artes podem valorizar essas vivências, com o objetivo de estimular o aprendizado através delas. A falta de tempo é um dos obstáculos para a realização dessa experiência.

Larrosa (2002, p. 23) observa que os acontecimentos nos são dados na forma de choque, estímulo, sensação pura, na forma da vivência instantânea, pontual e fragmentada, e que a velocidade com que nos são dados os acontecimentos e a obsessão pela novidade impedem a conexão significativa entre eles. Além disso, impedem a memória, já que cada acontecimento é imediatamente substituído por outro que igualmente nos excita por um momento, sem deixar qualquer vestígio.

Utilizamos na Sequência Didática, de cenas cinematográficas, peças teatrais, letras de música e outras expressões artísticas, a fim de permitir que as relações de ensino-aprendizagem em Ciências sejam construídas com um olhar crítico na perspectiva do pensamento complexo de Morin. O mediador crítico, destacado por Napolitano (2005), é um elo entre a obra fílmica e os alunos. A Arte é uma forma de expressar sensações e vontades do homem, e a Ciência não é tão diferente, podendo ser uma forma de realizar essas aspirações de fruto sensitivo. A Arte pode ser vista apenas como entretenimento, mas também é uma forma de transmitir conhecimento, mesmo que de forma indireta e sem a necessidade de questionar o receptor das informações que são transmitidas através das artes. No entanto, se nosso objetivo é romper com essa premissa, podemos utilizar as Artes para discussões, debates filosóficos, registro histórico e, principalmente, como fonte para análise intelectual.

Testemunhamos nos últimos cinquenta anos um crescimento de iniciativas que procuram estabelecer uma ponte entre essas duas culturas (A Arte e a Ciência). Podemos mencionar uma série de iniciativas muito ricas em nosso país focalizando a ligação da Física com a literatura, com a música, com o teatro, com o cinema, com as artes plásticas, enfim, já temos um bom acúmulo de experiências nessa área. (ZANETIC, 2006, p. 44)

A modernidade e a globalização exigem do indivíduo a adaptação às novas tecnologias, tornando obsoletos costumes antigos, inclusive no âmbito da educação, especialmente no ensino tradicional. A aula expositiva não pode mais ser a única forma de ensinar, especialmente em relação a temas complexos como os da Física Moderna. O processo de aprendizagem deve acompanhar a modernidade e buscar um aprendizado significativo, em vez de mecânico, que não faça sentido para o aluno e não se adeque ao contexto atual. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é de extrema importância para o ensino de Física Moderna, tanto para professores quanto para alunos, pois é necessário ter uma formação adequada para desenvolver habilidades e competências, utilizando novos recursos didáticos, proporcionando

letramento científico em relação às novas demandas dos avanços científicos e tecnológicos.

Não se pode apenas decorar fórmulas e resolver problemas, pois o aluno tende a esquecê-los logo em seguida. No mundo moderno, a aprendizagem mecânica não é mais suficiente, uma vez que o cenário social mundial exige que o ser humano tenha criticidade, possa transformar o meio em que vive e tenha a capacidade de se desenvolver sustentavelmente.

Edgar Morin baseia-se no pensamento de Pascal, da Idade Clássica Ocidental, que afirmava que, por mais que se compreendam as partes de um sistema, não é possível compreender a propriedade do todo que o caracteriza. Podemos dizer que Pascal é o expoente da complexidade, ao explicar que “Não posso conhecer o todo se não conhecer particularmente as partes, e não posso conhecer as partes se não conhecer o todo”. Essa citação é uma síntese de um trecho do livro "Pensées" (Pensamentos), escrito por Blaise Pascal no século XVII.

O paradigma da complexidade pode ser baseado em três princípios, segundo Morin. São eles: o dialógico, que é necessário para entender que ordem, desordem e organização são elementos essenciais para o entendimento da complexidade. “A dialógica permite assumir racionalmente a inseparabilidade de noções contraditórias para conceber um mesmo fenômeno complexo” (MORIN, 2010, p. 96). O segundo princípio é a recursão organizacional, que denomina um processo recursivo como aquele em que os produtos e efeitos são ao mesmo tempo causas e produtores do que se produz (MORIN, 2011, p. 74). O terceiro e último princípio é o hologramático, que fundamenta a ideia inspirada por Morin a partir da frase clássica de Pascal, “não apenas a parte está no todo, mas o todo está na parte” (MORIN, 2011, p. 74).

A partir da leitura do "Manifesto da Transdisciplinaridade" escrito por Nicolescu em 1999, podemos ter uma ideia mais aprofundada a respeito da transdisciplinaridade, que remete também às ideias de Edgar Morin sobre os três pilares da transdisciplinaridade, apoiando-se na complexidade, na lógica do terceiro incluído e nos níveis de realidade. Segundo Nicolescu (2000), as quatro flechas (disciplinaridade, pluridisciplinaridade, transdisciplinaridade e interdisciplinaridade) estão ligadas a um único arco que é o conhecimento. A pluridisciplinaridade envolve algo a mais do que apenas uma disciplina, mas limita-se a ela e está a serviço dela. Já a interdisciplinaridade presume a transmissão de métodos de uma disciplina para

outra, ultrapassando a integração simples das disciplinas, como na pluridisciplinaridade, porém seu propósito associa-se ao estudo disciplinar.

Assim, a transversalidade do conhecimento na atuação interdisciplinar ocorre por meio de um processo constitutivo de diferentes disciplinas, através da ação didático-pedagógica mediada por uma pedagogia em torno de um eixo temático, onde Paulo Freire contribui com os temas geradores. Esses eixos temáticos facilitam a organização coletiva e cooperativa do trabalho pedagógico, mas ainda são recursos que vêm sendo utilizados de modo incompleto e até equivocado. A interdisciplinaridade é compreendida como abordagem teórico-metodológica em que a ênfase recai sobre o trabalho de integração das diferentes áreas do conhecimento, um real trabalho de cooperação e troca, aberto ao diálogo e ao planejamento (Nogueira, 2001).

Podemos complementar a ideia de interdisciplinaridade considerando que esta é uma "intensa reciprocidade nas trocas e integração entre as disciplinas, visando um enriquecimento mútuo e a colaboração" (Fazenda, 2002, p. 41). Finalmente, a transdisciplinaridade abrange o conhecimento intrínseco da disciplina, mas quebra a barreira da fragmentação disciplinar, atravessando além dessas barreiras. O conhecimento, na transdisciplinaridade, dispõe-se na disciplina, nas demais disciplinas e além delas, tanto no espaço quanto no tempo. Podemos fazer uma alusão ao princípio de incerteza de Heisenberg, que rompeu com o determinismo da Física Clássica, substituindo-o pela verificação de descontinuidade, causalidade global e indeterminismo, a partir dos avanços da Física Quântica. Morin contribui com o pensamento complexo, afirmando que "a partir do início do século XX ocorre algo realmente revolucionário no campo da ordem e da certeza: é o surgimento da desordem e da incerteza" (Morin, 2001, p. 23).

Finalmente, a transdisciplinaridade abrange o conhecimento intrínseco de cada disciplina, porém ultrapassa as barreiras da fragmentação disciplinar, indo além delas. O conhecimento na transdisciplinaridade não se limita apenas à sua disciplina específica, mas se estende a outras disciplinas e além delas, tanto no espaço quanto no tempo. Podemos comparar esse princípio ao Princípio da Incerteza de Heisenberg, que quebrou o determinismo da Física Clássica, substituindo-o pela noção de descontinuidade, causalidade global e indeterminismo, surgida com os avanços da Física Quântica. Morin contribuiu para o pensamento complexo, afirmando que "a

partir do início do século XX ocorre algo realmente revolucionário no campo da ordem e da certeza: é o surgimento da desordem e da incerteza" (MORIN, 2001, p. 23).

Além disso, Morin, inspirado pelas ideias de Pascal, busca a unidade do conhecimento na relação entre as partes e o todo, e observa o pensamento reducionista, que defendia a posição epistemológica de que era possível explicar todos os objetos, fenômenos e sistemas a partir da redução deles às suas partes mais simples e elementares e da compreensão dessas partes. A transdisciplinaridade assume uma atitude de abertura para as culturas do presente e do passado, a assimilação da cultura e da arte. O desenvolvimento da habilidade de articular diversas referências de dimensões da pessoa humana, seus direitos e o mundo é um fundamento básico da transdisciplinaridade. De acordo com Nicolescu (1999), para os adeptos da transdisciplinaridade, o pensamento clássico é seu campo de aplicação, tornando-se complementar tanto à pesquisa pluridisciplinar quanto interdisciplinar.

Ainda temos um termo bastante comum na literatura, que não foi mencionado pelo Nicolescu neste manifesto, que é o da Multidisciplinaridade. Podemos defini-la como a organização mais recorrente do conhecimento na prática pedagógica, onde as matérias e as disciplinas são apresentadas de forma independente, sem evidenciar as conexões entre elas. Na pesquisa e na solução de problemas, ela ocorre quando várias disciplinas são convocadas, mas sem modificar ou enriquecê-las.

Com o pensamento complexo de Morin e a perspectiva da Teoria da Aprendizagem de Ausubel, podemos pensar em uma aprendizagem mais ampla e contextualizada do indivíduo. Melhorar a educação científica não implica apenas melhorar a aprendizagem das Ciências, mas também seu impacto em outros campos do conhecimento. Portanto, o pensamento contextualizado, multifacetado e complexo proporcionará o embasamento para o estudo mais difuso das conexões entre as Artes e a Física, ou seja, do processo de ensino que interliga várias áreas do conhecimento. De acordo com Morin, "é importante ressaltar, porém, que os princípios transdisciplinares fundamentais da ciência, como a matematização e a formalização são precisamente os que permitiram desenvolver o enclausuramento disciplinar" (ALMEIDA; CARVALHO, 2002, p. 37). Neste mesmo viés, podemos entender que: "o currículo escolar é mínimo e fragmentado, pecando tanto quantitativa como qualitativamente. O currículo não oferece, através de suas disciplinas, a visão do todo, do curso e do conhecimento uno, nem favorece a comunicação e o diálogo entre os saberes. Dito de outra forma, as disciplinas com seus programas e conteúdo não se

integram ou complementam, dificultando a perspectiva de conjunto e de globalização, o que prejudica a aprendizagem” (DE ALMEIDA; PENA-VEGA; PETRAGLIA, 2001, p. 69).

Assim, é necessário buscar meios para conectar saberes, fazendo com que as áreas do conhecimento possam se comunicar. Podemos concluir que o todo necessita do entendimento das partes. Nesse sentido, reforça-se a importância do pensamento complexo, que busca compreender a realidade de forma ampla e integrada. A transdisciplinaridade é uma abordagem que pode ajudar a superar a fragmentação do conhecimento, possibilitando a integração de diferentes áreas do saber e o diálogo entre elas. Conforme Morin (2000, p. 27), "a transdisciplinaridade tem como objetivo compreender a unidade do real que engloba as disciplinas".

Portanto, a transdisciplinaridade pode ser uma forma de integrar diferentes áreas do conhecimento, buscando uma visão mais ampla e complexa da realidade. Dessa forma, o currículo escolar pode ser repensado, de modo a favorecer a interconexão dos saberes e o diálogo entre as diferentes disciplinas. Assim, será possível formar estudantes mais críticos, criativos e capazes de compreender a complexidade da realidade em que vivemos.:

Ora, o problema da complexidade não é o de estar completo, mas sim do incompleto do conhecimento. Num sentido, o pensamento complexo tenta ter em linha de conta aquilo de que se desembaraçam, excluindo, os tipos mutiladores de pensamento a que chamo simplificadores e, portanto, ela luta não contra o incompleto, mas sim contra a mutilação. Assim, por exemplo, se tentarmos pensar o fato de que somos seres simultaneamente físicos, biológicos, sociais, culturais, psíquicos e espirituais, é evidente que a complexidade reside no fato de se tentar conceber a articulação, a identidade e a diferença entre todos estes aspectos, enquanto o pensamento simplificador ou separa estes diferentes aspectos ou os unifica através de uma redução mutiladora. Portanto, nesse sentido, é evidente que a ambição da complexidade é relatar articulações que são destruídas pelos cortes entre disciplinas, entre categorias cognitivas e entre tipos de conhecimento. De fato, a aspiração à complexidade tende para o conhecimento multidimensional. Não se trata de dar todas as informações sobre um fenómeno estudado, mas de respeitar as suas diversas dimensões; assim, como acabo de dizer, não devemos esquecer que o homem é um ser biosociocultural e que os fenómenos sociais são, simultaneamente, económicos, culturais, psicológicos, etc. Dito isto, o pensamento complexo, não deixando de aspirar à multidimensionalidade, comporta no seu cerne um princípio de incompleto e de incerteza (MORIN, 2008, p. 176-177).

Com base na compreensão de que o esclarecimento sob a perspectiva da complexidade requer a integração de saberes diversos de várias áreas, torna-se fundamental a articulação transdisciplinar do ensino de Física e Ciências, a fim de

obter uma visão mais abrangente e completa do conhecimento. Ser transdisciplinar é ser um pesquisador. De acordo com Rocha Filho, Basso e Borges (2007), desenvolver em si mesmo atitudes transdisciplinares implica em gradualmente substituir explicações simplistas por situações complexas e deixar de alimentar preconceitos. Cultivar essas atitudes indica a recusa em receber informações como se fossem conhecimentos prontos, mas sim questionar e buscar ativamente suas próprias compreensões com argumentos, elaborando o próprio saber.

O professor pode ser o mediador dessa capacidade de despertar o interesse do aluno, questionando questões e discussões de forma menos pragmática e simples. É tão necessário expandir os horizontes com o uso de recursos didáticos, tanto das artes, como a música, cinema, literatura, dança, teatro etc., quanto permear as novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. A arte é a busca pelo conhecimento, e cada um tem uma forma distinta de se expressar e enxergar o universo. Assim, o saber é construído com a visão mais apurada de diversas áreas do conhecimento se comunicando em uma única.

Hernández (1998) argumenta em favor das várias possibilidades para se chegar ao pensamento complexo em relação ao conhecimento, já que quando se dá liberdade para que o aluno busque suas ações, surgem muitos meios de se organizar e estudar os conteúdos. Isso leva a considerar que a pesquisa é o melhor caminho para ensinar, observando os diferentes contextos sociais de procedência dos estudantes e as vias ou estratégias que possam ser utilizadas para interrogá-los, estabelecer relações e propor novas perguntas (HERNÁNDEZ, 1998, p. 56). A atitude transdisciplinar não ocorre sem ações investigativas.

Nicolescu (1999) destaca a importância da presença de níveis de realidade que a criatividade gera, sendo instâncias do ser que são colocados em grupo e coletivamente colaborativas. A atitude transdisciplinar nos propõe a questionar novas interações entre os sujeitos, permitindo novas formas de convivência. Nicolescu (1999) enfoca a importância dessa atitude para a educação.:

Há aí um aspecto capital da evolução transdisciplinar da educação: reconhecer-se a si mesmo na face do outro. Trata-se de um aprendizado permanente que deve começar na mais tenra infância e continuar ao longo da vida. (NICOLESCU, 1999, p. 145).

As estratégias que promovem ações colaborativas e coletivas apresentam significados profundos, já que permitem aos alunos aprender em contextos reais,

negociados e discutidos com respeito a todos (NICOLESCU, 1999). Valorizar a presença do outro não como objeto, mas como indivíduo com quem estabelecemos vínculos e significados negociados tem implicações importantes para aqueles que se dedicam à educação.

Ao abordarmos a Ciência e a Arte como culturas, é necessário definir primeiramente o que é cultura científica, uma vez que minha pesquisa está focada na perspectiva de visualizar a Física como cultura, conforme a tese de Zanetic (1989). O uso da Física como instrumento de construção do conhecimento por uma sociedade reforça essa ideia. Portanto, a cultura científica está intimamente ligada ao ser humano e é constituída como cultura, pois:

A cultura científica poderia ser definida também como uma forma de cultura, ou um modo de vida, tal como definiam cultura os antropólogos, tal que a relação entre natureza e cultura se vê continuamente alterada pela dinâmica do conhecimento científico, pelas tecnologias e pela inovação, produzindo um novo conceito misto de cultura e natureza na dimensão do conhecimento de ciência e de cultura. Ou, se se preferir, a novidade continuamente renovada de uma natureza cultural e, inversamente, de uma cultura natural. (VOGT; GOMES; MUNIZ, 2018, p. 17)

O interesse pelas Artes é algo inerente ao ser humano desde os primórdios das civilizações, como podemos constatar nas pinturas rupestres, e a manifestação artística é um fundamento de sua existência. A aproximação entre Física e Arte se torna evidente ao analisarmos a perspectiva defendida por Zanetic (1989), em sua tese de doutorado intitulada “Física também é cultura”. A utilização das Artes na sala de aula pode favorecer a disseminação da cultura científica por meio do uso de recursos como o cinema, a literatura, a música, o teatro, o cordel, os quadrinhos, a escultura e a pintura. Além disso, esses recursos podem contribuir como ferramentas didáticas no processo de aprendizagem, especialmente no Ensino Médio, em que muitos alunos não têm acesso a um laboratório de Ciências.

Para compreendermos melhor a ideia de cultura, é importante recorrermos a Edgar Morin, para quem a cultura traz em si múltiplas facetas e personalidades, além de galáxias de sonhos, fantasmas, desejos, amores, desgraças e ódios. Essa multiplicidade se manifesta tanto no real quanto no imaginário, em sonhos e vigília, obediência e transgressão, e em balbucios embrionários e profundezas insondáveis (MORIN, 2011, p. 57 e 58).

A partir de toda a civilização, temos a criação de diversas culturas, sejam elas eruditas ou populares. No entanto, há um equívoco em acreditar que a cultura

científica é construída apenas pelos cientistas, já que toda a sociedade contribui para a sua construção no momento em que questiona um acontecimento ou ação que possa ser explicado pela Física ou por outras áreas da Ciência. O espaço escolar é onde essa cultura pode ser deturpada, já que muitas vezes temos a ideia equivocada de que a Física é constituída apenas de fórmulas que nos ajudam a resolver problemas bem definidos, e que pouco explora a contextualização.:

De acordo com Zanetic (2005, p. 21), o ensino de Física tradicional se limita à memorização de fórmulas para a resolução de exercícios típicos de vestibulares. Para mudar essa realidade, é necessário que o ensino de Física vá além de um número mínimo de aulas e inclua conceituação teórica, experimentação, história da física, filosofia da ciência e sua conexão com a sociedade e outras áreas da cultura. Isso permitiria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa e engajada na luta por transformação social.

Compreendemos que uma única aula de física não pode ser reproduzida da mesma forma em diferentes contextos sociais ou épocas, portanto, não é ideal que os professores acreditem que estão totalmente prontos para o exercício da docência após a formação inicial, especialmente porque essa formação não é suficiente. Portanto, na formação de professores, é necessário incluir um currículo mais multicultural, para que os futuros docentes estejam melhor preparados para as situações que encontrarão em sala de aula. É essencial termos uma abordagem transdisciplinar em relação às aulas de física e sua conexão com outras ciências e culturas, em vez de apenas interdisciplinar, pois a física exige uma abordagem complexa e multidimensional que se contrapõe à hiperespecialização e à falta de conexão entre as ciências, embora a simplificação tenha sido importante para o desenvolvimento da ciência.:

Portanto, é preciso ir além, e aqui aparece o termo "transdisciplinaridade". Façamos uma primeira observação. O desenvolvimento da ciência ocidental desde o século 17 não foi apenas disciplinar, mas também um desenvolvimento transdisciplinar. Há que dizer não só as ciências, mas também "a" ciência, porque há uma unidade de método, um certo número de postulados implícitos em todas as disciplinas, como o postulado da objetividade, a eliminação da questão do sujeito, a utilização das matemáticas como uma linguagem e um modo de explicação comum, a procura da formalização etc. A ciência nunca teria sido ciência se não tivesse sido transdisciplinar. Além disso, a história da ciência é percorrida por grandes unificações transdisciplinares marcadas com os nomes de Newton, Maxwell, Einstein, o resplendor de filosofias subjacentes (empirismo, positivismo, pragmatismo) ou de imperialismos teóricos (marxismo, freudismo). (MORIN, 2008, p. 135, grifo do autor)

Portanto, o multiculturalismo é importante na didática do professor de Física, pois ele está inserido em uma sociedade multicultural que exige do professor uma formação adequada para a inclusão das artes, como a música, o teatro, a literatura e o cinema no ambiente formal das aulas de Física, bem como em ambientes não formais, a fim de permitir que a aprendizagem seja significativa e não apenas mecânica. De acordo com Ausubel (2003), o conhecimento é significativo por definição, resultando de um processo psicológico que envolve a interação entre ideias culturalmente significativas já "ancoradas" na estrutura cognitiva particular de cada aprendiz e seu próprio mecanismo mental para aprender de forma significativa.

A interdisciplinaridade é caracterizada pela colaboração entre diversas disciplinas e pela intensa reciprocidade nas trocas, visando ao enriquecimento mútuo (COIMBRA, 2005). Na ação interdisciplinar, o sujeito adquire novos conhecimentos por meio de parcerias, sejam elas colegas de profissão ou na literatura.

Diante desse contexto, Amaral (1987) destaca que "os multimeios são amplamente difundidos e têm um destaque especial na sua aplicação no ensino e aprendizagem, sendo enfatizada a sua importância pela tecnologia educacional" (p. 52-53). Entre eles, destacamos o recurso audiovisual que pode ser utilizado em sala de aula com função educacional, informativa, cultural e recreativa.

A utilização de filmes como recurso didático, por exemplo, pode enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, pelo simples fato deste ser um meio motivador e facilitador de aprendizagem, como também proporciona uma maior interdisciplinaridade em sala de aula, pois os filmes abordam diversos temas que podem ser explorados por diversas áreas do conhecimento.

Além disso, buscar novos meios e recursos didáticos de ensino contribui para a renovação do ensino e a superação do método tradicional. As linguagens cinematográficas podem trazer uma leitura mais ampla do mundo, tanto dentro como fora da sala de aula, como apresentado por Paulo Freire: "A leitura do mundo precede a leitura da palavra, daí que a posterior leitura desta não possa prescindir a continuidade da leitura daquela. Linguagem e realidade se prendem dinamicamente. A compreensão do texto a ser alcançado por sua leitura crítica implica a percepção das relações entre o texto e o contexto" (FREIRE, 2001, p. 11).

Realizar uma atividade interdisciplinar é um desafio árduo, portanto, a utilização de recursos didáticos não tradicionais pode ser uma ferramenta de extrema

potencialidade que propicie essa interdisciplinaridade. Os filmes requerem compreensão, análise e reflexões que geram debates, discussões e críticas em grupo. Podemos, portanto, buscar a construção do conhecimento por meio dos filmes e aprender a ver o cinema, realizando esse rito de passagem do espectador passivo para o espectador crítico (TARDIF, 2002).

Já que a Interdisciplinaridade é uma forma de compreender e modificar o mundo, pelo fato de a realidade do mundo ser múltipla e não uma, a possibilidade mais imediata que nos afigura para sua efetivação no ensino seria a eliminação das barreiras entre as disciplinas. Anterior a esta necessidade básica, é óbvia a necessidade da eliminação das barreiras entre as pessoas (FAZENDA, 2011a, p. 88).

As possibilidades de se discutir os temas envolvidos no filme são diversos, e podemos ter, durante a atividade, várias outras questões que falam com outras áreas do conhecimento, podendo deixar aberto para a aplicação do projeto, mas é importante a participação de todos, tantos dos professores quanto dos estudantes.

Passeios culturais mostrando que mesmo em um local considerado específico para a área biológica tem muito a nos ensinar em outras áreas; “através de planejamento de assuntos conjugados”; trazendo filmes e músicas que abordam o tema da aula”; “elaborar saídas com os alunos cujas atividades envolvam diferentes disciplinas”; “trazer textos das mais variadas áreas do conhecimento e trabalhar em sala de aula”; “executar projetos pedagógicos”; “participar de eventos fora da sala de aula que promovam a interdisciplinaridade” (MARTINS, TAVARES, 2015, p. 25).

Diante do exposto, concluímos que a utilização de recursos audiovisuais, como o cinema, na educação é de extrema importância para o desenvolvimento de atividades interdisciplinares e para a formação de alunos mais críticos e reflexivos. A inserção de novas abordagens didáticas permite ao aluno um maior interesse pelo conteúdo, além de uma maior aproximação da realidade. O professor deve estar preparado para trabalhar com esses recursos, buscando sempre novas possibilidades de aplicação e procurando adaptar-se às diferentes realidades das escolas e dos alunos. Assim, a interdisciplinaridade pode ser vista como uma ferramenta de extrema potencialidade que propicie a construção do conhecimento de forma mais significativa e contextualizada. Dessa forma, o cinema, juntamente com outras estratégias, pode ser um importante aliado para a renovação do ensino e para a formação de alunos mais críticos e reflexivos.

5.4. Multiculturalismo e Transdisciplinaridade

A Física é uma área do conhecimento que pode e deve ser vista como cultura, e sua aplicabilidade como instrumento de construção do conhecimento pela sociedade reforça essa ideia. A cultura científica está intimamente ligada ao ser humano e é construída por meio da dinâmica do conhecimento científico, das tecnologias e da inovação, gerando um novo conceito misto de cultura e natureza na dimensão do conhecimento de ciência e de cultura (VOGT; GOMES; MUNIZ, 2018, p. 17).

Seguindo o pressuposto levantado por ZANETIC (1989), de que a Física também é uma cultura, questiona-se como a ciência está inserida nos nossos costumes e práticas sociais. Desde os tempos em que o Brasil era habitado por povos tradicionais, temos um ensaio da construção de uma cultura científica, mesmo que de forma não formal, por meio da busca pelo conhecimento, em especial a necessidade de explicar os fenômenos da natureza. A curiosidade está na essência humana, e os índios buscavam essas explicações criando mitos e histórias sobre a chuva, o raio, o arco-íris e qualquer outro fenômeno físico da natureza.

De acordo com Morin, a cultura é constituída pelo conjunto de saberes, fazeres, regras, normas, proibições, estratégias, crenças, ideias, valores e mitos, que são transmitidos de geração em geração, reproduzidos em cada indivíduo, controlam a existência da sociedade e mantêm a complexidade psicológica e social. Não há sociedade humana, arcaica ou moderna, desprovida de cultura, mas cada cultura é singular. Assim, sempre existe a cultura nas culturas, mas a cultura existe apenas por meio das culturas (MORIN, 2000, p. 56).

Nesse sentido, é importante destacar que a cultura científica é um elemento fundamental na construção da sociedade e sua relação com a ciência. A cultura científica não é algo que deva ser separado da cultura geral, mas sim um elemento integrante dessa cultura, que, por sua vez, é fundamental para o desenvolvimento social. A compreensão da ciência como uma cultura pode contribuir para o desenvolvimento de uma sociedade mais crítica e consciente, capaz de compreender melhor o mundo em que vivemos e tomar decisões mais informadas e responsáveis.

Ter uma cultura científica é tão essencial quanto contribuir para a divulgação científica. Carl Sagan, por exemplo, popularizou conceitos complexos para leigos por meio do programa Cosmos (SAGAN, 1980) e canais no YouTube como o “Nerdologia”

(IAMARINO; FIGUEIREDO, 2011-presente), que utiliza ludicidade e criatividade para divulgar ciência atualmente. O uso do audiovisual é crucial para criar essa exposição cultural e científica. Na perspectiva da educação, a utilização de meios de divulgação científica pode auxiliar no processo de aprendizagem em oposição ao ensino tradicional, que se concentra apenas na resolução de exercícios e na memorização do conteúdo.

Nesse sentido, a inserção de recursos artísticos nas aulas de Física pode contribuir para uma aprendizagem significativa e crítica, permitindo que o aluno faça parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, esteja fora dela (MOREIRA, 2000). Superar o ensino de Física por meio de uma cultura científica com o objetivo de alcançar um ensino crítico é pensar de forma transdisciplinar, pois comunica com o aluno a partir de uma perspectiva entre os saberes das artes, da religião, das ciências e da tradição.

O principal objetivo desta pesquisa é falar sobre a transdisciplinaridade como algo que ultrapassa a interdisciplinaridade, conectando as possibilidades entre duas ou mais disciplinas aparentemente dicotômicas. Ter um pensamento transdisciplinar, e não apenas interdisciplinar, é pensar na união entre duas áreas antagônicas, como as Ciências Humanas e as Ciências Naturais, que recorrem ao princípio dialógico e na associação complexa, complementar, concorrente e antagônica (MORIN, 2000).

Os conceitos de Transdisciplinaridade e Interdisciplinaridade podem ser confundidos, mas são essencialmente distintos. A interdisciplinaridade determina que haja a integração de conhecimentos ou áreas diferentes, com o objetivo de obter resultados satisfatórios para a construção de questões ou soluções de problemas, buscando equilibrar a análise fragmentada e a síntese simplificadora (JANTSCH; BIANCHETTI, 2002).

A Ciência da Complexidade é abrangente e envolve também sistemas dinâmicos. Ela extrapola o que é tratado como sistemas complexos, que estudam agentes como partículas e seus estados na Mecânica Quântica, por exemplo, até um sistema que envolve pessoas que interagem na disseminação de uma epidemia da Física Estatística. É possível relacionar esse estudo ao Ensino, substituindo as partículas quânticas pelos agentes do Sistema Educacional e as interações são links que ligam os agentes, como aulas, palestras, dinâmicas didáticas etc. Isso se faz presente na Ciência da Complexidade, como explicado por Nelson Studart.:

A educação também tem sido estudada como um sistema complexo. Por exemplo, o sistema educacional pode ser descrito como um sistema

complexo, em que os agentes (alunos, professores, dirigentes) são indivíduos que interagem por meio de interações sociais específicas (links) como comunicação (aulas, palestras), interação por pares, interação socioemocional etc. Os estados 'σi', referentes às pessoas i, poderiam incluir o nível social, saúde, gênero, raça, religião etc. É claro que as interações (M) dos alunos entre si e com os outros agentes vão determinar ou, pelo menos, influenciar sua aprendizagem [...]. A visão da educação como um sistema complexo pode trazer inúmeros benefícios para a pesquisa em educação e para políticas educacionais (STUDART, 2021, p. 10).

As aulas de Física Contemporânea e seu envolvimento com outras Ciências e culturas exigem uma compreensão de complexidade e multidimensionalidade, com o objetivo de contrapor à hiperespecialização, até porque a divisão das disciplinas acarretou a fragmentação do conhecimento e conseqüentemente no seu empobrecimento transdisciplinar, mesmo que essa simplificação possa ser crucial para a evolução da produção científica.

Transcender a Educação é buscar um aprendizado mais racional, no qual o indivíduo se torne um sujeito ativo, reflexivo e importante na construção do conhecimento, para ter mais autonomia e protagonismo. Pensar na transdisciplinaridade no ensino de Física Moderna a partir da utilização das Artes como recurso didática no intuito de aproximar aos conteúdos de Física Moderna, só é possível ancorando em bases fundamentais, que são a Ciência, a Arte, a Filosofia e a Espiritualidade, e principalmente tendo o intuito de promover um desenvolvimento tecnológico mais humanístico e respeitando as diversidades culturais.

Segundo Morin, compreender a complexidade humana requer a consideração dos elementos que a constituem, sendo que todo desenvolvimento verdadeiramente humano implica no desenvolvimento conjunto das autonomias individuais, das participações comunitárias e do sentimento de pertencer à espécie humana (MORIN, 2000, p. 55). Portanto, é preciso romper com o ensino tradicional e garantir um aspecto reflexivo sobre o ensino de Física Contemporânea na educação. A Transdisciplinaridade complementa a abordagem disciplinar, fazendo emergir novos dados a partir da confrontação das disciplinas que os articulam entre si, oferecendo uma nova visão da Natureza e da Realidade (FREITAS; NICOLESCU; MORIN, 1994, p. 2). Dessa forma, a transdisciplinaridade não busca o domínio de várias disciplinas, mas a abertura de todas as disciplinas ao que as une e as ultrapassa.

Para alcançar um método de ensino holístico e promover uma didática que desvencilhe de uma experiência desconectada, é preciso propiciar que o estudante participe do processo de aprendizado, por meio do uso de recursos didáticos

motivadores e conectados com sua cultura. Nesse sentido, a presença do professor é essencial, visto que ele também participa como um objeto físico, biológico, político e espiritual, além de ser parte do multiculturalismo da comunidade com a qual a escola e a sociedade estão inseridas.

5.5. A Física Moderna em Espaços Não-formais

Explorar novos espaços de aprendizagem é fundamental para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais significativo. Além das aulas tradicionais em sala de aula, é importante utilizar museus, cinemas, exposições de arte e planetários como ferramentas para promover a aprendizagem em espaços não-formais. Aqui, descreveremos uma pesquisa realizada em um planetário localizado na cidade de Vitória da Conquista, no interior da Bahia, como parte de uma tese de doutorado sobre a aprendizagem de Física Moderna por meio das artes em espaço formal.

A partir das ideias de Japiassu (1976) sobre avaliação do ensino, é possível estabelecer uma conexão entre o ensino formal e o não-formal, o que garante maior transdisciplinaridade no processo de aprendizagem. Aulas tradicionais tendem a ser limitadas e hiperespecializadas, tornando-se mecânicas e desinteressantes para os alunos. Explorar novos espaços de aprendizagem, que contextualizem e permitam maior interação dos alunos com a cultura local e outras culturas, pode despertar o interesse pela disciplina e tornar a aprendizagem mais significativa.

Nos últimos anos, o interesse pelos museus tem aumentado entre instituições de ensino e o público em geral. Desde a sua inauguração, o planetário Everardo de Públio de Castro tem recebido visitas de escolas públicas e privadas da região, despertando o interesse pela astronomia e Física Moderna e Contemporânea. Museus têm modernizado seus espaços, tornando-os mais acessíveis e participativos, estimulando a participação e a interatividade do público. Por exemplo, a Associação Portuguesa de Museologia destaca a importância dos museus como lugares de aprendizado e divulgação do conhecimento científico, e enfatiza a necessidade de se estabelecer parcerias entre museus e escolas para promover a cultura científica entre os alunos (APOM, 2014). Além disso, Burcaw (2015) destaca a importância dos museus em proporcionar experiências significativas para o público, incluindo a utilização de tecnologias imersivas e interativas para tornar a aprendizagem mais envolvente e atraente.

O planetário tem um aspecto peculiar em relação a outros museus, pois desenvolve a divulgação científica e da tecnologia por meio da arte. Duas apresentações na redoma chamaram a atenção do público: o show sobre “Astronomia Caatigueira”, produção regional que explora o bioma da região Nordeste e o show sobre “O Fantasma do Universo” (The Phantom of Universe), produção internacional que explora a matéria escura, mostrando como os cientistas a descobriram e têm desenvolvido pesquisas a respeito através dos aceleradores de partículas.

A educação pode ser categorizada em três tipos: formal, não-formal e informal. A educação formal é regulamentada por lei, apresenta uma estrutura pré-determinada e é ministrada em escolas, universidades e laboratórios. Por outro lado, a educação não-formal ocorre fora do ambiente escolar, em locais informais, e é voltada para o público heterogêneo, como museus, cinema, feiras de ciências e cursos livres. A educação informal ocorre de maneira espontânea, na convivência diária com amigos e familiares. Lisboa (2010) destaca a importância de se criar ambientes de aprendizagem atraentes e significativos para os alunos, incluindo o uso de recursos como museus e planetários.

A educação formal se baseia no ensino e na aprendizagem de conteúdos sistematizados e normatizados, enquanto a educação não-formal visa capacitar as pessoas para que se tornem “cidadãos do mundo, no mundo”. Essa modalidade de ensino está relacionada ao contexto político e sociocultural e tem um caráter transdisciplinar. A educação social e a não-formal oferecem subsídios educativos importantes para o aprimoramento das diferentes inteligências, englobando aspectos lógicos e emocionais do indivíduo.

A educação não-formal em museus tem um impacto positivo no interesse das pessoas pelas Ciências e Artes, além de estimular o engajamento político e sociocultural. Isso pode despertar o interesse dos jovens em fazer faculdades na área de Ciência e Tecnologia. A divulgação científica é valorizada nesses espaços, como o Planetário de Vitória da Conquista, que apresenta temas de física de partículas com os aceleradores, como o CERN. Maarschalk (2018) enfatiza a importância dos museus e outros locais de aprendizagem informais na promoção da alfabetização científica entre o público em geral.

A educação formal caracteriza-se por ser fortemente pragmática, ou seja, o aluno deve seguir uma estrutura pré-determinada, e também deve ter um público

homogêneo, normalmente com a mesma faixa etária, em espaços tradicionais, como as escolas, universidades, laboratórios, entre outros. A educação não-formal acontece fora do espaço tradicional de aprendizagem citado no primeiro anteriormente, e é vinculada aos museus, cinema, meios de comunicação, feiras de ciências, cursos livres, encontros, entre outros. Essa educação não-formal tem o intuito de ensinar a Ciência a um público heterogêneo. Já a educação informal ocorre de forma quase imperceptível, de forma espontânea no cotidiano e na conversa e vivência entre os amigos, familiares e interlocutores ocasionais.

Na educação formal estes espaços são os do território das escolas, são instituições regulamentadas por lei, certificadoras, organizadas segundo diretrizes nacionais. Na educação não-formal, os espaços educativos localizam-se em territórios que acompanham as trajetórias de vida dos grupos e indivíduos, fora das escolas, em locais informais, locais onde há processos interativos intencionais (a questão da intencionalidade é um elemento importante de diferenciação). Já a educação informal tem seus espaços educativos demarcados por referências de nacionalidade, localidade, idade, sexo, religião, etnia etc. A casa onde se mora, a rua, o bairro, o condomínio, o clube que se frequenta, a igreja ou o local de culto a que se vincula sua crença religiosa, o local onde se nasceu etc (GOHN, 2010, p. 29).

Então, na educação formal ensino e aprendizagem se dão através de conteúdos historicamente sistematizados e normatizados, em contrapartida a educação não-formal tem como objetivo principal capacitar as pessoas para que se tornem “cidadãos do mundo, no mundo” e seus interesses se constroem na integração, gerando um processo educativo. Além disso, a educação não-formal está atrelado ao contexto político e sociocultural, por isso apresenta-se de forma transdisciplinar no processo de aprendizagem. A educação social e a não formal são modalidades de ensino-aprendizagem que oferecem importantes subsídios educativos para o aprimoramento das diferentes inteligências que englobam os aspectos lógicos e emocionais do indivíduo (GARDNER, 2007). Mallon (2016) destaca a eficácia dos planetários na promoção da cultura científica e na melhoria da compreensão do público sobre conceitos astronômicos complexos.

De forma geral, os estudos a respeito da educação não-formal em museus, revelam que as visitas aos museus estimulam o interesse dos indivíduos, não só em relação as Ciências, como também para as Artes, engajamento político e sociocultural. Com isso, os jovens podem despertar mais o interesse em fazer faculdades na área de Ciência e Tecnologia, em virtude desse entusiasmo que é explorado nos museus. Além disso, a divulgação científica é mais uma vez valorizada

nesses espaços, como por exemplo, do Planetário de Vitória da Conquista, que traz apresentação do áudio visual local, na apresentação da “Astronomia Catingueira” e temas de FMC no show “O Fantasma do Universo”, explorando o tema da matéria escura e física de partículas com os aceleradores, como o CERN. Gil e Almaça (2012) destacam a importância dos museus locais como locais de aprendizado e divulgação do conhecimento científico para as comunidades locais.

Segundo Oppenheimer (1975) relativamente à aprendizagem da Física nos centros de Ciências existem temáticas muito complexas para as pessoas, mas que fazem com que essas desejem estudar, buscar mais sobre aquele assunto da FMC, que aparentemente só é visto nos laboratórios ou em cursos de Ensino Superior especializados. Estimulam, portanto a curiosidade, e familiarizam-se com a natureza, o que constitui o fundamento para o desenvolvimento da pesquisa em Ciências e Tecnologias.

Portanto, tanto a educação formal, que permite com que o aluno tenha contato com uma cultura científica, desde a teoria em sala de aula, quanto a prática em laboratórios nas escolas, o estudante deve ter um contato com as Ciências através de espaços não formais, como os museus, planetários etc.

Em suma, tanto a educação formal quanto a não-formal são importantes para que o aluno tenha contato com a cultura científica, seja por meio da teoria em sala de aula ou da prática em laboratórios nas escolas, ou por meio de espaços não formais. A transdisciplinaridade é um elemento importante da educação não-formal, que pode contribuir para o desenvolvimento da pesquisa em Ciência e Tecnologia.

A ligação entre museus e planetários pode ser uma excelente forma de divulgação científica, pois essas instituições podem oferecer uma ampla gama de recursos educacionais e experiências imersivas para o público. Alguns autores têm destacado a importância dessas instituições na educação científica e na promoção da cultura científica. Chagas (2013) argumenta que a colaboração entre museus e escolas é fundamental para a promoção da cultura científica e para o desenvolvimento de competências científicas nos alunos.

Dessa forma, a ligação entre museus e planetários pode ser uma forma eficaz de divulgar conhecimentos científicos para o público, especialmente se for combinada com tecnologias imersivas e experiências interativas. Combinando essas abordagens, é possível tornar o aprendizado mais envolvente e inspirador, ajudando a promover a

cultura científica e a compreensão do universo e do mundo que nos cerca. A divulgação científica na internet também é muito importante, como mostra o artigo a respeito da Altimetria sobre a disseminação do ensino de Física no Twitter, que faz uma análise altimétrica. McManus (2014) destaca a importância dos museus como locais de aprendizado e divulgação do conhecimento científico, e enfatiza a necessidade de se utilizar abordagens inovadoras para tornar a aprendizagem mais atraente e envolvente.

Para estruturar o próximo capítulo, criamos uma metodologia de pesquisa que aborde a utilização das Artes como ferramenta didática para facilitar a compreensão da cultura científica pelos alunos, promovendo, por conseguinte, a alfabetização científica no contexto da Física Moderna. Essa abordagem se torna essencial devido à complexidade do ensino de Física Moderna no Ensino Médio, que é agravada pela dificuldade de aprendizado e pela escassez de incentivo na formação inicial dos professores para explorar essa temática. O embasamento teórico deste capítulo foi fundamental para fornecer as bases conceituais necessárias à nossa pesquisa, destacando os elementos teóricos relevantes que sustentam nossa tese e auxiliam na resposta à pergunta de pesquisa. Vamos, portanto, sistematizar as ideias e evidenciar ao leitor a importância dos conceitos teóricos que direcionarão nossa investigação.

6. Metodologia

A partir das ideias do pensamento complexo de Edgar Morin, foi construída uma Sequência Didática que envolveu as Artes com a Física Moderna, com o intuito de aproximar os alunos da aula, motivando-os e propiciando uma facilitação no ensino-aprendizagem. A pesquisa foi realizada de acordo com a Figura 9 e o objetivo principal foi mostrar que é possível apresentar o conteúdo de Física Moderna de uma forma mais acessível e lúdica aos estudantes. Segundo Edgar Morin, a complexidade contribui para uma visão dinâmica, integrando as Ciências e as Artes, tendo um olhar para o mundo de modo menos simplista e mais articulado, ou seja, considerando o pensamento complexo (MORIN, 2015).

Neste contexto de pesquisa, as intervenções, mais especificamente a sequência didática e o estudo exploratório, constituem o principal objeto de estudo. A ênfase recai na descrição e análise das intervenções planejadas e executadas. É importante considerar que ao longo do desenvolvimento do estudo, apêndices (A, B, C, D e E) são disponibilizados no final da tese, fornecendo recursos adicionais e informações detalhadas sobre as intervenções e dados. A pesquisa também engloba a definição do local onde as intervenções ocorreram, tanto de forma remota no espaço formal, quanto de forma presencial no espaço não-formal, a identificação dos sujeitos envolvidos e uma descrição dos instrumentos de coleta de dados adotados.

Esses elementos são fundamentais para contextualizar o estudo e entender as condições em que as intervenções foram conduzidas, que são os objetos do público da graduação do curso de Física da Universidade de Rio Grande e dos visitantes do planetário de Vitória da Conquista. Além disso, a análise de dados é uma etapa essencial no processo de pesquisa, e nesta tese, explora-se a estratégia de análise de dados adotada, destacando como as informações coletadas foram processadas e interpretadas. Essa abordagem metodológica robusta contribui para a compreensão aprofundada das intervenções e dos resultados obtidos ao longo do estudo, conforme a figura 9 mostra de forma resumida, esquemática e detalhada de como foi construído essa tese.

Figura 9 – Desenho metodológico



Fonte: o autor

A atividade foi aplicada remotamente, em uma turma ingressante do curso de Bacharelado em Física da Universidade Federal do Rio Grande, devido à pandemia, e a metodologia do Estudo de Caso foi utilizada para a produção e análise dos dados obtidos. Os resultados mostraram que os alunos participaram pouco no início, mas demonstraram interesse à medida que as músicas, filmes, poesias e pinturas eram apresentadas durante a Sequência Didática. Assim como foi realizado um estudo exploratório no planetário de Vitória da Conquista.

Dessa forma, a abordagem de temas complexos de forma interdisciplinar, envolvendo as Artes e as Ciências, pode ser uma alternativa interessante para o ensino de Física Moderna, uma vez que torna o conteúdo mais acessível e lúdico para os estudantes, possibilitando uma maior compreensão e motivação para o aprendizado.

Nossa proposta de pesquisa é demonstrar as potencialidades de se trabalhar de forma transdisciplinar com o uso das Artes como recursos didáticos para o Ensino da Física Contemporânea, até porque como Zanetic (1990) sustentou há quase 30 anos, que é preciso enxergar a Física como Cultura. Para isso, também é importante termos uma visão do ensino como um sistema complexo na busca por um novo paradigma educacional, em que os agentes são os alunos, os professores e todo o corpo que integra o sistema de ensino, e as aulas, projeto, atividades, feiras, experimentos e qualquer outro tipo de interação socioemocionais são os *links*, que comunicam os agentes (STUDART, 2021). Unir as Ciências e as Artes não é um mero

acaso, mas uma forma de entendermos que ambos são produtos da humanidade, e não podem sofrer uma distinção severa como é feito na academia, como explicita o Morin no documentário “Coleção Grandes Educadores”.

O conhecimento do ponto de vista do pensamento complexo não está limitado a Ciência. Há na literatura, na poesia, nas artes, um conhecimento profundo. Podemos dizer que no romance há um conhecimento mais sutil de seres humanos do que encontramos nas ciências humanas, porque vemos os homens em subjetividade, suas paixões, seus meios etc. Por outro lado, devemos acreditar que todas as grandes obras de artes contêm um pensamento profundo sobre a vida mesmo quando não está expresso em sua linguagem. Quando você vê a figuras humanas pintadas por Rembrandt, há um pensamento sobre a alma humana. Portanto, eu creio que devemos romper com a separação entre as artes, a literatura de um lado e o conhecimento científico do outro (MORIN, 2006, 18:05 até 19:10.).

Uma visão complexa para o ensino contrapõe aos métodos de ensino tradicionais, além disso melhora as abordagens alternativas para o ensino e reforça a necessidade de uma otimização na preparação do professor. A necessidade de influência mútua entre professores, alunos, o conteúdo que está sendo ensinado e o currículo permeia a perspectiva do ensino como um sistema complexo (RICCA, 2012).

A partir de uma abordagem quanti-qualitativa, a análise dos dados da pesquisa se enriquece a medida que realizamos o projeto, pois tanto os valores de participação, dos números que extraímos com as questões sobre as atividades, a adesão e o crescente interesse pela Física Moderna através das Artes, quanto as experiências socioemocionais que são reforçadas a partir das ligações realizadas entre os agentes são interessantes para serem avaliadas ao final da pesquisa. Em detrimento do ensino tradicional, que é muitas vezes fragmentado, mas também reducionista ou simplesmente holístico, esse projeto busca por um novo paradigma educacional, a transdisciplinaridade ganha força no sentido do pensamento complexo (dialógico-recursivo-hologamático), que une o pensamento racional (lógico-científico) e o pensamento simbólico (mítico-mágico-artístico).

O público-alvo da atividade da Sequência Didática foi a turma de Física bacharelado do primeiro semestre da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), os participantes tiveram suas identidades anônimas durante a pesquisa, tratando-os apenas como “alunos”. A atividade foi feita pelo autor desse presente trabalho, o doutorando Gilson Yuri Silva Moura, do curso de pós-graduação em Educação em

Ciências, da mesma instituição, na disciplina de Estágio à Docência com a supervisão do professor doutor Luiz Fernando Mackedanz, de forma remota devido a pandemia.

Portanto, é importante analisarmos, tanto os dados numéricos obtidos em uma pesquisa, quanto as percepções comportamentais dos objetos de pesquisa, que são os estudantes, observando a participação, as discussões e desdobramentos da Sequência Didática. Pois, numa metodologia que valoriza os processos quanti-qualitativos, que tanto os instrumentos quantitativos e qualitativos podem se complementar, ou seja, ambos formam uma dialética de contrários, onde o investigador se propõe a exercitar o diálogo teórico e prático, a riqueza da pesquisa é maior.

O público-alvo da segunda atividade foi o público que frequenta o Planetário de Everardo Públio de Castro, situado na cidade de Vitória da Conquista. O estudo exploratório teve como foco o público em geral, realizando a coleta de dados por meio de questionários do Google. Um dos grupos que frequentam o planetário é formado por aspiradores em astronomia, que se organizam também num grupo de whatsapp realizando encontros e debates. Também tiveram suas identidades anônimas, utilizando a denominação “visitantes” para referir ao objeto de pesquisa.

Toda avaliação investigativa supõe um processo de reconstrução da realidade a ser pesquisada. Em consequência, o tipo de aproximação que se projete em teoria por meio de métodos e técnicas condicionará a modalidade de reconstrução que será produzida. Quem propõe uma abordagem por triangulação de métodos quantitativos e qualitativos reconhece que na realidade a ser avaliada há processos que podem ser explicados em sua magnitude e compreendidos em sua intensidade. As aproximações quantitativas e qualitativas não devem ser consideradas antagônicas e sim linguagens complementares, embora de natureza diferente (MINAYO, SOUSA, CONSTANTINO, SANTOS, 2005. p. 93).

Portanto, é importante analisarmos, tanto os dados numéricos obtidos em uma pesquisa, quanto as percepções comportamentais dos objetos de pesquisa, que são os estudantes, observando a participação, as discussões e desdobramentos da Sequência Didática. Pois, numa metodologia que valoriza os processos quanti-qualitativos, que tanto os instrumentos quantitativos e qualitativos podem se complementar, ou seja, ambos formam uma dialética de contrários, onde o investigador se propõe a exercitar o diálogo teórico e prático, a riqueza da pesquisa é maior. Além disso, o Estudo de Caso servirá para responder questionamentos que o pesquisador não tem muito controle sobre o fenômeno estudado. Conforme Yin (2001) o Estudo

de Caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados.

7. Análise dos Dados

Segundo Minayo (1994), a fase de Análise de Dados na pesquisa social reúne três interesses: determinar um entendimento dos dados recolhidos, assentir ou não as estimativas da pesquisa e/ou responder às questões elaboradas, e ampliar o conhecimento sobre o assunto pesquisado, articulando-o ao contexto cultural do qual faz parte. Essa pesquisa tem caráter quantitativo, com intuito de verificarmos a participação do público-alvo, pois os processos de coleta e análise de dados são separados no tempo, onde a coleta antecede à análise; como também de caráter qualitativa, em que ambos os processos se combinam, numa constante interação dinâmica de retroalimentação e reformulação. Com isso, podemos utilizar a Análise de Dados como meio que utiliza as expressões dos envolvidos no intuito de compreender melhor o contexto da qual esse objeto de pesquisa está inserido.

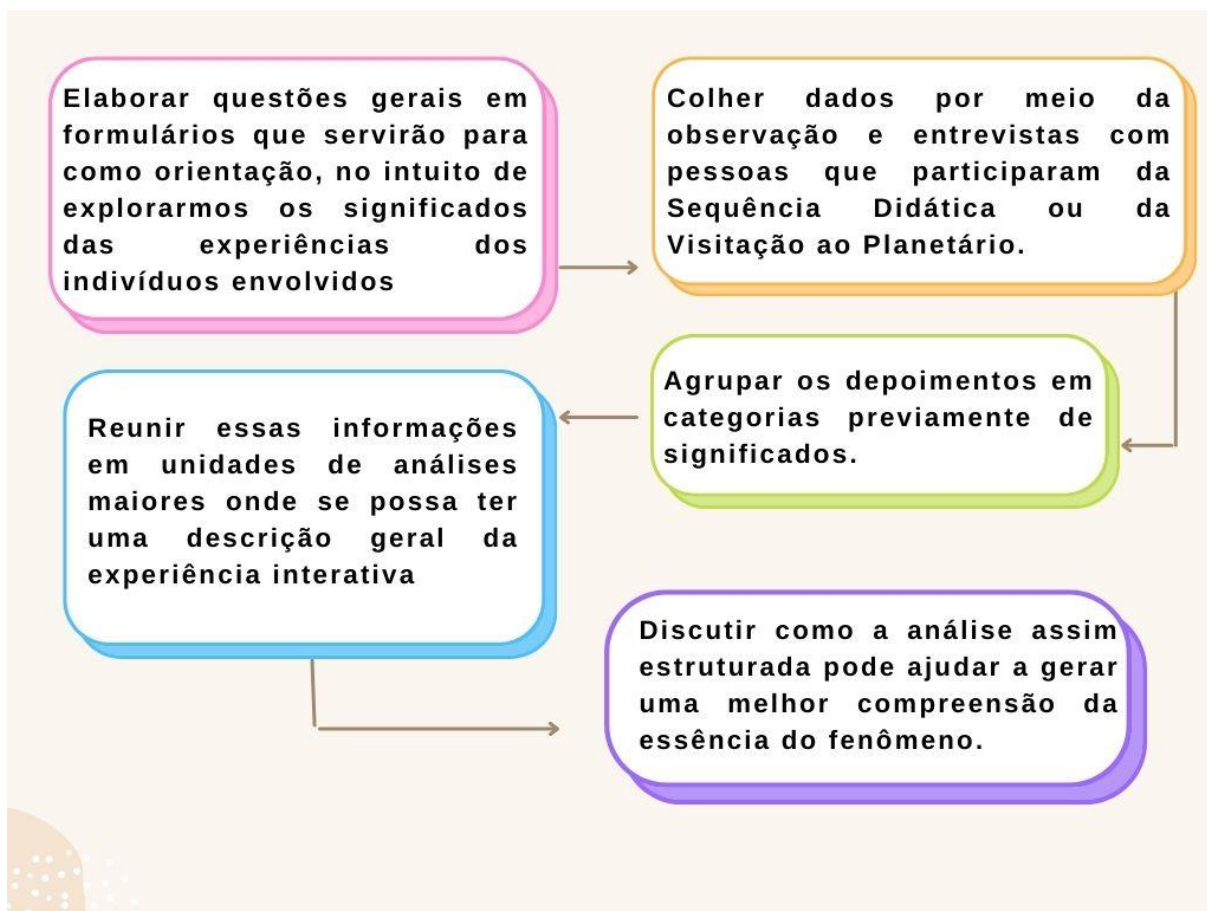
Nossa pesquisa discute as atividades em espaços formais e não formais coma utilização das Artes como meio motivador e facilitador no processo de ensino e aprendizagem, além de ser um objeto utilizado como recurso didático para enriquecer e tornar lúdico o desenvolvimento do conhecimento, principalmente de conceitos Contemporâneos de Física. Por isso, tanto a Sequência Didática em sala de aula, realizada com os estudantes da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), quanto dos jovens e adultos que fazem parte de um grupo de Astronomia amadora, foram importantes para o Estudo de Campo ou Estudo de Caso.

A partir desses dois métodos, podemos também trabalhar com o método intuitivo, que está mais bem empregado nessa pesquisa. Para demonstrar a categorização que estão dispostas nos discursos dos estudantes e professores especialistas, destacamos as experiências com os filmes, pinturas, músicas e projeções que levavam a compreender a natureza do diálogo transdisciplinar através das Artes, e depois com os questionários, verificar como os conceitos contemporâneos de Física são construídos a partir da perspectiva dos envolvidos na pesquisa.

Portanto, no método dedutivo foi importante na construção do artigo sobre a Revisão Bibliográfica ou Estado da Arte, presente nessa tese de doutorado, que fundamenta a pesquisa segundo o pensamento complexo, pois enxerga o sistema educacional como um sistema complexo. Além disso, envolve as disciplinas trabalhadas de forma transdisciplinar, ou seja, tanto as Artes quanto a Física Moderna, são vistas tanto como culturas inerentes aos estudantes quanto são ambas Ciências que fazem parte dessas culturas e contribuem para uma alfabetização científica. Já o método indutivo surge durante a análise do objeto pesquisado.

A pesquisa é entendida como a atividade fundamental da ciência no seu questionamento e na constituição da realidade, vincula pensamento e ação. Minayo (1994, p. 17) considera que “nada pode ser intelectualmente um problema, se não tiver sido, em primeiro lugar, um problema da vida prática”. Assim, a pesquisa se concretiza basicamente por uma linguagem organizada em conceitos, proposições, métodos e técnicas, linguagem esta que se compõe com um ritmo inerente e específico. Tal ritmo é chamado de ciclo de pesquisa, que exprime um desenvolvimento de laboração em espiral que se inicia com um obstáculo ou um questionamento e termina com um produto provisório capaz de dar origem a novos problemas. O ciclo de pesquisa, como propõe Minayo (1994), constitui-se em três momentos: fase exploratória da pesquisa, trabalho de campo e tratamento do material. Como mostra a Figura 10, demonstra-se os passos, e que podemos estabelecer um ciclo de Pesquisa, ou a heurística para a Análise de Dados. O referido processo de pesquisa começa com a fase da elaboração dos questionários, para que sejam produzidos dados do objeto de pesquisa, e conseqüentemente para sua análise, como também são levantados aspectos referentes aos pressupostos, às teorias relevantes, à metodologia mais adequada para a análise dos dados e às questões operacionais imprescindíveis para dar origem ao trabalho de campo.

Figura 10 – Ciclo de Pesquisa



Fonte: o autor

É nesta etapa que são estabelecidas as diversas técnicas de coleta de dados, como entrevistas, observações, pesquisa documental e bibliográfica, dentre outras. No caso, foram feitas gravações das aulas e entrevistas após a experiência, seja na Sequência Didática ou na visitação ao planetário. Essa organização é importante para a construção da análise de dados.

A análise tem como objetivo organizar e resumir os dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação tem como objetivo a procura do sentido mais amplo das respostas, o que é feito mediante sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos (GIL, 1999, p. 168).

A criação dos temas é importante para criamos meios mais consistentes para a verificação das potencialidades da utilização de recursos didáticos no ensino de Física Moderna através das Artes. As categorias precisam obedecer às regras de construção rigorosas e que permitam o investigador compreender de maneira clara as

suas unidades de significado. Para isso, cada categoria precisa ser válida, adequada e pertinente (MORAES, 1999).

Nossa pesquisa discute as sessões produzidas e os diálogos transdisciplinares registrados por meio de uma Sequência Didática. Tal material, que é o nosso *corpus*, foi gerado a partir dos debates (gravados através do Google Meet, por conta da Pandemia do novo coronavírus) entre os estudantes da FURG situado na cidade de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, e o pesquisador.

Esse processo de pesquisa, orientado pela Figura 11, se faz importante na educação em Ciências, pois o objeto de estudo, que foi analisado, é passível de valores, diversidades, multiculturas, opiniões diferentes, pluridisciplinares, ou seja, permeia por todas as áreas do conhecimento, não só das Ciências Naturais, mas das Humanas, Linguísticas etc. Realizando, portanto, por meio de análises quantitativas e qualitativas, pois se faz necessário termos desses dois métodos de análise de dados

[...] que se traduzem por números podem ser muito úteis na compreensão de diversos problemas educacionais. Mais ainda, a combinação deste tipo de dados com dados oriundos de metodologias qualitativas, podem vir a enriquecer a compreensão de eventos, fatos, processos. As duas abordagens demandam, no entanto, o esforço de reflexão do pesquisador para dar sentido ao material levantado e analisado (GATTI, 2004, p. 13).

A pesquisa se debruçou em mapear as últimas publicações que relacionam as Artes com a Física Contemporânea, além de responder à questão: Como utilizar novos recursos didáticos, como por exemplo as Artes, para motivar os alunos e propiciar o desenvolvimento cognitivo para com a Física Moderna, que além de promover um ambiente favorável de ensino-aprendizagem, possa também criar processos de desenvolvimento cognitivo e permitir que o aluno tenha criticidade e transforme a si e o meio.

A análise dos dados nas pesquisas experimentais e nos levantamentos é essencialmente quantitativa. O mesmo não ocorre, no entanto, com as pesquisas definidas como estudos de campo, estudos de caso, pesquisa-ação ou pesquisa participante. Nestas, os procedimentos analíticos são principalmente de natureza qualitativa. (GIL, 2008, p. 43).

A pesquisa qualitativa tem como objetivo descrever e interpretar dados sobre realidades sociais que emergem de um estudo ou experiência subjetiva, bem como analisar dados objetivos quantitativos. Essa abordagem é potencialmente crítica,

permitindo a discussão dos agentes da pesquisa e deixando ao observador a tarefa de analisar os dados coletados desde a coleta até a análise.

No que diz respeito à criação dos temas com os resultados obtidos através dos questionários, seguimos as orientações metodológicas apresentadas na seção anterior para reunir categorias a posteriori em "categorias de análise". Essas categorias são baseadas nos principais questionamentos levantados nas categorias a priori, que justificam a aplicação da Sequência Didática no público de formação inicial em Física, bem como do grupo aspirante em Astronomia que visitou o Planetário. Em seguida, tecemos algumas considerações sobre os questionamentos desse questionário, fazendo comparações entre eles. A partir da coleta de dados realizada, é necessário dar um passo adiante na análise desses dados para extrair informações relevantes para a pesquisa. Nessa seção, apresentaremos a criação dos temas com os resultados obtidos através dos questionários aplicados aos estudantes participantes da pesquisa. A organização dos dados em temas é uma etapa importante da análise qualitativa, pois permite a identificação de padrões e tendências presentes nos dados coletados.

A pesquisa que conduzimos envolveu a análise das sessões produzidas durante uma Sequência Didática e os diálogos transdisciplinares registrados em debates entre estudantes da FURG, localizada em Rio Grande, Rio Grande do Sul, e o pesquisador. O material coletado, nosso corpus, resultou dos debates registrados por meio do Google Meet e Google Forms, em virtude da pandemia do novo coronavírus, para garantir a segurança dos participantes. Já com os visitantes do planetário, foi fornecido aos participantes após a visita um questionário também no Google Forms, presencialmente após a pandemia, mas utilizando as medidas de prevenção do ambiente.

Para atender à sua preocupação quanto ao tipo de dados coletados e ao processo de análise, é importante destacar que nosso estudo incorpora tanto análises quantitativas quanto qualitativas, sendo uma abordagem mista de pesquisa. Os debates, gravações e imagens forneceram dados quantitativos, como frequência de temas discutidos e respostas dos participantes, que foram processados estatisticamente. Além disso, realizamos análises qualitativas para identificar unidades de significado e sentido nos diálogos e nas sessões gravadas, visando responder aos questionamentos da pesquisa e proporcionar uma compreensão mais profunda do fenômeno. Neste ponto, estamos apresentando uma visão geral da

metodologia adotada, mas, nas seções subsequentes, forneceremos detalhes sobre o processo de análise qualitativa, incluindo a identificação de temas e tendências significativas, contribuindo para uma abordagem mais robusta e abrangente da pesquisa. A combinação de análises quantitativas e qualitativas permite uma investigação completa e rica, fornecendo um panorama mais claro das questões abordadas na pesquisa.

Compreendemos a importância de fornecer uma visão abrangente da metodologia e dos tipos de dados coletados em nossa pesquisa. Além da análise das sessões produzidas e dos diálogos transdisciplinares, nossa pesquisa incluiu um estudo exploratório dos visitantes do planetário e uma Sequência Didática numa turma de graduação em Física, no qual foram coletados dados por meio de questionários no Google Forms.

Os questionários aplicados aos visitantes do planetário serviram como uma fonte adicional de informações e dados quantitativos. Esses questionários buscaram entender a percepção e o impacto das atividades do planetário, bem como avaliar o nível de envolvimento dos participantes e sua receptividade à abordagem educacional. As respostas coletadas nesses questionários foram posteriormente processadas e analisadas, contribuindo para uma compreensão mais completa da pesquisa.

Em nossa abordagem metodológica, destacamos a relevância da combinação de análises quantitativas e qualitativas para atender às complexidades das questões de pesquisa, promovendo uma investigação completa e uma interpretação profunda dos resultados. Desse modo, nossa pesquisa abordou diversas fontes de dados e processos analíticos para abranger um panorama amplo do fenômeno em estudo, conforme detalharemos nas seções subsequentes, com o objetivo de responder de maneira substancial e significativa aos questionamentos da pesquisa.

7.1. Criação dos Temas com os Resultados obtidos através dos questionários

Com base nas orientações metodológicas apresentadas na seção anterior, foram reunidas categorias a posteriori em "categorias de análise", que envolvem os principais questionamentos levantados nas categorias a priori. Essas categorias foram

criadas a partir de uma leitura minuciosa dos dados coletados nos questionários e visam responder aos objetivos da pesquisa, que buscam investigar a eficácia da Sequência Didática na aproximação dos alunos da Física Moderna e da Astronomia.

Nessa seção, apresentaremos os principais temas identificados na análise dos dados, tecendo algumas considerações sobre os questionamentos dos questionários e realizando comparações entre eles. Essa análise é essencial para a compreensão dos resultados obtidos na pesquisa e para a construção dos argumentos que serão apresentados na seção de discussão. Com as orientações metodológicas apresentadas na seção anterior, foi possível reunir categorias a *posteriori* em “categorias de análise” os principais questionamentos levantados nas categorias a *priori*, que remetem à justificativa da aplicação da Sequência Didática no público de formação inicial em Física, bem como do grupo aspirante em Astronomia que visitou o Planetário, e em seguida tecer algumas considerações sobre os questionamentos desse questionário, por meio de comparações entre elas.

O que podemos demonstrar são algumas seleções de análise mais representativas de cada categoria e que consideramos exemplificarem como foram analisados os dados. Portanto, a partir do pensamento complexo, identificamos as respostas dos participantes como uma unidade para o procedimento analítico, uma vez que não temos o intuito de fragmentar essa unidade. Os dados apresentados aqui em forma de unidades de análise (UA) são indicadores de resultado, não sendo transcritas todas as UA para que fosse possível nos atermos as interpretações e inferências sobre os dados, e sim àquelas respostas mais representativas.

Categoria A: A articulação da Física Moderna com as Artes demonstra importância para a compreensão desses conceitos mais difíceis de serem compreendidos.

UA-3: “Sim, pois infelizmente a física por muitos é visto como algo impossível e complicada, abordando um pouco da física moderna no ensino médio e de maneiras diferentes e que estimulem o interesse, é muito bom, para desenvolver o pensamento científico nas pessoas.”

UA-6: “A física clássica seria o estudo dos fenômenos que ocorrem em escalas macroscópicas, como movimento dos astros e projéteis e também a física Clássica é responsável pelas teorias da física mecânica, isto é, ondulatória, termodinâmica e

eletromagnetismo. Já a Física Moderna, é o estudo responsável pela definição de fenômenos microscópicos, ou seja, aqueles em escalas subatômicas, também se atribui à Física Moderna o estudo da teoria da relatividade e da física experimental.”

UA-11: “A Física Clássica deu o "start" para a Física Moderna se tornar o que é hoje, então penso que focar mais nela no ensino médio seja mais correto, portanto, quando o conteúdo estiver mais em dia, pode-se sim acrescentar a Física Moderna, pelo fato de poder apresentar como a física está contribuindo para novas descobertas.”

Categoria B: A necessidade de trabalhar de forma multicultural na sala de aula garante uma maior transdisciplinaridade do Ensino e uma maior aprendizagem significativa crítica.

UA-5: “Sim, porque tem se uma ideia no ensino Médio de que a física é somente fórmula quando se parte para a física moderna tem se uma forma mais abrangente que vai além de fórmulas, mais se apercepção do aluno de entender a matéria e começar a criar um pensamento mais ativo sobre a física ja não tão robotizado.”

UA-14: “Achei incrível a forma que foi colocada o senhor para explicar seus conhecimentos. Logo em seguida vinha a explicação científica. Mostrando a sabedoria do homem que está conectado com natureza. Minha filha e sua amiga ficaram encaradas, elas têm 13 e 14 anos. Aprendemos demais e percebemos que precisamos procurar mais informações sobre o assunto. O doc Fantasma do Universo tem tanto conhecimento!! Apesar de conseguir explicar aqui, deixo claro que todos entendemos o a principal mensagem. Estou curiosa pra saber mais sobre a matéria escura. A experiência foi surpreendente, n esperava tanto conhecimento e tantas sensações e reflexões. Com certeza voltarei.”

Categoria C: As culturas Física Moderna e as Artes integram um paradigma do pensamento complexo e reforça o princípio dialógico, recursivo e hologramático.

UA-2: “Sim, considero importante o estudo de física moderna durante os anos de ensino médio. Pois, como esta é uma parte da física que tem ganhado bastante

popularidade entre os jovens, acredito que os alunos estariam mais interessados e familiarizados, por conta de histórias científicas, com estes assuntos, aos quais fazem parte da física moderna.”

UA-8: “Segundo o filme proposto, as artes se diferenciam da ciência pela maneira em que novas descobertas são encaradas. Nas artes, uma nova descoberta não acaba por alterar uma descoberta anterior, o que difere da ciência, em que, novas descobertas acabam por substituir a anterior, tida como verdadeira.”

UA-1: “Na Física clássica, como foi estruturada em uma sociedade ainda carente de boas tecnologias, tendo em vista só a percepção humana e a crítica racional, teve suas limitações no diálogo, na comunidade científica e o advento da internet possibilitou novas portas, todavia a física moderna por ter a base da clássica e os novos conceitos intrigantes da física quântica da incerteza de Heisenberg dentre outras descobertas e aprimoramentos no conhecimento do eletromagnetismo, se aprimorou muito a forma de descobrir o cosmos.”

UA-13: “O espaço maravilhoso, mas sempre fui e sou cúmplice das questões sociais desse país, e pode parecer estranho, mas só tinha eu de negro lá, e fico me perguntando "por que um ensino de qualidade não é estendido a todos? Por que elitizam tanto o conhecimento? Aí podem me responder da seguinte maneira, lá é um espaço gratuito, sim, realmente é, mas que tal mitigar ao aluno em todas as esferas do ensino público desde muito a vontade de perceber e entender o universo. Eu tenho colegas de trabalho da minha idade que achava que só existia o sol e não faziam ideia o que seriam as estrelas no céu...”

Categoria D: A aspiração pelas Ciências só é garantida quando ele está contextualizado na cultura dos que participam do desenvolvimento científico.

UA-12: “O planetário possui uma função ímpar para educação uma vez que permite que os alunos desenvolvam um contato mais íntimo com Física e Astronomia, disciplinas que são trabalhadas nos ambientes escolares de forma mecânica, gerando desinteresse na maioria dos casos. Sobre a importância para cidade de Vitória da Conquista (e região): Por muito tempo a astronomia em conquista se desenvolveu de

forma fragmentada, grupos isolados que com algum contingente de participantes conseguia desenvolver atividades de pesquisa e observação, vejo o planetário como um ambiente integrador, onde os astrônomos conquistenses (profissionais ou amadores) e simpatizantes da área criem laços mais sólidos, troca de ideias e experiências. Inclusive, o ambiente do planetário, se assim julgarem avultoso, pode ser tranquilamente utilizado para encontros, jornadas, seminários ou feiras que tenham como tema a Física e a Astronomia.”

UA-15: “Particularmente, considero a física de partículas um tanto mais interessante. Isto, decorrente da ideia de poder explorar e examinar a interação entre o muito pequeno com o muito grande.”

Quadro 4. Resumo da categorização associadas a análise dos dados

UAs	Categorias
3, 6, 11	A
5, 14	B
1, 2, 8, 13	C
12, 15	D

Fonte: do autor

Os resultados apresentados no Quadro 4 mostram diferentes opiniões e percepções sobre a importância da integração entre a Física Moderna e as Artes no ensino médio. Na categoria A, observamos que a integração entre as duas áreas pode ajudar a tornar a física mais acessível e interessante, despertando o interesse dos alunos e contribuindo para o desenvolvimento do pensamento científico. Na categoria B, foi enfatizada a importância de um ensino multicultural e transdisciplinar para uma aprendizagem significativa crítica. Por fim, na categoria C, foram destacados os aspectos dialógicos, recursivos e hologramáticos da integração entre as duas áreas, que podem reforçar um paradigma do pensamento complexo.

Algumas unidades de análise ressaltaram que a física moderna é uma parte importante do ensino médio, pois tem ganhado popularidade entre os jovens e permite uma visão mais abrangente e menos robotizada da disciplina. Alguns também destacaram a importância da física clássica como base para a física moderna e

sugeriram que a introdução da física moderna pode ser feita após o conteúdo da física clássica estar mais em dia.

No geral, os resultados demonstram uma percepção positiva sobre a integração entre a Física Moderna e as Artes no ensino médio, apontando que ela pode contribuir para tornar a física mais acessível, interessante e significativa, bem como reforçar um paradigma do pensamento complexo e multicultural.

O próximo capítulo, criamos uma sequência didática no intuito de coletar dados a respeito do pesquisa e posteriormente analisá-los.

8. Sequência Didática

Uma sequência didática é uma metodologia de ensino que consiste em planejar uma série de atividades relacionadas entre si e progressivas, com o objetivo de alcançar uma aprendizagem significativa crítica e integrada. Essa metodologia envolve o planejamento de objetivos, atividades, recursos e avaliações, de forma que haja uma coerência e uma conexão entre elas.

No contexto de pesquisa entre física moderna e as artes, uma sequência didática pode ser uma ferramenta importante para facilitar a compreensão de conceitos complexos da física moderna através de atividades artísticas. Por exemplo, pode-se propor aos alunos que criem uma obra de arte inspirada em conceitos como relatividade, mecânica quântica ou gravidade, com o objetivo de explorar e representar visualmente esses conceitos.

A sequência didática também pode ajudar os alunos a compreenderem a relação entre física moderna e arte, e a perceber como a física moderna pode influenciar e inspirar a criação artística. Além disso, pode estimular o pensamento crítico e a criatividade, ao desafiar os alunos a encontrar maneiras de expressar conceitos abstratos da física moderna de forma visualmente atraente e interessante.

Portanto, a sequência didática pode ser uma importante estratégia pedagógica para promover uma abordagem integrada entre física moderna e artes, permitindo que os alunos desenvolvam habilidades tanto no campo da física quanto na área artística, além de estabelecer uma relação mais significativa e contextualizada entre esses campos do conhecimento.

8.1. Aplicação numa Turma Inicial de Graduação

A partir do público-alvo escolhido, devido à realização da disciplina Estágio à Docência, no segundo semestre de 2021, numa turma de primeiro semestre da graduação em bacharelado de Física, no período de agosto até meados de setembro, foi possível a aplicação da Sequência Didática no intuito de coletar os dados e categorização das unidades de análise. Logo abaixo, encontra-se o cronograma feito para a realização dele.

Quadro 5. Cronograma da Sequência Didática:

Datas	Etapas	Especificação da Atividade
23/08 (síncrona)	Avaliação Diagnóstica através do formulário do Google Forms / Início da Sequência Didática	Verificar os conhecimentos prévios dos alunos e suas motivações com o curso, buscando aproximá-los de uma cultura científica.
30/08 (síncrona)	Continuação da Sequência Didática sobre a Física do “Muito Grande” /Realização da avaliação Formativa concomitante.	Aproximar os conteúdos de Física Moderna, como Relatividade Geral e Especial com as Artes, como por exemplo: pinturas de Salvador Dali, Músicas, Curtas e Poesias
06/09 (síncrona)	Continuação da Sequência Didática sobre a Física do “Muito Pequeno” /Realização da avaliação Formativa concomitante.	Aproximar conteúdos, como Física Quântica, Radioatividade, Física Nuclear, através de Letras de música, como “Quanta”, de Gilberto Gil.
13/09 (síncrona)	Finalização da atividade com um questionário no Google Forms.	Verificar as potencialidades transdisciplinares entre Física e Arte.

Fonte: do autor.

A sequência didática apresentada é uma estratégia importante para o ensino-aprendizagem de Física, pois propõe uma abordagem transdisciplinar, aproximando conteúdos de Física com outras áreas do conhecimento, como a Arte. Além disso, o uso de avaliações diagnósticas e formativas permite que o professor tenha uma ideia clara do conhecimento prévio dos alunos e possa acompanhar o progresso deles ao longo da sequência didática.

A análise dos resultados obtidos no Quadro 4 revela que a maioria dos alunos tinha um conhecimento prévio básico em Física, o que indica a necessidade de uma abordagem que busque aproximar os conteúdos de forma mais significativa. A partir da aplicação da sequência didática, é possível observar uma melhora nos resultados da avaliação formativa, o que indica que os alunos conseguiram compreender melhor os conteúdos apresentados ao longo das aulas.

Além disso, é importante destacar que a sequência didática proposta também buscou verificar as potencialidades transdisciplinares entre Física e Arte, o que pode ser uma estratégia interessante para despertar o interesse dos alunos em Física e promover uma aprendizagem mais significativa.

No entanto, é importante ressaltar que os resultados obtidos podem ser influenciados por diversos fatores, como o nível de engajamento dos alunos nas atividades propostas, a qualidade do material didático utilizado, entre outros. Portanto,

é fundamental que o professor faça uma análise crítica dos resultados obtidos e utilize essas informações para aprimorar sua prática pedagógica.

O estudo exploratório no próximo capítulo diz respeito a coleta de dados no planetário, que é um espaço não-formal.

9. Estudo Exploratório

Um estudo exploratório é um tipo de pesquisa que tem como objetivo investigar um tema ou problema ainda pouco conhecido ou compreendido. Nesse tipo de estudo, o pesquisador busca explorar o objeto de pesquisa, coletando informações e dados de forma ampla e sem a intenção de fazer inferências conclusivas. A ideia é reunir informações preliminares para definir melhor o problema e elaborar uma estratégia mais específica para a pesquisa.

No contexto da pesquisa entre a física moderna e as artes realizada no planetário, um estudo exploratório pode ser importante para identificar possíveis conexões e pontos de diálogo entre essas áreas. A partir de um estudo exploratório, é possível coletar informações sobre as obras de arte que abordam temas científicos, as exposições e atividades oferecidas pelo planetário e sobre os conceitos e teorias da física moderna que são de interesse para a pesquisa.

Dessa forma, um estudo exploratório pode ser um ponto de partida para a definição dos objetivos, hipóteses e métodos da pesquisa, além de ajudar a delimitar o escopo do estudo. Além disso, pode contribuir para ampliar o conhecimento sobre a intersecção entre arte e ciência e para identificar potenciais desafios e oportunidades nessa área.

9.1. Aplicação num Espaço Não-formal

Para realizar a unidade didática referida ao planetário, foi realizada uma investigação em públicos diversos no período de 06 de julho até o dia 06 de agosto de 2022, no intuito de verificar os saberes despertados nas pessoas, independente da sua formação, grau de instrução, idade ou interesse na temática explorado pela redoma do Planetário, que expos diversos shows durante esse período, como mostra a Figura 5.

Além do público em geral, participaram da pesquisa integrantes do grupo "Astroconquista", que é formado por professores e estudantes que se conhecem e fazem observações amadoras. Durante o período da pesquisa realizada em junho de 2022, três apresentações chamaram a atenção do público no Planetário. A primeira foi sobre a "Astronomia Catigueira", uma produção regional que explora o bioma da região Nordeste, em especial a Caatinga, que é predominante na cidade de Vitória da

Conquista. A segunda apresentação foi sobre "O Fantasma do Universo" (The Phantom of Universe), uma produção internacional que abordou a matéria escura e mostrou como os cientistas a descobriram e têm desenvolvido pesquisas sobre o tema por meio de aceleradores de partículas.

Por último, a apresentação "Estrelas dos Faraós" contou como o Egito antigo, há mais de 6.000 anos, criou o primeiro calendário solar, alinhando seus templos e pirâmides às estrelas, e como os antigos egípcios sentiam uma conexão com os céus, explorando os templos mais espetaculares e túmulos do mundo antigo. Todos os shows foram bem recebidos pelo público presente no Planetário durante a pesquisa.

O estudo exploratório realizado no planetário parece ter sido uma abordagem interessante para coletar informações sobre os saberes despertados nas pessoas após assistir a diferentes shows e apresentações relacionados à astronomia. A inclusão de públicos diversos, independente da sua formação, grau de instrução, idade ou interesse na temática, pode ter contribuído para obter uma visão mais ampla sobre a percepção e compreensão das pessoas em relação à astronomia.

Figura 11. Foto durante atividade no Planetário



Fonte: o autor

A participação do grupo “Astroconquista”, formado por professores e estudantes que se conhecem e fazem observações amadoras, pode ter trazido uma perspectiva mais técnica e especializada para a análise dos resultados obtidos.

A escolha dos shows e apresentações realizados no planetário também parece ter sido bem pensada, abrangendo temas variados e que possivelmente despertariam o interesse do público. A abordagem de temas regionais, como a "Astronomia Catigueira", pode ter ajudado a aproximar as pessoas da temática abordada.

No entanto, é importante ressaltar que a abordagem exploratória não permite generalizar os resultados obtidos para toda a população. Além disso, é necessário analisar os dados coletados de forma cuidadosa, a fim de evitar conclusões precipitadas. É possível que a realização de outras pesquisas futuras, utilizando diferentes metodologias, possa complementar e aprofundar a compreensão sobre os saberes despertados nas pessoas em relação à astronomia.

10. Desenvolvimento de Pesquisa

O propósito desta pesquisa é apresentar um modelo pedagógico que integra as Artes e as Ciências, baseado nas ideias da complexidade e Transdisciplinaridade, como recurso educacional para o ensino de Física para estudantes do Ensino Médio, em consonância com as políticas públicas que promovem um ensino-aprendizado crítico.

A pesquisa será desenvolvida por meio de investigação qualitativa, buscando responder a seguinte questão: como utilizar novos recursos didáticos, como as Artes, para motivar os alunos e promover o desenvolvimento cognitivo em relação à Física Moderna, criando um ambiente de ensino-aprendizagem favorável e permitindo que o aluno desenvolva criticidade e transforme a si mesmo e o meio? Para a análise dos dados qualitativos, foi utilizada a ferramenta ATLAS.ti.:

As novas tecnologias têm cada vez mais influenciado nas pesquisas. Desde a década de 1980 a utilização da tecnologia faz parte tanto da coleta como da análise de dados em pesquisas científicas, alterando os seus padrões. Também as pesquisas qualitativas podem fazer uso de programas para análise de dados, sem que o pesquisador espere que estes realizem o trabalho de análise automaticamente; na realidade, apenas auxiliam na pesquisa. (MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D, 2011, p. 743)

Propondo uma aproximação da Arte com as Ciências, no intuito de auxiliar o ensino e disponibilizar aos professores uma fonte contendo cenas cinematográficas, músicas e atividades didáticas utilizando as Artes com um todo, para serem trabalhadas durante as aulas expositivas, num catálogo educacional que qualquer pessoa pode acessar, bem como os alunos.

A elaboração da Sequência Didática consiste em realizar uma Análise Qualitativa de Dados (AQD), para assim verificar a potencialidade na utilização de cenas cinematográficas, poemas, peças teatrais, músicas e outros meios artísticos salientando a flexibilidade cognitiva, a interatividade, a interação e a visualização, para sabermos em que medida esses recursos didáticos contribuem significativamente para o desenvolvimento, conseqüentemente, para a compreensão dos conceitos físicos abordados nas aulas. Aglutinando as experiências mentais, como nos filmes e/ou expressões artísticas, e as experiências práticas. Por meio desta AQD, atitudes e habilidades de investigação são desenvolvidas nos estudantes, tornando-os capazes de se apropriarem de conhecimentos de um modo semelhante ao que historicamente ocorreu.

Utilizaremos a Sequência Didática no intuito de verificar as potencialidades das ferramentas que contribuem no processo de ensino-aprendizagem, já que a experiência didática se faz importante no processo de assimilação e construção do conhecimento. Essas atividades podem ser realizadas durante a elaboração da tese de doutorado, para ser feito um diário de bordo juntamente com a experiência didática, priorizando a atividade no Ensino Médio, acompanhando a turma desde o início da aplicação até a conclusão do mesmo, para ser feita a análise dos dados coletados do objeto de pesquisa. A quantidade de aulas pode ser alterada durante a realização da Sequência Didática, pois são realizadas atividades com vídeos, apresentações e execuções de peças, que podem atrasar devido a situações inerentes às atividades.

A pesquisa qualitativa lida com descrições e interpretações de dados sobre realidades sociais, que emergem sobre uma investigação de estudos ou uma experiência, tendo como base dados qualitativos, ou seja, subjetivos. Essa é uma forma de pesquisa potencialmente crítica, que possibilita a discussão dos agentes da pesquisa e deixa ao observador a incumbência de analisar esses dados extraídos do objeto de pesquisa, desde a coleta até a análise.

Esse processo de pesquisa se faz importante na Educação em Ciências, pois o objeto de estudo da qual temos que analisar é passível de valores, diversidades, multiculturas, opiniões diferentes, pluridisciplinares, ou seja, permeia por todas as áreas do conhecimento, não só das Ciências Naturais, mas das Humanidades, da Linguística, etc.

Tendo em vista a perspectiva transdisciplinar, utilizamos do método observacional, juntamente com diários de bordo e imagens coletadas durante a aplicação da Sequência Didática, além de questionários para coletar dados. A pesquisa qualitativa permite que cada pesquisador analise o objeto de estudo a partir de seu próprio referencial, e é importante buscar ferramentas que auxiliem nessa análise e embasamento da pesquisa.

As pesquisas explicativas nas ciências naturais valem-se quase que exclusivamente do método experimental. Nas ciências sociais, em virtude das dificuldades já comentadas, recorre-se a outros métodos, sobretudo ao observacional. Nem sempre se torna possível a realização de pesquisas rigidamente explicativas em ciências sociais, mas em algumas áreas, sobretudo da Psicologia, as pesquisas revestem-se de elevado grau de controle, chegando mesmo a ser designadas "quase-experimentais". (GIL, 2008, p. 43)

É importante ressaltar que a interação das disciplinas é fundamental na construção da pesquisa na área de Ensino, que busca utilizar as Artes em conjunto com conteúdo de Física contemporâneos. Essa abordagem enriquece a cultura científica e reforça a ideia de que a Física também é cultura, como defendido por Zanetic em sua tese de doutorado.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM):

Não se trata, portanto, de elaborar novas lista de tópicos de conteúdo, mas, sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios (BRASIL, 1999 p. 23).

Nossa pesquisa tem como principal objetivo desmistificar a Física como uma disciplina “chata”, difícil ou que envolve apenas memorização de fórmulas, buscando um novo paradigma no Ensino de Ciências que valorize as culturas dos estudantes e envolva contextualmente as atividades de forma transdisciplinar, e não fragmentada. O Ensino de Física deve ser visto não apenas como responsável por fornecer fórmulas para exames, mas também por desenvolver conhecimentos que auxiliem os alunos na resolução de problemas, espírito investigativo e pensamento crítico (LORENZETTI et al, 2016).

Para alcançar esse objetivo, busquei explorar a transdisciplinaridade na perspectiva do pensamento complexo de Edgar Morin para unir as culturas Física e Arte, através de atividades interdisciplinares que utilizam recursos didáticos artísticos como potenciais motivadores e facilitadores no processo de aprendizagem da Física Moderna.

Com atividades que aproximem os alunos do conhecimento científico, podemos realizar uma Sequência Didática a partir dos momentos pedagógicos discutidos e idealizados por Delizoicov et al (2011), onde a problematização assume um papel fundamental. Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento, sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada

como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas (DELIZOICOV et al, 2011, p. 201).

No segundo momento pedagógico, onde se caracteriza a solução do problema, pode-se envolver outras questões para aproximar as outras áreas do conhecimento, como o contexto histórico do filme e o desenvolvimento da computação, que é o tema principal do filme. Mesmo que essas questões não sejam resolvidas de forma clara, a busca por elas enriquece o processo de aprendizagem.

Por último, a aplicação do conhecimento pode ser uma atividade em grupo, uma avaliação ou algo que seja realizado pelos alunos como forma de desenvolverem suas habilidades através do que foi praticado durante a Sequência Didática. A finalização com a aplicação do conhecimento se torna um elemento chave para a conclusão da prática interdisciplinar (SANTOS et al, 2018, p. 118).

Em suma, a transdisciplinaridade se refere ao que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina. Seu objetivo é a compreensão do mundo presente, para o qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento (NICOLESCU, 1999, p. 2). A prática pedagógica torna-se um precursor para a contextualização do conhecimento, onde a interdisciplinaridade se mostra como uma importante estratégia para promover uma aprendizagem mais significativa e integrada entre as diferentes áreas do conhecimento. Ao unir as culturas da Física e da Arte, através de atividades interdisciplinares, é possível incentivar os alunos a se engajarem em um processo de aprendizagem mais ativo e participativo, tornando o ensino de Física mais atrativo e relevante para suas vidas.

Além disso, ao valorizar a bagagem cultural dos estudantes e contextualizar as atividades de forma transdisciplinar, a pesquisa propõe uma mudança de paradigma no Ensino de Ciências, que busca ir além da mera memorização de fórmulas e conceitos, e se concentra na formação de cidadãos críticos, reflexivos e capazes de utilizar o conhecimento científico de forma consciente e responsável.

Nesse sentido, a Sequência Didática proposta como metodologia para a pesquisa, se mostra como uma importante estratégia para desenvolver uma abordagem de ensino que privilegie a problematização e a contextualização do conhecimento, envolvendo os alunos em um processo de construção do saber que valoriza suas vivências, experiências e conhecimentos prévios.

Ao final do processo, espera-se que os alunos sejam capazes de compreender a Física de forma mais ampla e integrada, percebendo sua importância para a

compreensão do mundo e para o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções para os desafios do presente e do futuro.

Quadro 6. Cronograma de Atividades:

<p>1 – Primeiro encontro sobre a Física do “muito grande”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Breve apresentação sobre o projeto, da temática e do doutorando para familiarização dos discentes com as atividades.
<p>1.2 – Primeiro formulário do Google Forms da Avaliação Diagnóstica para verificar os conhecimentos prévios.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durante o preenchimento do formulário pelos alunos a música “Embolada do Tempo” de Alceu Valença irá tocar.
<p>1.3 – Análise da letra da música “Embolada do Tempo” de Alceu Valença irá tocar, enfocando a palavra “tempo”, que é remetida pelo autor diversas vezes, além disso verificar o termo “buraco negro” se é familiar aos alunos ou não.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possíveis perguntas a serem feitas pelo professor: “O que é o tempo?” e “O que é buraco negro?”.
<p>1.4 – Construir uma ideia sobre a Física Contemporânea buscando as diferenças entre a Física Clássica, já bastante vista pelos estudantes, e a Física Moderna, buscando conceitos conhecidos e vistos pelos alunos em alguma obra artística, desde filmes, série, música, desenho, quadrinho, livro, texto, pintura ou qualquer outro meio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Questão a ser explorada: “Quais as diferenças entre a Física Clássica e a Física Moderna?”
<p>1.5 – Mencionar o pai da Física Moderna com a apresentação do cientista mais famoso do século XX, Albert Einstein.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentar um breve histórico sobre o cientista.
<p>1.6 – Análise da letra da música “Xote de Navegação” de Chico Buarque, no intuito de explorar os conceitos da Relatividade presentes na música como: “Pra quem anda na barça. Tudo, tudo passa. Só o tempo não”, dando início as ideias de que o tempo depende da velocidade que se encontra o objeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Começar a falar sobre as possibilidades de viagem no tempo, além de apresentar os postulados da Relatividade.
<p>1.7 – Análise do Quadro de Umberto Boccioni, que retrata a distorção do espaço pela velocidade de um objeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dizer o segundo postulado da relatividade de Einstein relacionando a velocidade da luz com a letra da música anterior e a pintura.
<p>1.8 – Pedir para algum aluno ler o poema Poema: I once saw Einstein on a trem, traduzido para o português.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar os termos importantes como: “dilatação do tempo”, “velocidade da luz”, “a fórmula $E=mc^2$”, além do trecho “Uma régua ao longo do comboio. Fica também contraída pela velocidade”, que se refere a contração do espaço.
<p>1.9 – Falar mais um pouco do experimento do “Trem de Einstein”, que reforça a relatividade do tempo, que passa diferente para quem está no vagão, do que para quem está fora do vagão.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enfatizar a possibilidade de viagem no tempo.
<p>1.10 – Passar a cena do documentário da National Geographic, “Genius, a Vida de Einstein”, que apresenta de forma mais clara como funciona o experimento do Trem de Einstein, em que um diálogo explica como o tempo não é absoluto e depende da velocidade do objeto, além da invariabilidade da velocidade da luz em relação ao referencial inercial.</p>
<p>1.11 – Finalizar a primeira etapa com a explicação das dilatações do tempo e da contração do espaço, mostrando tirinhas que mostram como seria na prática, além de explicar a consequência do paradoxo dos gêmeos.</p>
<p>2 – Segundo encontro sobre a Física do “muito grande”.</p>
<p>2.1 – Iniciar perguntando aos participantes com a pergunta mais intrigante: “É possível viajar no tempo?”.</p>
<p>2.2 – Passar o filme animação “Destiny (Destino)”, produzido por Fabien Weibel, Manuel Alligné, Sandrine Wurster e Victor Debatisse como trabalho na Bellecour Ecole.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Após o filme, abrir a discussão se é recorrente nos filmes esse tipo de roteiro, questionando se alguém já assistiu algum filme parecido, semelhante, como “Feitiço do Tempo”,

<p>“Como se Fosse a Primeira Vez”, “No Limite do Amanhã” ou o recente filme da Amazon “O Mapa das Pequenas Coisas Perfeitas”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Questionar aos alunos se essa possível viagem ao passado não cria um paradoxo do tempo, que nos impede de mudar o que já ocorreu, como princípio da causalidade. - Mencionar a cena do Tony Stark, o Homem de Ferro no filme dos Vingadores, onde ele utiliza de uma teoria da Física para viajar no tempo.
<p>2.3 – Buscar junto aos participantes, compreender o que é o Buraco Negro e do que ele é constituído.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fazer a pergunta: “O que é o buraco negro?”.
<p>2.4 – Mostrar aos alunos a foto tirada do primeiro buraco negro e falar da origem de um buraco negro pela morte de uma estrela supermassiva, e se a nossa estrela mais próxima, o Sol é capaz de se transformar em um buraco negro.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mencionar que a relatividade restrita já foi comprovada através de um eclipse solar verificada no Ceará, em Sobral.
<p>2.5 – Estudar o quadro de Salvador Dali, Christus Hypercubus, que mostra Jesus crucificado em um Hiper cubo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicar aos participantes que um hiper cubo nada mais é que um cubo em 4 dimensões espelhado na nossa percepção de 3 dimensões. - Falar sobre a Relatividade Geral, dando ênfase a quarta dimensão temporal, teorizada por Einstein e depois comprovada pelas ondas gravitacionais.
<p>2.6 – Passar o trecho de Cosmos, documentário apresentação pelo mais famoso divulgador científico da história, Carl Sagan.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A explicação de Carl Sagan através do Hiper cubo remete a obra de Salvador Dali, que já tinha compreensão das ideias da Física Contemporânea e se inspirava nelas para poder retratar em diversos dos seus quadros.
<p>2.7 – Voltar a questão da viagem no tempo, agora indagando aos participantes se é possível atravessar por um buraco negro e o que encontraremos, se possível, do outro lado de um, já que os filmes exploram bastante essas teorias.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicar o efeito espaguete e o “atalho” no espaço tempo feito através de um buraco de minhoca ou Schwarzschild ou pontes de Einstein-Rosen.
<p>2.8 – Apresentar o buraco negro de Stephen Hawking, com sua vida retratada no filme “A Teoria de Tudo”.</p>
<p>2.9 – Mostrar outro quadro de Salvador Dali, “Relógio mole no momento da primeira explosão. Período: Surrealismo. Criação: 1954”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uma retomada da relatividade restrita para explicar essas retratações de relógios moles, devido a dilatação do tempo e contração do espaço.
<p>2.10 – Passar a música para os estudantes “Tempo e Espaço”, de Paulo Vanzolini, no intuito de falar sobre a curvatura do espaço-tempo por conta da gravidade.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicar novamente como funciona a Relatividade Geral de Einstein e tentar relacionar aos buracos negros. - Verificar pela letra da música alguns trechos que mencionam a relatividade geral como “E a linha de mundo é uma reta fechada.”, - Verificar pela letra da música outros trechos que mencionam os buracos negros e como eles distorcem o espaço-tempo, sugando até a luz. “Périplo, ciclo, jornada de luz consumida”. - Tentar relacionar com o trecho “De órbitas instáveis. É que eu me mantenho”, com a Gravitação Universal de Newton e a Relatividade Geral de Einstein.
<p>2.11 – Finalizar com a Avaliação Somativa pelo Google Forms.</p>
<p>3 – Terceiro encontro sobre a Física do “muito pequeno”.</p>
<p>3.1 – Segundo formulário do Google Forms da Avaliação Diagnóstica para verificar os conhecimentos prévios.</p>
<p>3.2 - Durante o preenchimento do formulário pelos alunos a música “Dois mil e um” de Os Mutantes irá tocar.</p>
<p>3.3 – Análise da letra da música “Dois mil e um” de Os Mutantes, enfocando o termo “velocidade da luz”, assim como discutir o termo “ano-luz” para verificar o entendimento dos alunos se é um conceito de tempo ou de espaço.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possíveis perguntas a serem feitas pelo professor: “Algo pode ser mais rápido que a luz?”, “O que é galáxia” e “O que é ano-luz?”.

<p>3.4 – Construir uma ideia sobre a Física Contemporânea buscando responder à questão o átomo e o que o constitui, já bastante vista pelos estudantes em Química, e a Física Moderna, buscando conceitos conhecidos e vistos pelos alunos em alguma obra artística, desde filmes, série, música, desenho, quadrinho, livro, texto, pintura ou qualquer outro meio.</p> <p>- Questão a ser explorada: “Qual o modelo que melhor descreve o átomo?”</p>
<p>3.5 – Mencionar outro importante físico para a Física Moderna com a apresentação do cientista Bohr.</p> <p>- Apresentar um breve histórico sobre o cientista e falar sobre o espectro eletromagnético no intuito de remeter o que os alunos já estudaram em Química.</p> <p>- Apresentar também a Teoria Quântica, originada pelos estudos de Marx Plank mencionando a radiação do corpo negro</p>
<p>3.6 – Análise do curta metragem “Velázquez – E a Teoria Quântica da Gravidade” dirigido por Jorge Furtado, no intuito de explorar os conceitos da Mecânica Quântica presentes no filme: “Como uma lagartixa se prende na parede?”, separando os estudos dos átomos, pela física do muito pequeno e os estudos dos astros pela física do muito grande.</p> <p>- Começar a falar sobre as possibilidades de teletransporte, além de apresentar o Efeito Fotoelétrico, que deu o prêmio Nobel para Albert Einstein.</p>
<p>3.7 – Análise da letra da música “Quanta” de Gilberto Gil, que vai falar sobre a matéria e como ela é constituída.</p> <p>- Discutir com a turma o que seria os quanta e diferenciar com os fótons, que provavelmente é mais familiarizado pelos estudantes.</p>
<p>3.8 – Pedir para algum aluno ler o poema Poema Einstein came down as wolf on the de Paul Davies, traduzido para o português.</p> <p>- Verificar os termos importantes como: “efeito fotoelétrico”, “quantização da luz”, “momento linear e a energia”</p> <p>- Pedir para outro aluno ler o poema “Poema: I like relativity and quantum theory” de PH Lawrence.</p> <p>- Discutir sobre o trecho “teoria da relatividade e da teoria quântica” e também “Porque não as entendo” no intuito de verificar se alguém compartilha dessa ideia também e porque isso é algo de difícil compreensão.</p>
<p>3.9 – Ler o Poema de Eugenio Lisboa, Bohr, 2001. Poema publicado em “O Ilimitável” Bohr.</p> <p>- Concomitante a isso mostrar o quadro de Oposição. Salvador Dalí (1952).</p>
<p>3.10 – Passar o filme animado do Doutor Quântico para explicar e visualizar melhor o experimento da fenda dupla.</p> <p>- O trecho dessa animação é retirado do filme “Quem Somos Nós – Uma Nova Evolução”, o Capitão, pois através desse experimento deu-se origem à Física Quântica, além disso perguntar para alguém se o filme é comum ou se alguém já assistiu algum filme ou livro parecido ou leu o livro que se baseou o filme.</p>
<p>3.11 – Finalizar a primeira etapa com a explicação do Experimento da dupla fenda, que é o experimento de Thomas Young.</p>
<p>4 – Quarto encontro sobre a Física do “muito pequeno”.</p>
<p>4.1 – Iniciar perguntando aos participantes com a pergunta mais intrigante: “É possível Teletransportar?”</p>
<p>4.2 – Explicar o que é o princípio de incerteza e consiste num enunciado da mecânica quântica formulado em 1927 por Werner Heisenberg.</p> <p>- Falar sobre o gato de Schrödinger utilizando um quadrinho sobre a série “The Big Bang Theory”, que é um experimento ilustrativo e mental que procura ilustrar a interpretação de Copenhagen da mecânica quântica, imaginando-a aplicada a objetos do dia-a-dia.</p> <p>- Fazer uma alusão ao princípio de incerteza de Heisenberg sobre a impossibilidade de se calcular a posição e a velocidade de uma partícula, assim como é impossível saber se o gato está vivo ou morto.</p>
<p>4.3 – Buscar junto aos participantes, compreender o que é o Buraco Negro e do que ele é constituído.</p> <p>- Fazer a pergunta: “O que é o buraco negro?”.</p>

<p>4.4 – Mostrar aos alunos a foto tirada do primeiro buraco negro e falar da origem de um buraco negro pela morte de uma estrela supermassiva, e se a nossa estrela mais próxima, o Sol é capaz de se transformar em um buraco negro.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mencionar que a relatividade restrita já foi comprovada através de um eclipse solar verificada no Ceará, em Sobral.
<p>4.5 – Fazer outra pergunta pertinente aos estudantes: “O que é Radioatividade?”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falar sobre a vida de Marie Curie, enfatizando o feminismo, pois temos referências de cientistas apenas homens, e porque não de mulheres como essa que ganhou dois prêmios Nobel, por Física e Química.
<p>4.6 – Começar falar sobre a Física Nuclear, mostrando uma bomba atômica e fazendo a pergunta: “Como é feito a bomba atômica?”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mencionar o crime cometido pelos EUA em Iroshima e Nagazaqui, que matou milhares de japoneses no fim da Segunda Guerra Mundial. - Tentar explicar o processo de Fissão Nuclear.
<p>4.7 – Também falar sobre a Fusão Nuclear, explicando que é u processo contrário ao da Fissão Nuclear.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Questionar aos alunos com a pergunta: “No Sol há fogo?”, verificando as respostas deles para dizer que há outro processo, que é o de fissão nuclear, portanto não necessitando do oxigênio, já que a combustão só há na presença dele.
<p>4.8 – Apresentar um acelerador de partículas, também visto no início da apresentação por um gif, e fazer a pergunta: “Como o homem descobriu as partículas?”.</p>
<p>4.9 – Mostrar outro quadro de Salvador Dali, “Galátea de esferas”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fazer novamente o questionamento da estrutura da matéria, através do quadro, a imagem de sua esposa e musa, Gala, é composta pela união de várias esferas (átomos).
<p>4.10 – Passar ao filme curta-metragem do projeto Animafísica que é o desenho animado “Quarks e Léptons”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discutir com as estudantes se eles conhecem alguma partícula além das conhecidas, prótons, nêutrons e elétrons. - Verificar com os estudantes se eles sabem que o acelerador de partículas estuda essa área da Física Moderna.
<p>4.11 – Falar sobre a Teoria do Tudo para iniciar uma breve explicação das 4 forças elementares do universo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mencionar o filme “A Teoria de Tudo”, que é sobre a biografia do cientista famoso Stephen Hawking.
<p>4.12 – Passar a música “Todo o Universo” de Lula Santos, para os alunos realizarem a Atividade final, que é o questionário formativo e somativo.</p>

Fonte: O Autor.

Dividimos a atividade, detalhada no Quadro 6, em dois momentos pedagógicos, o primeiro com o título da “Física do Muito Grande”, englobando a Relatividade Restrita e Geral, realizando uma viagem na Física Moderna através dos estudos iniciados pelo físico Albert Einstein com a Teoria da Relatividade, e essa viagem percorreu por obras de artes como pinturas de Salvador Dali, músicas dos Mutantes e filmes de Ficção Científica, permitindo que a Arte fizesse com que os sentidos fossem aguçados para o estudo da Física, que abstraíssem por conceitos intangíveis, no intuito de podermos compreender o tangível, como mostra a Figura 12.

No segundo momento, intitulado de “Física do Muito Pequeno”, onde realizamos outra viagem mais intangível que a Física do Muito Grande, que faz a

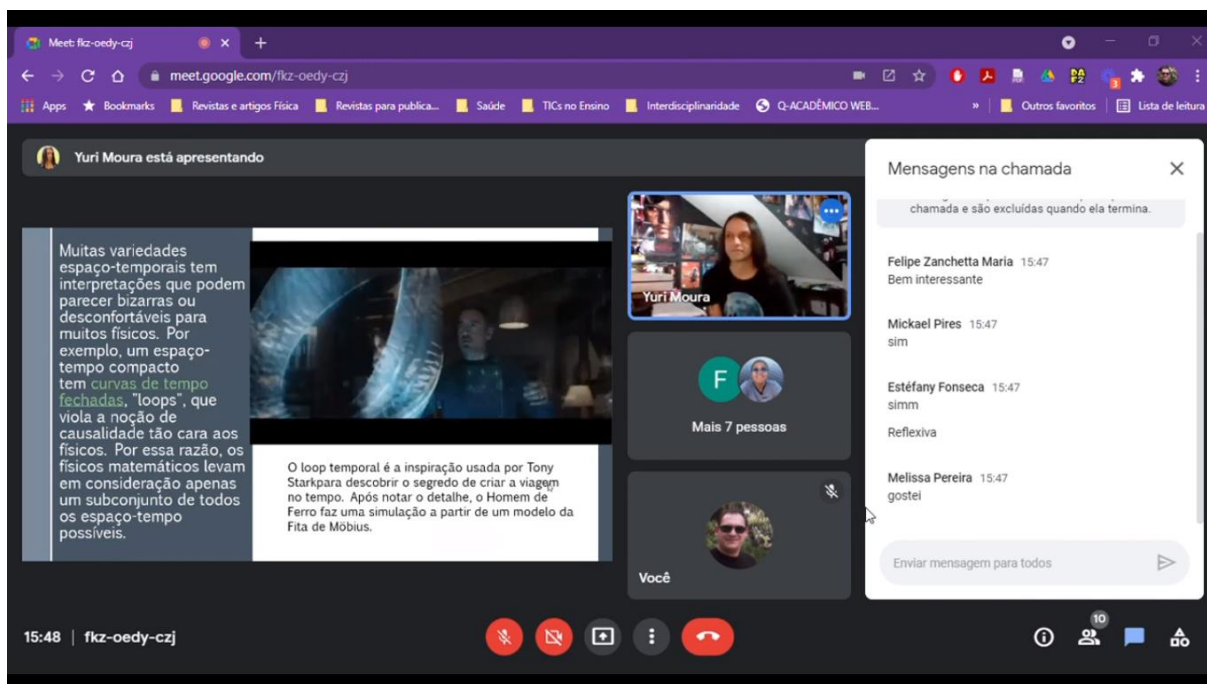
viagem no tempo parecer um passeio na floresta, que é a dos efeitos quânticos, onde é possível um elétron poder estar em dois estados simultâneos de spin (*up* ou *down*), além de descobrirmos o mistério no Gato de Schrödinger, em que um gato poderia estar simultaneamente vivo e morto ao mesmo tempo através de um experimento filosófico. Oliveira et. al. (2007) apresenta um olhar de preocupação sobre o Ensino de Física onde afirma que é comum, nas aulas da disciplina, os alunos trazerem discussões sobre assuntos que leram ou ouviram em revistas, jornais e telejornais e que, por serem mais atuais e/ou estarem presentes no seu dia a dia, despertam neles um interesse em conhecer e entender que princípios físicos explicam dado fenômeno.

Apesar de não ter tido uma participação mais ativa dos estudantes, podemos verificar que um grupo considerável apresentou interesse e participou da Sequência Didática, ainda que o maior empecilho seja a aula remota, devido à pandemia, pois a aula presencial tem maior facilidade de comunicação e interação entre alunos, pois eles podem se comunicar entre si. A sequência didática proposta pelos autores apresenta uma abordagem interdisciplinar entre a Física e a Arte, buscando aproximar os conteúdos científicos com outras áreas do conhecimento. Através da utilização de obras de arte, músicas e filmes, os estudantes foram convidados a viajar pela Física Moderna, percorrendo conceitos como Relatividade Restrita e Geral, efeitos quânticos e experimentos filosóficos como o do Gato de Schrödinger.

Além disso, a realização de avaliações formativas e somativas durante a sequência didática demonstra um compromisso dos autores com a avaliação como uma ferramenta pedagógica importante, que pode ajudar a identificar as dificuldades dos estudantes e orientar a prática docente.

Porém, apesar do interesse demonstrado por uma parcela dos estudantes, a pandemia parece ter sido um fator que dificultou a participação mais ativa e interativa dos alunos durante a sequência didática, o que evidencia a importância de se buscar alternativas e estratégias de ensino que possam superar essas limitações.

Figura 12. Atividade remota.



Fonte: do autor, link: <https://www.youtube.com/watch?v=4RXwLNn7vUE&t=229s>

A sequência didática descrita no Quadro 7 apresenta atividades relacionadas à Física do "Muito Grande" e do "Muito Pequeno". Essas atividades serão realizadas em aulas síncronas e incluem avaliações diagnósticas, formativas e somativas.

Quadro 7. Cronograma da Sequência Didática:

Datas	Etapas	Especificação da Atividade
23/08/2021 (síncrona)	Avaliação Diagnóstica através do formulário do Google Forms / Início da Sequência Didática	Verificar os conhecimentos prévios dos alunos e suas motivações com o curso, buscando aproximá-los de uma cultura científica.
30/08/2021 (síncrona)	Continuação da Sequência Didática sobre a Física do "Muito Grande" / Realização da avaliação Formativa concomitante.	Aproximar os conteúdos de Física Moderna, como Relatividade Geral e Especial com as Artes, como por exemplo: pinturas de Salvador Dali, Músicas, Curtas e Poesias
06/09/2021 (síncrona)	Continuação da Sequência Didática sobre a Física do "Muito Pequeno" / Realização da avaliação Formativa concomitante.	Aproximar conteúdos, como Física Quântica, Radioatividade, Física Nuclear, através de Letras de música, como Quanta, de Gilberto Gil.
13/09/2021 (síncrona)	Finalização da atividade com uma avaliação somativa.	Verificar as potencialidades transdisciplinares entre Física e Arte.

Fonte: do autor.

Na primeira aula, foram verificados os conhecimentos prévios dos alunos e suas motivações com o curso, buscando aproximar os estudantes de uma cultura científica. Já nas aulas seguintes, foram abordados os temas da Física do "Muito Grande" e do "Muito Pequeno", respectivamente, e foram realizadas avaliações formativas concomitantes.

Uma estratégia interessante é a aproximação dos conteúdos de Física Moderna com as Artes, como por exemplo: pinturas de Salvador Dali, Músicas, Curtas e Poesias. Isso pode ajudar a tornar a aprendizagem mais significativa e estimular a criatividade dos alunos.

Ao final, foi realizada uma avaliação somativa para verificar as potencialidades transdisciplinares entre Física e Arte.

Em geral, a sequência didática parece ser bem planejada e estruturada. A abordagem interdisciplinar pode contribuir para despertar o interesse dos alunos e tornar a aprendizagem mais atraente. Além disso, a realização de avaliações formativas e somativas pode ajudar a avaliar o progresso dos alunos e orientar o processo de ensino e aprendizagem.

11. Resultados

Embora os dados da pesquisa tenham uma interpretação qualitativa, tratou-se de um estudo quanti-qualitativo, e não meramente quantitativa. O intuito dessa tese não se limita a verificar a ocorrência do tema “Física Moderna” e “Arte” nas plataformas de pesquisas, assim como também identificar e analisar quais dessas publicações trabalharam de forma interdisciplinar. Vimos que apenas uma dessas publicações utilizou da sua fundamentação a transdisciplinaridade para fundamentar sua pesquisa na perspectiva do pensamento complexo de Edgar Morin, e é nessas ideias que se baseou também essa tese.

Assim, nosso objetivo não foi apenas apresentar um trabalho sobre a transdisciplinaridade no ensino de Física utilizando a Arte como recurso didático criativo e objeto motivador e facilitador no processo de ensino aprendizagem. É um campo de pesquisa que pode ser explorado, e é nesse sentido que essa tese propõe em fazer, preparar o Estado da Arte para possíveis pesquisas nesse objetivo de romper com o ensino tradicional e buscar caminhos que seja mais satisfatórios no ensino de Física, principalmente sobre a Física Moderna, que é tão pouco explorado nas nossas aulas e na formação de professores, e assim um dia estaremos mais inseridos em uma cultura científica que possa ser popularizada e diversificada com as especificidades de cada região e de cada realidade, até porque isso seria pensar transdisciplinar e valorizarmos o multiculturalismo.

Por fim, conclui-se que esse tema de pesquisa tem sido uma fonte cada vez mais explorada pelos professores e pesquisadores. Pensar na Física como cultura pode ser interessante para a desconstrução da visão que a sociedade tem sobre a disciplina de Física, e emancipar os educandos para que eles possam ser coadjuvantes no processo pedagógico, fortalece a transdisciplinaridade entre essas duas culturas, até porque verificamos que trabalhar com o par Física e Arte é engrandecer o ensino de Física e aprofunda o multiculturalismo na educação. Por isso, é interessante fazermos essa revisão na literatura para que possamos avançar mais nesse campo do conhecimento e termos mais Artigos, Dissertações e Livros, já que ainda carecem muito dessas pesquisas, principalmente de Teses, por não termos encontrado ainda.

11.1. Sequência Didática

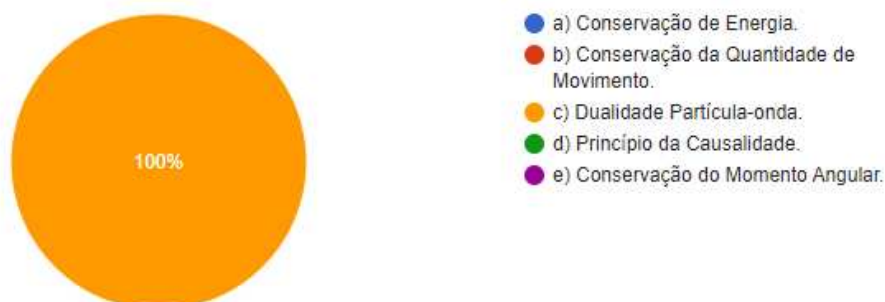
Apesar de não ter tido uma participação mais ativa dos estudantes, podemos verificar que uma porcentagem apresentou interesse e participou da Sequência Didática, ainda que o maior empecilho seja a pandemia, pois a aula presencial tem maior facilidade de comunicação e interação entre alunos, pois eles podem se comunicar entre si.

E conforme a atividade foi sendo feita, a dispersão foi constatada, por exemplo, nos questionários feitos no Google Forms, 19 alunos participaram da primeira avaliação diagnóstica, enquanto que foi decrescendo para 15 alunos na avaliação somativa e formativa e 13 alunos no último questionário.

Figura 13. Questionário feito aos alunos participantes.

9) (ITA - 2002) Um trecho da música Quanta, de Gilberto Gil, é reproduzido no destaque abaixo. Fragmento infinitésimo Quantum granulado do mel Quantum ondulado do sal Mel de urânio, sal de rádio Qualquer coisa quase ideal As frases Quantum granulado no mel e Quantum ondulado do sal relacionam-se, na Física, com:

14 respostas



Podemos destacar algumas respostas, como a que envolvia a música “Quanta” de Gilberto de Gil e era uma questão do ITA, todos os alunos acertaram, como mostra a Figura 13. Considerando as respostas dos estudantes, é possível levantar a hipótese de que alguns deles podem ter pesquisado a resposta na internet, já que a questão é conhecida como uma das questões do vestibular do ITA de 2002. É importante lembrar que essa prática não é incentivada, pois a resposta correta deve ser fruto do conhecimento adquirido em sala de aula e não de consultas externas. Dito

isso, é possível analisar que a maioria dos estudantes (100%) identificou corretamente que as frases "Quantum granulado no mel" e "Quantum ondulado do sal" relacionam-se com a Dualidade Partícula-onda da Física. Essa é uma teoria importante que explica a natureza dupla das partículas subatômicas, que possuem características de partículas e ondas simultaneamente.

Os estudantes apresentaram uma variedade de respostas em relação ao filme "Velázquez e a Teoria Quântica da Gravidade", Figura 14. A maioria dos estudantes (11 de 15) acredita que as leis que se aplicam ao microscópico são as mesmas que se aplicam ao macroscópico.

Figura 14. "Velázquez e a Teoria Quântica da Gravidade".



Todos os estudantes (15 de 15) afirmam que as leis que regem o muito pequeno são as leis da mecânica quântica, enquanto 14 de 15 afirmam que as leis que regem o muito grande são as leis da relatividade geral. Em relação à diferença crucial entre as artes e a ciência, os estudantes apresentaram respostas diversas, mas a maioria (6 de 10) afirmou que na arte, uma nova descoberta não altera a descoberta anterior, enquanto na ciência, cada nova lei substitui as anteriores.

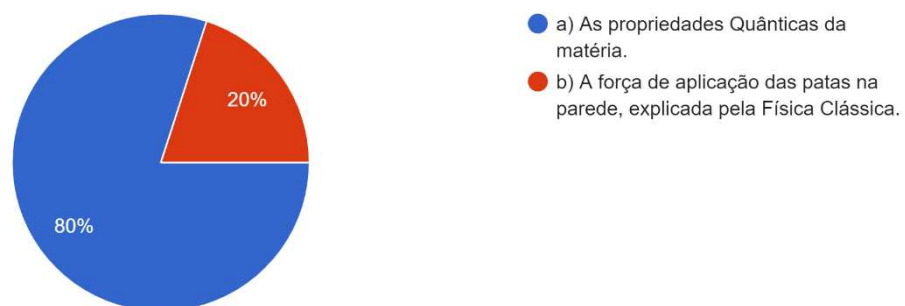
De acordo com as respostas da Figura 15, 12 dos 15 estudantes acreditam que as propriedades quânticas da matéria são responsáveis pela lagartixa ficar presa na parede, enquanto 3 acreditam que é a força de aplicação das patas na parede,

explicada pela física clássica. Isso sugere que a maioria dos estudantes está ciente da relação entre a mecânica quântica e as propriedades da matéria em escala microscópica, que podem influenciar fenômenos macroscópicos como a aderência da lagartixa à parede. No entanto, alguns ainda podem não ter uma compreensão completa do assunto, já que três estudantes optaram pela explicação da física clássica, que não leva em consideração a escala microscópica.

Figura 15. Sobre o filme "Velázquez e a Teoria Quântica da Gravidade".

4) Segundo o filme, o que faz uma lagartixa ficar presa na parede?

15 respostas

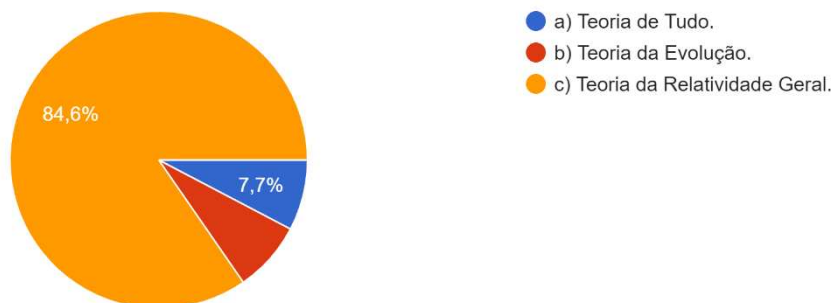


Sobre a música "Tempo e Espaço" de Paulo Vanzoline, a maioria dos estudantes (84,6%) acertou ao identificar que a referência do compositor na frase "Tempo e espaço eu confundo" é a Teoria da Relatividade Geral. Apenas uma minoria (7,7%) escolheu a opção "Teoria de Tudo" e "Teoria da Evolução", que não estão diretamente relacionadas à frase em questão. Portanto, pode-se concluir que a maioria dos estudantes demonstrou ter conhecimento sobre a Teoria da Relatividade e compreendeu a referência do compositor na música, como mostra a Figura 16.

Figura 16. Questão sobre a música Tempo e Espaço de Paulo Vanzoline.

5) No trecho “Tempo e espaço eu confundo”, você acredita que o compositor se refere a qual teoria?

13 respostas

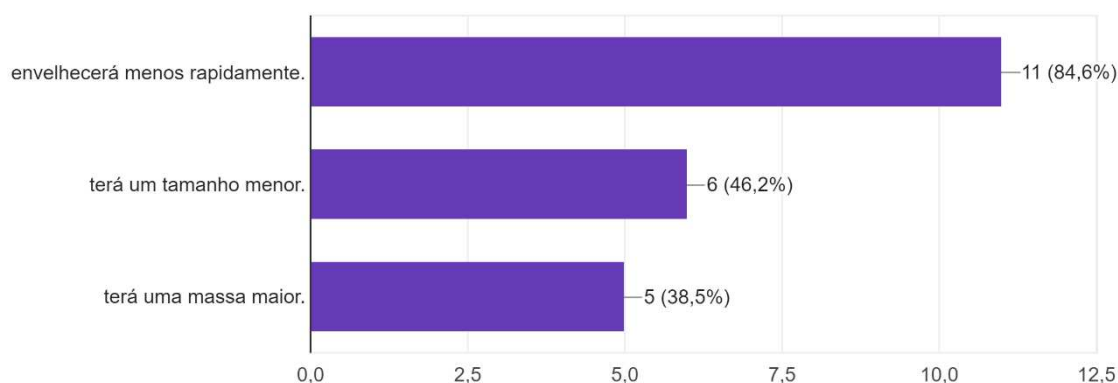


A análise das respostas dos estudantes do questionário da Figura 17 indica que a grande maioria (84,6%) entendeu corretamente que uma pessoa que acelera para viajar a uma velocidade próxima à da luz envelhecerá menos rapidamente, de acordo com a Teoria da Relatividade (Geral) de Einstein. Da mesma forma, a maioria também acertou que a pessoa terá um tamanho menor, outro efeito previsto pela teoria (84,6%). No entanto, apenas cerca de metade dos estudantes (46,2%) respondeu corretamente que a pessoa terá uma massa maior. É importante ressaltar que esses conceitos da Teoria da Relatividade não são de fácil compreensão e exigem conhecimentos avançados de física. Portanto, é encorajador que a maioria dos estudantes tenha compreendido corretamente alguns dos efeitos da teoria. No entanto, é preciso continuar trabalhando o tema para que todos possam entender completamente os conceitos envolvidos.

Figura 17. Questão adaptada de vestibular.

7) (UNISINOS-RS - Adaptado) Segundo a Teoria da Relatividade de Einstein, uma pessoa que viaja a uma velocidade próxima à da luz, vista por outra considerada em repouso, assinale se verdadeiro.

13 respostas



Fonte: o autor.

Já em relação à afirmação de que a Mecânica Clássica não impõe limite para o valor da velocidade que uma partícula pode adquirir, a maioria respondeu que é falso, o que também está correto. Na Mecânica Clássica (não simplesmente Newtoniana), a velocidade máxima que uma partícula pode atingir é a velocidade da luz, que é uma constante universal.

Por fim, a maioria dos estudantes responderam corretamente que um objeto em movimento com velocidade próxima à da luz terá uma massa maior. Isso se deve ao fato de que a massa de um objeto em movimento aumenta à medida que sua velocidade se aproxima da velocidade da luz, o que também é uma consequência da Teoria da Relatividade.

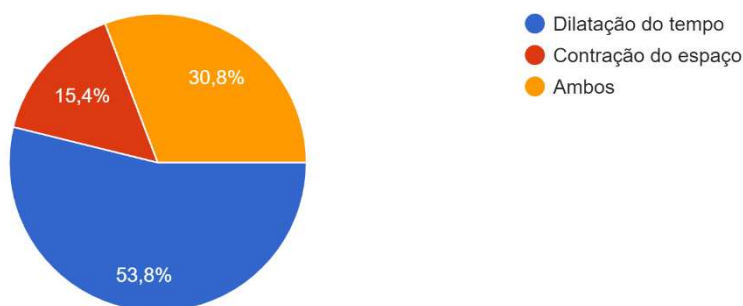
Em geral, as respostas indicam que os estudantes possuem um bom conhecimento sobre os conceitos fundamentais da Teoria da Relatividade de Einstein. No entanto, algumas respostas indicam que ainda existem algumas confusões conceituais, como a ideia de que a Mecânica Clássica não impõe limite para a velocidade máxima de uma partícula. A análise das respostas dos estudantes à pergunta "Qual a diferença crucial que separa as Artes da Ciência segundo o filme?" revela que nem todos assistiram ao filme ou prestaram atenção suficiente para responder à pergunta. No entanto, algumas respostas indicam que a diferença crucial entre arte e ciência, de acordo com o filme, é a maneira como novas descobertas são

tratadas. Enquanto na arte, uma nova descoberta não altera a descoberta anterior, na ciência, uma nova descoberta substitui a anterior. Algumas respostas também indicam que as artes são subjetivas, enquanto a ciência é baseada em fatos e evidências. No geral, as respostas sugerem que os estudantes têm alguma compreensão das diferenças entre arte e ciência, mas nem todos conseguiram conectar as informações do filme à pergunta específica.

Figura 18. Questão sobre o quadro “A persistência da memória” de Salvador Dali.

10) Sobre o quadro de Savador Dali, o que faz os relógios ficarem dessa forma?

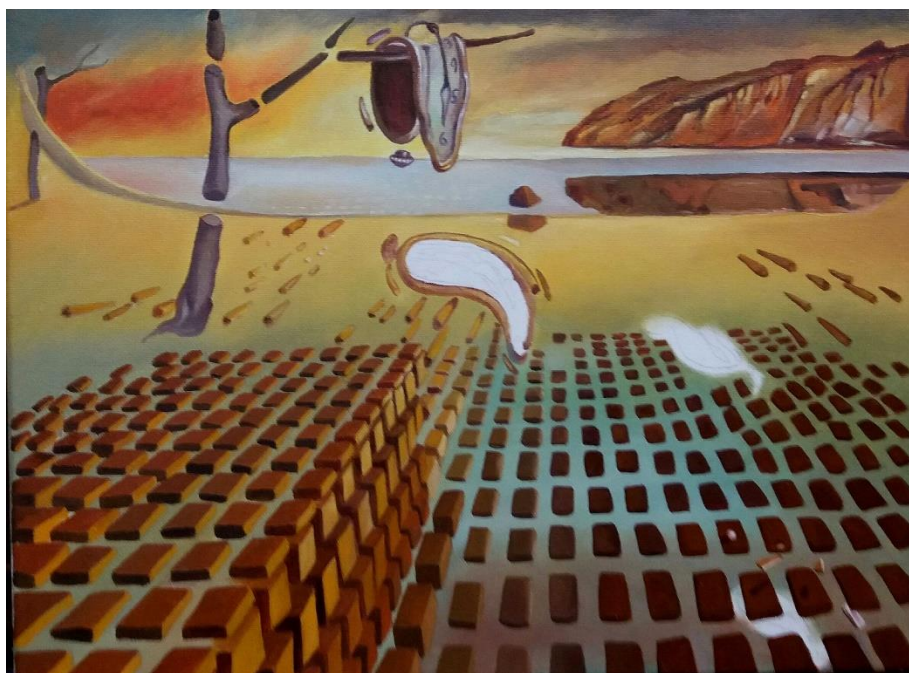
13 respostas



Outra questão, Figura 18, que podemos destacar, é uma questão mais complexa, elaborada pelo autor, mas que não teve a mesma expressividade de respostas corretas, em que apenas 53,3% dos alunos conseguiram acertar a questão, mas sem interferência do professor e dos alunos, pois o questionário era apresentado após o fim da atividade, e podemos concluir que os alunos possam ter esquecido o quadro do Salvador Dalí, Figura 19.

As respostas dos alunos indicam uma percepção positiva sobre a importância de se abordar a Física Moderna no Ensino Médio. Muitos alunos destacaram que a Física Moderna pode ser vista como um tema mais atraente e interessante, principalmente porque é um tema presente na cultura pop e em filmes de ficção científica. Além disso, alguns alunos mencionaram que a Física Moderna pode ajudar a desenvolver o pensamento científico e crítico dos alunos, ao abordar temas mais abrangentes que vão além das fórmulas e conceitos da Física Clássica.

Figura 19. Quadro de Salvador Dali, “A desintegração da persistência da Memória”



Fonte: o autor.

No entanto, alguns alunos também mencionaram que a Física Moderna pode ser difícil de ser incorporada na grade de matérias do Ensino Médio e que seria mais importante focar inicialmente na Física Clássica para depois introduzir a Física Moderna. Alguns alunos também destacaram que tiveram um ensino de Física pobre ou pouco informativo durante o Ensino Médio e que a introdução da Física Moderna poderia ajudar a tornar o ensino mais interessante e estimulante.

Em geral, as respostas indicam que há uma percepção positiva sobre a importância da Física Moderna no Ensino Médio e que muitos alunos acreditam que a introdução desse tema pode ajudar a tornar o ensino de Física mais atraente e interessante. No entanto, há também uma percepção de que a introdução da Física Moderna pode ser um desafio para os professores e para o sistema educacional como um todo, devido à sua complexidade e à necessidade de atualização constante dos conteúdos.

11.2. Estudo exploratório

No caso do Planetário, três apresentações na redoma chamaram a atenção do público no período da pesquisa nos mês de junho de 2022, que foram o show sobre a “Astronomia Catigueira”, produção regional que explora o bioma da região Nordeste, e principalmente da Caatinga, que abrange boa parte da região Sudoeste, que é localizada a cidade de Vitória da Conquista, e também o show sobre “O Fantasma do Universo” (The Phantom of Universe), que é uma produção internacional que explorou a matéria escura, mostrando como os cientistas a descobriram e têm desenvolvido pesquisa a respeito através dos aceleradores de partículas. E por último, a apresentação de “Estrelas dos Faraós”, que conta como o Egito antigo de 6.000 anos atrás fizeram o primeiro calendário solar, alinhando seus templos e pirâmides, e contaram o tempo pelas estrelas, descobrindo a ligação que os antigos egípcios sentiam com os céus e exploravam os templos mais espetaculares e túmulos do mundo antigo.

Com base nos resultados da pesquisa, Figura 20, é possível notar que a apresentação mais assistida pelos visitantes do planetário foi "O Fantasma do Universo", com uma taxa de 87,5%. Por outro lado, "Estrelas dos Faraós" teve a menor taxa de visualização, com apenas 25%.

Além disso, metade dos participantes assistiu a apresentação "Astronomia Catigueira", enquanto 12,5% assistiram ambas as apresentações, porém essa opção não estava disponível para escolha na pesquisa. Esses dados podem ser úteis para a equipe do planetário em planejar futuras apresentações, considerando a preferência do público pelos diferentes temas.

A partir dos resultados apresentados na Figura 21, é possível afirmar que a visita ao planetário teve um impacto positivo no aprendizado dos participantes sobre física e astronomia. Esses resultados indicam que o planetário é uma ferramenta eficaz para disseminar conhecimentos científicos e despertar o interesse do público em relação a essas áreas de estudo.

Além disso, é importante destacar que a maioria dos participantes afirmou ter assistido à apresentação "O Fantasma do Universo", o que pode indicar que essa apresentação possui uma abordagem interessante e envolvente para o público. Com base nesses dados, é possível sugerir que os gestores de planetários e instituições

de ensino utilizem essas informações para aprimorar as apresentações e torná-las ainda mais atrativas e educativas para o público.

Figura 20. Questão sobre o quadro “A desintegração da persistência” de Salvador Dali.

10) Sobre o quadro de Savador Dali, “A desintegração da persistência da memória” o que representa os blocos?

15 respostas

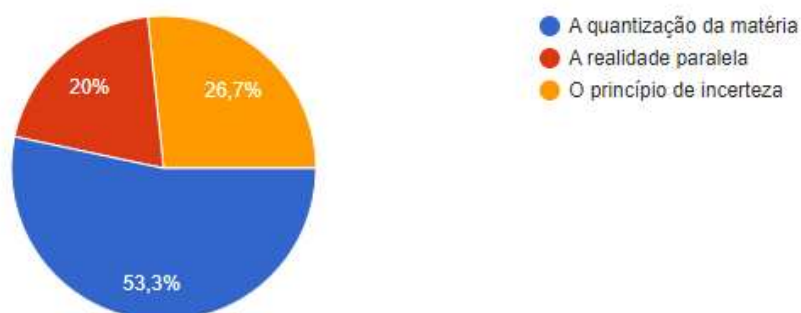
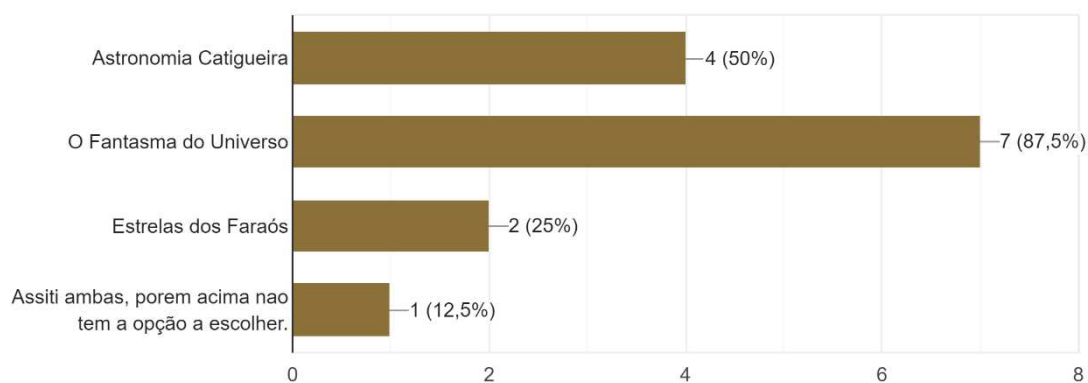


Figura 21. Apresentações no período da realização do Estudo Exploratório.

Qual dessas apresentações você assistiu?

8 respostas

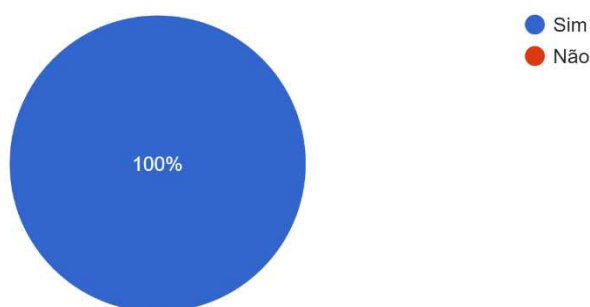


Os resultados apontam na Figura 22 para uma disparidade no conhecimento prévio dos participantes sobre a matéria escura, com 75% afirmando já ter ouvido falar

sobre o tema e 25% declarando desconhecimento. Essa diferença pode estar relacionada a diferentes níveis de interesse e acesso à informação científica, além de fatores educacionais e culturais. A partir desses resultados, pode-se inferir a importância de estratégias educacionais e divulgação científica que busquem ampliar o conhecimento da população sobre temas científicos complexos e relevantes, como a matéria escura, promovendo assim uma maior compreensão e valorização da ciência. A resposta dos participantes indicando que a maioria (87,5%) já tinha ouvido falar do fenômeno do Halo Lunar pode indicar um público interessado em astronomia e com algum conhecimento prévio sobre o tema. Isso pode ser visto como uma oportunidade para o planetário aprofundar a exploração do assunto, oferecendo informações mais avançadas e instigantes. Já os 12,5% que afirmaram nunca ter ouvido falar do Halo Lunar podem representar um público mais iniciante e, portanto, demandar uma abordagem mais básica sobre o tema. Essas informações podem ser úteis para a equipe do planetário planejar futuras apresentações e atividades de divulgação científica.

Figura 22. Sobre o aprendizado, segundo os participantes.

Você aprendeu algo sobre a Física e a Astronomia durante a apresentação no planetário?
8 respostas

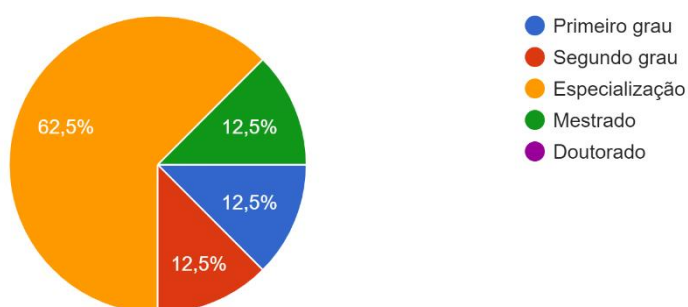


Os resultados a respeito da faixa etária dos visitantes indicam que a maioria é composta por pessoas com mais de 35 anos, com 3 participantes nessa faixa etária. Isso pode indicar que o planetário é mais frequentado por pessoas mais velhas, possivelmente por terem mais interesse ou por terem mais disponibilidade de tempo para visitar o espaço. No entanto, a presença de participantes mais jovens, como uma

peessoa de 24 anos, sugere que o planetário também atrai um público diverso. É importante considerar a faixa etária dos visitantes ao planejar futuras atividades ou programas para garantir que haja uma variedade de opções que atendam a diferentes idades e interesses. Baseado nas respostas, é possível perceber que há uma diversidade de profissões entre os visitantes do planetário, incluindo profissionais da área de tecnologia, educação e finanças. A presença de professores, tanto do Ensino Médio quanto de Física, pode indicar um interesse em ciência e astronomia, o que pode influenciar na escolha de atividades culturais. Além disso, a presença de profissionais de outras áreas pode demonstrar um interesse mais amplo em ciência e tecnologia, além de indicar a relevância desses temas em diversas áreas do conhecimento. Na Figura 23 é possível perceber uma heterogeneidade em relação à escolaridade dos visitantes do planetário. A maioria dos participantes (cinco) possui algum tipo de especialização, o que indica um público com um maior nível de conhecimento em determinadas áreas. Além disso, a presença de um participante com mestrado sugere que o planetário pode ser um espaço de interesse também para profissionais com um alto grau de especialização. No entanto, a presença de dois participantes com níveis de escolaridade mais baixos (primeiro e segundo grau) também indica que o planetário pode ser um espaço acessível e interessante para uma gama diversa de públicos. Essa heterogeneidade de escolaridade pode indicar um desafio para a equipe do planetário em apresentar conteúdos de forma adequada e acessível para diferentes níveis de conhecimento e escolaridade.

Figura 23. Nível de escolaridade dos participantes.

Qual o seu grau de escolaridade?
8 respostas



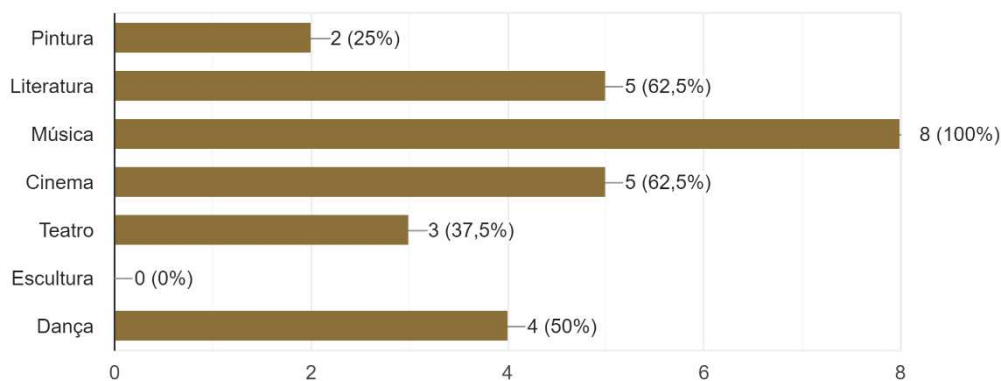
A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que a maioria do público visitante do planetário se identifica com o gênero masculino, representando 87,5% das respostas. Por outro lado, apenas 12,5% se identificaram como mulheres. Podemos concluir que a maioria do público presente no planetário demonstrou interesse e afinidade pela astronomia, além de uma maioria também gostar de física e todos gostarem de artes. Esses resultados podem indicar a importância de uma abordagem interdisciplinar na divulgação científica, explorando conexões entre diferentes áreas do conhecimento para despertar o interesse do público e promover uma melhor compreensão das ciências e sua relação com a cultura e as artes.

A análise desses dados mostra na Figura 24, que a maioria do público visitante do planetário tem interesse em artes, principalmente em música, literatura e cinema, com 100%, 62,5% e 62,5% dos participantes, respectivamente. A pintura, teatro e dança tiveram menor número de respostas positivas, com 25%, 37,5% e 50% dos participantes, respectivamente.

Figura 24. Como os visitantes apreciam as Artes.

Qual das Artes você mais aprecia?

8 respostas



Além das projeções *fulldome* que proporcionam uma experiência única de realidade virtual, o Planetário Professor Everardo Públio de Castro também oferece outras atividades culturais e educativas.

Entre elas, estão exposições de arte relacionadas à temática espacial e astronômica, palestras com especialistas na área, cursos e oficinas para estudantes e professores, além de sessões temáticas para o público em geral.

Figura 25. Representação artística do sistema solar e telescópio.



O espaço é um local dinâmico que busca estimular a curiosidade e a busca pelo conhecimento sobre o universo, aliando tecnologia de ponta a uma equipe de profissionais capacitados. Com isso, o planetário se torna um importante ponto de disseminação da cultura científica e artística na cidade de Vitória da Conquista e região, como mostram as figuras 25, 26 e 27.

É interessante notar que ninguém respondeu que gosta de escultura, o que pode indicar um menor interesse ou conhecimento sobre esse tipo de arte entre o público visitante do planetário. Esses dados podem ser úteis para a elaboração de atividades culturais e educacionais que explorem as conexões entre astronomia e artes, a fim de despertar maior interesse e engajamento do público em relação ao tema.

Figura 26. Representação artística do firmamento na perspectiva de um observatório.

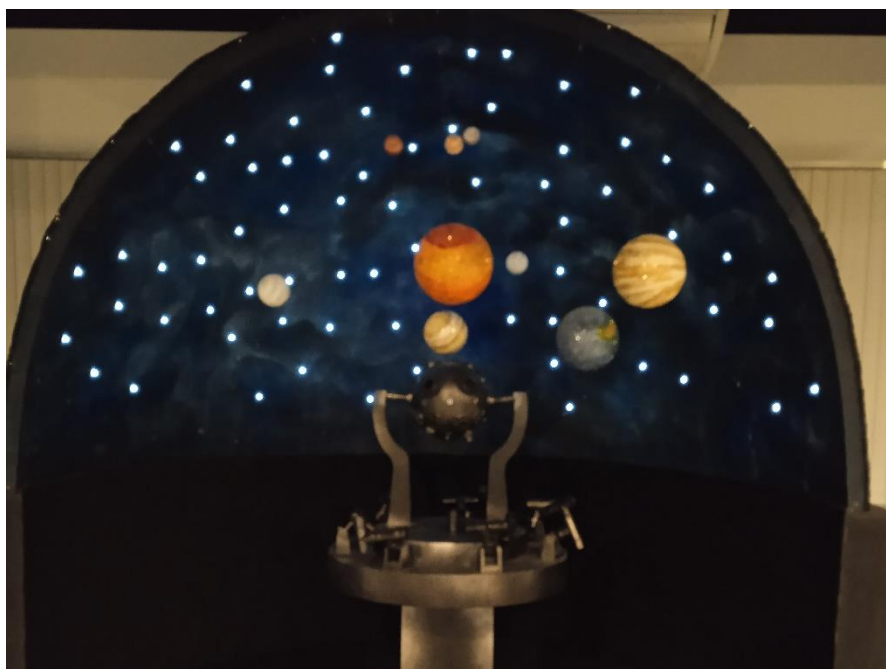


Figura 27. Representação artística da roupa de um astronauta.



Em suma, o Planetário Professor Everardo Públio de Castro traz consigo a oportunidade de transformação da maneira como a comunidade se relaciona com a astronomia, a ciência e a cultura de modo geral. Através de atividades educativas e culturais que vão desde exposições de arte e shows musicais até palestras e observações astronômicas, o planetário vem desempenhando um papel fundamental na promoção da transdisciplinaridade e da educação não-formal na cidade de Vitória da Conquista. Através de experiências imersivas em ambientes de realidade virtual, o planetário é capaz de transportar os estudantes e visitantes para além do que pode ser visto a olho nu, permitindo que compreendam melhor as grandezas do universo e a importância da astronomia na sociedade. Além disso, a presença de exposições de arte no foyer do espaço faz com que o planetário se torne um espaço ainda mais rico e diverso, permitindo que os visitantes possam ter contato com diferentes formas de expressão cultural. Dessa forma, o Planetário Professor Everardo Públio de Castro se mostra como um importante centro de disseminação de conhecimento e cultura para a comunidade de Vitória da Conquista.

12. Conclusão

A tese apresentada tem como foco o uso das Artes como recurso didático afim de unir as culturas artísticas e científicas no Ensino da Física Moderna ou Contemporânea, tendo em vista que ambas as áreas apresentam características distintas, mas que podem ser utilizadas em conjunto como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem. A transdisciplinaridade e o pensamento complexo contribuem para uma visão mais profunda do sistema educacional, fazendo com que o processo de aprendizagem tenha uma contribuição da transdisciplinaridade, que valoriza o contexto e o aluno no processo de construção do conhecimento. Além disso, a pesquisa ressalta a importância do uso de recursos didáticos que permitam com que o aluno participe ativamente da aula, como música, pinturas, filmes, entre outros. A conclusão da tese é que pensar na Física como cultura pode ser uma abordagem interessante e enriquecedora para o ensino dessa disciplina.

A pesquisa proposta neste trabalho de doutorado teve como objetivo geral investigar como a utilização das artes como recurso didático na perspectiva da Física Moderna pode impactar positivamente o processo de ensino e aprendizagem, abrindo caminho para um novo paradigma educacional. No decorrer do estudo, uma série de objetivos específicos foram delineados e explorados. Aqui, apresentamos uma síntese das principais conclusões e reflexões oriundas dessas investigações.

A busca por uma abordagem mais eficaz e envolvente no ensino de Física Moderna é uma tarefa relevante, uma vez que o ensino tradicional e expositivo nas salas de aula frequentemente se revela limitado e pouco atrativo para os alunos, levando à falta de engajamento e compreensão do conteúdo. Os resultados desta pesquisa sugerem que a utilização das artes como recurso didático oferece um caminho promissor para superar esses desafios educacionais.

A utilização de estratégias didáticas que envolvem imagens cinematográficas, música, literatura, teatro e escultura revelou-se uma abordagem eficaz para aproximar os alunos de conceitos complexos da Física Moderna. Essas estratégias não apenas contextualizam o conteúdo, mas também permitem uma maior interação com a cultura local e outras culturas, promovendo, assim, uma maior transdisciplinaridade no processo de aprendizagem.

A transdisciplinaridade, como explorada nesta pesquisa, provou ser uma ferramenta poderosa para enriquecer o ensino de Física Moderna. Ela permite que os alunos compreendam a interconexão entre diferentes campos do conhecimento, desenvolvendo uma visão mais holística e contextualizada da ciência. A abordagem transdisciplinar não só promove uma compreensão mais profunda dos conceitos da Física Moderna, mas também estimula a reflexão crítica e criativa.

A pesquisa de campo realizada em um planetário durante este estudo mostrou que a utilização de imagens e projeções como ferramentas para incorporar as artes no ensino de Física Moderna pode ser uma forma inovadora e interessante de abordar essa disciplina. No entanto, também revelou algumas dificuldades na participação do público, tanto no contexto da graduação quanto entre os visitantes do planetário. Essas dificuldades destacam a importância de buscar maneiras de aproximar as pessoas de uma cultura científica por meio das artes, museus e outros espaços não-formais de aprendizagem.

À medida que avançamos em direção a um novo paradigma educacional, é fundamental continuar explorando e desenvolvendo abordagens que utilizam as artes como recurso didático na perspectiva da Física Moderna, enriquecendo assim a jornada de aprendizado dos estudantes e fortalecendo a cultura científica em nossa sociedade. Esperamos que esta pesquisa contribua para inspirar novas estratégias e práticas no ensino de Física Moderna, utilizando as artes como uma ferramenta transformadora e significativa.

A partir da pesquisa, pude fundamentar através dos estudos, que envolve principalmente as culturas artísticas e científicas no Ensino da Física Moderna ou Contemporânea. A união de duas áreas do conhecimento que apresentam características tão distintas, mas que podem ter muitas coisas em comum, pode ser uma ferramenta de potencial utilização para auxiliar como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem. Por exemplo, o uso do cinema para explorar temas interdisciplinares, como foi realizado na atividade em grupo proposto pela professora. Foi de muito proveito também, pois conversamos com colegas de outras áreas também.

A propósito, Severino afirma que:

A educação é, na sua totalidade, prática interdisciplinar por ser mediação do todo da existência; a interdisciplinaridade constitui o processo que deve levar do múltiplo ao uno. O processo educativo e seus fundamentos epistemológicos e axiológicos baseiam-se em uma multidisciplinaridade, em

uma pluridisciplinaridade. É que, dadas as nossas condições e a complexidade na prática, precisamos de múltiplos enfoques mediatiza dos pelas abordagens das várias ciências particulares; mas não se trata apenas de uma justaposição de múltiplos saberes: é preciso chegar à unidade na qual o todo se reconstitui como uma síntese que, nessa unidade, é maior do que a soma das partes. Por isso, precisa ser também prática interdisciplinar (apud FAZENDA org. 2003. p. 43).

É importante gerar esse espaço de discussão para o trabalho transdisciplinar, incluindo no espaço escolar. Além disso, o pensamento complexo contribui para uma visão do sistema educacional de forma mais profunda, fazendo uma análise mais precisa dos agentes e suas interações, fazendo com que o processo de aprendizagem tenha uma contribuição da transdisciplinaridade, que valoriza o contexto e o aluno no processo de construção do conhecimento. Podemos também verificar a presença das culturas como fator importante de alfabetização científica, que enriquece as aulas com conhecimentos, costumes e crenças intrínsecas ao indivíduo, e que não podem ser excluídas ou ignoradas.

Nossa proposta é também discutir o aprendizado em espaços não formais, como planetários, museus e observatórios, porém iniciamos a pesquisa com estudantes de graduação no curso de Física da Universidade Federal do Rio Grande.

Faz-se necessário superar um paradigma tradicional de ensino, que está limitado a aprendizagem mecânica e repetitiva, com aulas expositivas desmotivantes. Através da Artes como ferramenta no processo de ensino, possibilitar curiosidade, motivação e interesse, colocando desafios na apropriação do conhecimento e redefinindo o papel do professor. Nesta perspectiva, se faz necessário a atualização constante do professor em buscar caminho que possibilite conhecimento crítico dos alunos. O educador precisa estar num constante exercício de pensar a prática para melhorá-la com novos recursos didáticos, e as Artes podem colaborar de forma transdisciplinar. O sentido dessa compreensão é o de possuir – e ensinar – diversos elementos de explicação, segundo a ótica de que o outro é percebido como outro sujeito com o qual nos identificamos, e “compreender inclui, necessariamente, um processo de empatia, de identificação e de projeção. Sempre intersubjetiva, a compreensão pede abertura, simpatia e generosidade” (MORIN, 2000, p. 95).

Fazer compreender um conceito de Física ao aluno deve ser a maior tarefa para um professor, pois a aprendizagem significada, que faz sentido ao aluno, só ocorre quando ela está ancorada em um conhecimento prévio, que Ausubel chama de subsunção, e as Artes pode ser um recurso muito rico, pois ela está culturalmente

mais popularizada do que a ciência. “Provavelmente, o maior potencial didático dos organizadores está na sua função de estabelecer, em um nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração, relações explícitas entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno já adequado para dar significado aos novos materiais de aprendizagem” (MOREIRA, 2011, p. 40).

O uso de recursos didáticos que permitam com que o aluno participe ativamente da aula, como por exemplo, a música que desenvolve a linguagem, as pinturas, para uma discussão, ou filmes para analisar cenas, podem também servir de uma fonte rica de conhecimento científico.

Por fim, conclui-se que esse tema de pesquisa tem sido uma fonte cada vez mais explorada pelos professores e pesquisadores. Pensar na Física como cultura pode ser interessante para a desconstrução da visão que a sociedade tem sobre a disciplina de Física, e emancipar os educandos para que eles possam ser coadjuvantes no processo pedagógico, fortalece a transdisciplinaridade entre essas duas culturas, até porque verificamos que trabalhar com o par Física e Arte é engrandecer o ensino de Física e aprofunda o multiculturalismo na educação. Por isso, é interessante fazermos essa Sequência Didática para que possamos avançar mais nesse campo do conhecimento e termos mais Artigos, Dissertações e Teses, já que ainda carecem muito dessas pesquisas, tanto no Ensino Superior, mas principalmente no Ensino Médio.

O relato no planetário geralmente envolve uma experiência educativa imersiva, em que os estudantes têm a oportunidade de ver e aprender sobre as maravilhas do universo. No entanto, devido à pandemia, muitas instituições de ensino tiveram que fechar suas portas ou mudar para um formato de ensino remoto, o que dificultou a realização de atividades educativas presenciais como essa.

As dificuldades enfrentadas na sequência didática remotamente foram várias. Uma das principais dificuldades foi a falta de interesse e a evasão nos cursos de exatas pelos estudantes, ainda que tenha sido numa turma inicial, o que limitou a participação de alguns alunos nas atividades. Além disso, a comunicação e a interação entre os estudantes e o professor ficaram mais limitadas, o que afetou a qualidade do aprendizado e a dinâmica da aula. Apesar desses desafios, a tecnologia também ofereceu oportunidades únicas para a educação, como o uso de ferramentas de realidade virtual e aumentada para simular experiências no planetário e a

possibilidade de conectar os estudantes a cientistas e astrônomos de todo o mundo para discussões em tempo real.

Em resumo, a pandemia apresentou muitos obstáculos para a educação, incluindo a realização de atividades educativas presenciais como visitas ao planetário. No entanto, os professores e educadores se adaptaram a essas mudanças e encontraram novas maneiras de ensinar e engajar os estudantes em um ambiente remoto.

Para concluir, a visão de Edgar Morin sobre a união entre a Física Moderna e as Artes pode ser um importante caminho para o desenvolvimento de uma educação transdisciplinar. Ao integrar esses dois campos aparentemente distantes, é possível promover uma compreensão mais profunda e ampla do mundo, uma vez que a transdisciplinaridade propõe a superação das fronteiras disciplinares e a construção de uma visão mais holística e integrada. Além disso, a transdisciplinaridade também pode ajudar a formar cidadãos mais críticos e engajados, capazes de enfrentar os desafios complexos do mundo contemporâneo. Portanto, acredita-se que as ideias de Edgar Morin possam contribuir significativamente para a construção de uma educação mais inclusiva, democrática e transformadora.

Em resumo, a pesquisa apresentada neste trabalho de doutorado aponta para a importância da utilização das artes como recurso didático na perspectiva da Física Moderna no processo de ensino-aprendizagem. Essa abordagem, aliada a estratégias didáticas inovadoras, oferece um potencial significativo para tornar o ensino mais atraente, acessível e envolvente. Não só promove uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos, mas também estimula a criatividade, o pensamento crítico e a apreciação da ciência em um contexto mais amplo.

13. Referências

ABRANTES, A. A.; MARTINS, L. M. A produção do conhecimento científico: relação sujeito-objeto e desenvolvimento do pensamento. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, [s. l.], v. 11, p. 313–325, 2007.

ALMEIDA, C. de; CARVALHO, E. A. (org.). **Edgar Morin. Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. Trad. Edgar de Assis Carvalho. São Paulo: Cortez, 2002. Disponível em: <http://abdet.com.br/site/wp-content/uploads/2015/04/Educa%C3%A7%C3%A3o-e-complexidade.pdf> Acesso em: 28 dez. 2020.

ALTMETRIC EXPLORER. Altmetric.com, 2021. Disponível em: <https://www.altmetric.com/>. Acesso em: 9 nov 2022.

AMARAL, Sueli. **Os Multimeios, A Biblioteca e o Bibliotecário | Bibliotecas | Bibliotecário**. Acessado 3 de junho de 2021. <https://pt.scribd.com/document/142691142/AMARAL-Sueli-Os-Multimeios-A-Biblioteca-e-o-Bibliotecario>.

ANDRADE, Rodrigo Ronelli Duarte; NASCIMENTO, Robson de Sousa; GERMANO, Marcelo Gomes. **Influências da Física moderna na obra de Salvador Dalí**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 400–423, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/%x>. Acesso em: 9 nov. 2022.

ANGOTTI, J. A. P. Ensino de ciências e complexidade. **II Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências-ENPEC**, [S. l.], p. 15, 1999. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/ii-enpec/trabalhos/A28.pdf> Acesso: 28 dez. 2020.

ANTONOWISKI, R.; ALENCAR, M. V.; ROCHA, L. C. T. Difficulties to learn and to teach modern physics. **Scientific Electronic Archives**, v. 10, n. 4, p. 50–57, 11 ago. 2017.

ARAÚJO, E. N. N. de; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. de A. (orgs.). **Divulgação científica e ensino de Ciências: estudos e experiências**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana; 1980.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AZEVEDO, C. et al. **A Estratégia de Triangulação: Objetivos, Possibilidades, Limitações e Proximidades com o Pragmatismo**. 1 nov. 2013. BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, [s. l.], v. 15, n. 1esp, p. 1–12, 2010.

BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. (1999) Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio–Ensino Médio. Brasília.

BRÜGGEMANN, O. M.; PARPINELLI, M. Â. Utilizando as abordagens quantitativa e qualitativa na produção do conhecimento. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, [s. l.], v. 42, p. 563–568, 2008.

CARMO, L. O cinema do feitiço contra o feiticeiro. **Revista Iberoamericana de Educación**, [S. l.], v. 32, p. 71–94, 2003. ISSN: 1681-5653, 1022-6508. DOI: [10.35362/rie320925](https://doi.org/10.35362/rie320925). Acesso em: 9 nov. 2022.

CARUSO, Francesco; FREITAS, Nilton de. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 355–366, 2009.

CASSIRER, Ernst. Ensaio sobre o homem: introdução a uma filosofia da cultura humana. Trad. Tomás R. Bueno. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

CASTIBLANCO ABRIL, O. L.; NARDI, R. Didática da física. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014. (Coleção PROPG Digital- UNESP). ISBN 9788579835728. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/126216>. Acesso em: 9 nov: 2022.

CASTRO, Gustavo; DRAVET, Florence. Tempo e caos: a imaginação dos possíveis e os média. **Comunicação e Sociedade**, [s. l.], v. 35, p. 29–44, 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.17231/comsoc.35\(2019\).3129](https://doi.org/10.17231/comsoc.35(2019).3129)

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, [s. l.], n. 22, p. 89–100, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>. Acesso em: 9 nov. 2022.

COIMBRA, Audrey de Souza. **Interdisciplinaridade e Educação Ambiental: integrando seus princípios necessários**. REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental 14 (2005). <https://doi.org/10.14295/remea.v14i0.2888>.

COSTA, C. A., & ZOLTOWISKI, A. (2019). Métodos de Pesquisa em Ciências: Estratégias para planejamento e execução. Novatec Editora.

CUNHA, Alberto Mesquita da. Evolução das ideias da física. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002.

DELIZOICOV, D., e ZANETIC, J. **A proposta de interdisciplinaridade e o seu impacto no ensino municipal de 1º grau**. In: PONTUSCHKA, N. (org.). Ousadia no diálogo – Interdisciplinaridade na escola pública. São Paulo: Edições Loyola, 1993. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0BzYtHBH5q0IsOHVSYnQtNkpSanoyOTltdmtDb041R0tBZm5z/view> Acesso em: 9 nov. 2022.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. In: [s.l.] Cortez, 2002.

DE ALMEIDA, C. R. S.; PENA-VEGA, A.; PETRAGLIA, I. **Edgar Morin: ética, cultura e educação**. [s.l.] : Cortez Editora, 2001. ISBN: 978-85-249-0828-6. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=7mLIAAAACAAJ>.

DE MELO MARICATO, J.; VILAN FILHO, J. O potencial da altmetria para medir outros tipos de impacto da produção científica: dinâmicas de impacto social e acadêmico nas redes e mídias sociais. **InformationResearch**, v. 23, 20 dez. 2019.

DEMO, P. “A criança é um grande pesquisador”. [Entrevista concedida a] João Vitor Casimiro. Portal Educacional, 2011. In: < <http://www.educacional.net/entrevistas/entrevista0035.asp> >. Acesso em 01 setembro de 2021.

DEMO, P. Pesquisa e Tomada de Decisão. [S. l.], p. 28, [s.d.]. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me002481.pdf> Acesso em: 9 nov. 2022.

DUARTE, R. - **Cinema e Educação | Helio Luz - Academia.edu**. [s.d.]. Disponível em: https://www.academia.edu/28449737/DUARTE_Rosalia_Cinema_e_Educa%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 9 nov. 2022.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: efetividade ou ideologia? 4. ed., São Paulo: Edições Loyola, 1996.

FEITOSA, S. S., ARAÚJO K. M., SILVA, M. S., NOBRE, F. A. S. Uma sequência didática utilizando a literatura de cordel e a arte das histórias em quadrinhos para inserção de tópicos de Física Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 662–694, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p662> Acesso em: 9 nov. 2022.

FEITOSA, Samuel dos Santos. **Tópicos de Física Quântica em versos de cordel e arte dos quadrinhos ensinados à luz de uma unidade de ensino potencialmente significativa** [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <http://www.urca.br/mnpef/phocadownload/Dissertacoes/samuel%20-%20produto%20e%20material%20instrucional%20postar.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2022.

FERNANDES, R. F. A. M.; PIRES, F. F.; FORATO, T. C. M.; J. A. SILVA. Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 509–529, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n2p509> Acesso em: 9 nov. 2022.

FERREIRA, R. A.; ANDRADE, T. S. **Cinema e ensino de física**. [s. l.], XVIII Simpósio Nacional em Ensino de Física, Vitória, ES. 26 a 30 de janeiro de 2009.

FREITAS, Lima de; NICOLESCU, Basarab; MORIN, Edgar (org). **Carta da Transdisciplinaridade**. Primeiro Congresso Mundial de transdisciplinaridade. Convento da Arrábida, Portugal, 2 a 6 de novembro, 1994. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/39/39133/tde-21052012-093302/publico/ANEXO_A_Carta_Transdisciplinaridade.pdf. Acesso em: 9 nov. 2022.

FREIRE JR., Olival; PESSOA JR., Osvaldo; BROMBERG, Joan Lisa. **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. [S. l.]: EDUEPB, 2011. *E-book*.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**, Rio de Janeiro, RJ. [S. l.]: Editora Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam** Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/A_import%C3%A2ncia_do_ato_de_ler.html?id=GAcRAAAAYAAJ&source=kp_book_description&redir_esc=y. Acesso em: 2 jun. 2021.

FRIGOTTO, G. A INTERDISCIPLINARIDADE COMO NECESSIDADE E COMO PROBLEMA NAS CIÊNCIAS SOCIAIS. **Ideação**, v. 10, n. 1, p. 41–62, 2008.

GARCIA, V. C. V. Fundamentação teórica para as perguntas primárias: O que é matemática? Por que ensinar? Como se ensina e como se aprende? **Educação**, [s. l.], v. 32, n. 2, 2009. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/faced/article/view/5516>. Acesso em: 9 nov. 2022.

GARFIELD, E. Journal impact factor: a brief review. **Canadian Medical Association Journal**, v. 161, n.8, p. 979-980, 1999. Disponível em: <http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/JournalImpactCMAJ1999.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2022.

GATTI, Bernardete A. Estudos quantitativos em educação. **Educação e Pesquisa**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 11–30, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000100002>

GERALDO, P. H. B. A ciência nova em Edgar Morin. p. 15, [s.d.].

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009. ISBN: 978-85-224-3169-4. Disponível em: http://www.uece.br/nucleodelinguasitaperi/dmdocuments/gil_como_elaborar_projeto_de_pesquisa.pdf Acesso em: 9 nov. 2022.

GLEISER, M. **A dança do universo: dos mitos de criação ao Big Bang**. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

GOMES, Emerson Ferreira; AMARAL, Sonia Do; PIASSI, Luís Paulo De Carvalho. **A MÁQUINA DO TEMPO DE H.G. WELLS: UMA POSSIBILIDADE DE INTERFACE ENTRE CIÊNCIA E LITERATURA NO ENSINO DE FÍSICA**. **Ensino, Saúde e**

Ambiente, [s. l.], v. 3, n. 2, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/resa2010.v3i2.a21119>. Acesso em: 27 fev. 2021.

GOMES, Ivan Carlos Pereira. **A mediação semiótica de instrumentos culturais na aprendizagem do conceito de radioatividade no Ensino Médio**. [s. l.], 2013. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3137>. Acesso em: 26 fev. 2021.

GOMES, M. L. A. **EINSTEIN E A RELATIVIDADE ENTRAM EM CENA**. 2015. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3198437# Acesso em: 26 fev. 2021

GUEDES, M. de C.; AZEVEDO, N.; FERREIRA, L. O. A produtividade científica tem sexo? Um estudo sobre bolsistas de produtividade do CNPq. *Cadernos Pagu*, Campinas, SP, n. 45, p. 367–399, 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/cadpagu/article/view/8645232>. Acesso em: 9 nov. 2022.

GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José Cláudio. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 575–583, 2007.

HERNANDES, J. S.; MARTINS, M. I. Categorização de questões de Física do novo ENEM. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 58–83, 2013.

HERNÁNDEZ, F. **Transgressão e Mudança na Educação: Os Projetos de Trabalho** / Fernando Hernández; tradução Jussara Haubert Rodrigues. – Porto Alegre: Artmed, 1998. 152 p.; 23 cm. ISBN 978-85-7307-440-6

IAMARINO, A.; FIGUEIREDO, F. **Nerdologia**. [Canal do Youtube]. Brasil. 2011-presente. Disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UClu474HMT895mVxZdIIHXEA>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

JAPIASSU, Hilton. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2012.

LAPLANCHE, J; PONTALIS, J. **Dicionário de Psicanálise**. São Paulo. Martis Fontes, 1967. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/55n55n>. Acesso em: 9 nov. 2022.

LARROSA, Jorge. **Notas sobre a experiência e o saber de experiência — PPGEAC**. Disponível em: <http://www.unirio.br/cla/ppgeac/processo-seletivo-2021/bibliografia-2021/larrosa-jorge-notas-sobre-a-experiencia-e-o-saber-de-experiencia/view>>. Acesso em: 9 nov. 2022.

LARSEN-FREEMAN, Diane. CAMERON, Lynne; **Complex Systems and Applied Linguistics**. *International Journal of Applied Linguistics*, [S. l.], v. 17, p. 226–240, 2007. DOI: [10.1111/j.1473-4192.2007.00148.x](https://doi.org/10.1111/j.1473-4192.2007.00148.x). Acesso em: 9 nov. 2022.

LIAO, T.; MOTTA, M. S.; FERNANDES, C. DE O. Avaliando o “PISA” Matemática. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 16, p. 1–20. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2021.e76093>. Acesso em: 9 nov. 2022.

LIMBERG, Davilson; FAGUNDES, Maria Beatriz. Ciências e Artes: interação entre videodança e ambiente virtual de aprendizagem no Ensino de Física Moderna. *In: V. 1 (2015): I CONGRESSO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA DO IFSP, 2015. v. 1 (2015): I Congresso de Educação Profissional e Tecnológica do IFSP*. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: <http://ocs.ifsp.edu.br/submissao/index.php/conept/i-conept/paper/view/142>. Acesso em: 26 fev. 2021.

LOPES, Alice Casimiro. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

LORENZETTI, Leonir; Silvaney, de Oliveira; Maciel Guimarães, Orniley. (2016) “O enfoque CTS e as concepções de tecnologia de alunos do ensino médio”. Alexandria: *Revista de Educação em Ciências e Tecnologia*. 9(2).

MARTINS, E. C.; TAVARES, D. E. **A Escuta Sensível - Prática do docente interdisciplinar no ensino médio | Martins | Interdisciplinaridade**. *Revista do Grupo de Estudos e Pesquisa em Interdisciplinaridade*. ISSN 2179-0094. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/interdisciplinaridade/article/view/22624>>. Acesso em: 2 jun. 2021.

MELO, M. G. de A. Luz, câmera, alfabetização científica! Possibilidades Epistemológicas no antagonismo ciência-pseudociência da série Cosmos de Carl Sagan. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, [s. l.], v. 17, n. 38, p. 173–190, 2021.

MINAYO, M. C. DE S. et al. **Métodos, técnicas e relações em triangulação**. In: [s.l.] Editora Fiocruz, 2005.

MINAYO, Maria Cecília de Souza et al. **Métodos, técnicas e relações em triangulação**. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza; ASSIS, Simone Gonçalves de; SOUZA, Ednilsa Ramos de. *Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de programas sociais*. Rio de Janeiro, Fiocruz, 2005. p. 71-103.

MIRANDA, M. G. O professor pesquisador e sua pretensão de resolver a relação entre a teoria e a prática na formação de professores. In: André, M. E. (Org.). *O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores* 4. ed. Campinas: Papirus, 2005. p. 129-143.

MORAES, Roque. ANÁLISE DE CONTEÚDO. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p.7-32, jan. 1999.

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

MOREIRA, Ildeu de Castro; MASSARANI, Luisa. (En)canto científico: temas de ciência em letras da música popular brasileira. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, [s. l.], v. 13, p. 291–307, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000500018>

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006. Disponível em: [https://books.google.com/books/about/A teoria da aprendizagem significativa e.htmi?hl=pt-BR&id=SLY2QQAACAAJ](https://books.google.com/books/about/A%20teoria%20da%20aprendizagem%20significativa%20e%20htmi?hl=pt-BR&id=SLY2QQAACAAJ). Acesso em: 9 nov. 2022.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**, 2000. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2022.

MOREIRA, M. A. ORGANIZADORES PRÉVIOS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. [s. l.], p. 11. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf> Acesso em: 9 nov. 2022.

MOREIRA, M. A. (2012) O que é afinal aprendizagem significativa? Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>

MORIN, E. *O método: a natureza da natureza*. Porto Alegre: Sulina, 2008.

MORIN, Edgar. Por uma reforma do pensamento. In: *O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade*. Nascimento, Elimar Pinheiro do; Pena-Veja, Alfredo (orgs.). 3ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

MORIN, Edgar. **Edgar Morin: é preciso educar os educadores**. [Entrevista concedida a] Andrea Rangel – O Globo. *Fronteiras do Pensamento*, Porto Alegre, 2017, Disponível em: <<https://www.fronteiras.com/entrevistas/entrevista-edgar-morin-e-preciso-educar-os-educadores>>. Acesso em: 9 nov. 2022.

MORIN, Edgar. **Ciência Com Consciência**. Tradução de. Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. -. Ed. Revista e modificada pelo autor – 8ª ed. – Rio de. Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. [s.d.]. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-32831999000100014. Acesso em: 9 nov. 2022.

MORIN, Edgar. **Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro** | 3 ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2000. 116 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/44251432_Morin_os_sete_saberes_necessarios_a_educacao_do_futuro. Acesso em: 9 nov. 2022.

MOURA, Fábio Andrade de; VIANNA, Pedro Oliveira. O Ensino de Física Moderna baseado no filme *Interestelar*: Abordagem didática para a aprendizagem significativa. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 14, 2019.

MOURA, G. Y. S. M. **A Física no Cinema: Recortes de Filme como recurso didático articulado a demonstrações experimentais com suporte Arduino**. |

MOURA, M. Especial Einstein: Arthur Miller - As representações da simultaneidade. In: Einstein - o universo além da física. fev. 2009. Filosofia Física Artes Visuais. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/arthur-miller-representacoes-da-simultaneidade/>. Acesso em: 26 out. 2023.

MNPEF. [S. l.], [s. d.]. 2019. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/f%C3%ADsica-no-cinema-recortes-de-filmes-como-recurso-did%C3%A1tico-articulado-demonstra%C3%A7%C3%B5es-experimentais-com>. Acesso em: 9 nov. 2022.

MOURA, M. A. Construção social da cidadania científica: desafios. In: MOURA, M. A. (Org.). Educação científica e cidadania: abordagens teóricas e metodológicas para a formação de pesquisadores juvenis. Belo Horizonte: UFMG/Proex, 2012. p. 19-30.

MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. **Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios**. Revista de Administração Contemporânea, v. 15, n. 4, p. 731-747, 2011. Disponível em: <https://rac.anpad.org.br/index.php/rac/article/view/874/871>. Acesso em: 28 dez. 2020.

NAPOLITANO, M. **Como Usar o Cinema na Sala de Aula**. São Paulo: Contexto, 2005. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/357237875/265455251-Como-Usar-o-Cinema-Na-Sala-de-Aula-Marcos-Napolitano-compressed-1-pdf>. Acesso em: 28 dez. 2020.

NASCIMENTO, S. S. DO. O Mestrado Nacional Profissional de Ensino em Física: a experiência da Sociedade Brasileira de Física. **Revista Polyphonia**, v. 24, n. 2, p. 29–42, 2013.

NICOLESCU, B. **O Manifesto da Transdisciplinaridade**. [s.l.] : TIROM, 1999. ISBN: 978-85-85464-22-6. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=9KO9QwAACAAJ>. Acesso em: 9 nov. 2022.

NOGUEIRA, Nilbo. R. Pedagogia dos Projetos: uma jornada interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das múltiplas inteligências. São Paulo: Érica, 2001.

OLIVEIRA, F. F. DE; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 447–454, 2007.

OLIVEIRA, Letícia Maria; GOMES, Maria Letícia. Einstein e a Relatividade entram em cena: diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de física criativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 943–961, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p943>

OLIVEIRA, S. DE; GUIMARÃES, O. M.; LORENZETTI, L. O enfoque CTS e as concepções de tecnologia de alunos do ensino médio. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 121–147, 24 nov. 2016.

PACCA, Jesuína Lopes de Almeida; VILLANI, Alberto. A formação continuada do professor de Física. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 32, n. 94, p. 57–71, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0005>

PANTALEO JUNIOR, M. A fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e o início da pós-graduação em física no Rio de Janeiro. [s. l.], 2011. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/repositorio.pucsp.br/handle/handle/13243>. Acesso em: 9 nov. 2022.

PIAGET, J. **Psicologia E Pedagogia**. [s.l.] : FORENSE UNIVERSITARI, 2010. ISBN: 978-85-218-0472-7. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=mfcCzQECAAJ>.

PIASSI, L. P.; GOMES, E. F.; RAMOS, J. E. F. **Literatura E Cinema No Ensino De Física: INTERFACES ENTRE A CIÊNCIA E A FANTASIA**. [s.l.]: LIVRARIA DA FISICA,[s.d.]. ISBN: 978-85-7861-503-1. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=mG1HswECAAJ>. Acesso em: 9 nov. 2022.

PINTO, Alexandre Custódio; ZANETIC, João. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 7–34, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/%x>

PRIEM, J.; GROTH, P.; TARABORELLI, D. The altmetrics collection. PLoS One, [s. l.], v. 7, n. 11, p.1-2, 2012. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3486795/>. Acesso em: 9 nov. 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo, 2013. Disponível em: <<https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico--2-edicao>> Acesso em: 9 nov. 2022.

RAMOS, E. S. **Física, arte e os conceitos de espaço e tempo**. 2017. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viawTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6201994 Acesso em: 9 nov. 2022.

RAMOS, João Eduardo Fernandes; PIASSI, Luís Paulo. O insólito e a física moderna: interfaces didáticas do conto fantástico. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 163–180, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170010010>

REBEQUE, P. V.; OSTERMANN, F.; VISEU, S. O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física: Investigando os Modos de Regulação em um Polo Regional do Programa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 399–428, 31 ago. 2018.

ROCHA FILHO, J. B.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica. Porto Alegre: Edipucrs, 2007.
SAGAN, C. (Temporada 1). *Cosmos* [Seriado]. Direção: Adrian Malone. Produção: KCET e Carl Sagan Productions, Estados Unidos da América, 1980. (1 h. por episódio), son., color. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=0jMOACMdgpo&list=PL96wQHzW_46q35ed3-U3SughBmhBKpj9P> . Acesso em: 9 nov. 2022.

SALLES, Virginia Ostroski; MATOS, Eloiza Aparecida Silva Ávila De. A Teoria da Complexidade de Edgar Morin e o Ensino de Ciência e Tecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2017. ISSN: 1982-873X. DOI: [10.3895/rbect.v10n1.5687](https://doi.org/10.3895/rbect.v10n1.5687). Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5687>. Acesso em: 9 nov. 2022.

SANTOS, M. L. B. DOS et al. INTERDISCIPLINARIDADE E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA PRÁTICA SOBRE A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 5, p. 115–125, 3 dez. 2018.

SANTOS, R. N. M. DOS; KOBASHI, N. Y. **Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações**. Article. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10089>>. Acesso em: 9 nov. 2022.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172>. Acesso em: 9 nov 2022.

SILVA, M. V. FAZENDA, Ivani C. Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa. 2 ed. Campinas, Papirus, 1995. **EDUCAÇÃO E FILOSOFIA**, v. 12, n. 23, p. 235–238, 1998.

SCHAEFER, Sérgio. JANTSCH, Ari Paulo, BIANCHETTI, Lucídio (Org.). | Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, [s. l.], v. 78, n. 188-89–90, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.78i188-89-90.1064>. Acesso em: 9 nov. 2021.

SILVA, Aline dos Santos; REIS, José Claudio de Oliveira; REGO, Sheila Cristina Ribeiro. **Publicações sobre o ensino de Física Moderna: relações construídas entre Artes e Física**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n2p366>. Acesso em: 9 nov. 2022.

SILVA, Ivan Lúcio da. **O ideal do belo como princípio, meio e fim do ensino-aprendizagem da Física**. 2011. text - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.81.2011.tde-01082011-160050>. Acesso em: 9 nov. 2022.

SNOW, C. P. As duas Culturas. Lisboa: Editorial Presença, 1996.

SOMMERMAN, A. (2013). COMPLEXIDADE E TRANSDISCIPLINARIDADE - DOI 10.5216/teri.v1i1.14390. **Revista Terceiro Incluído**, 1(1), 77–89. <https://doi.org/10.5216/teri.v1i1.14390>

STUDART, Nelson. Complexidade na Física e seu Ensino: Apresentação da Edição Especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 43, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0031>. Acesso em: 9 nov. 2022.

TARDIF, M. **Saberes Docentes e Formação Profissional**. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books/about/Saberes Docentes e Forma%C3%A7%C3%A3o Profission.html?id=SzifQwAACAAJ&source=kp_book_description&redir_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Saberes_Docentes_e_Forma%C3%A7%C3%A3o_Profession.html?id=SzifQwAACAAJ&source=kp_book_description&redir_esc=y)>. Acesso em: 2 jun. 2021.

VOGT, C. Ciência e bem-estar cultural. **ComCiência**, n. 119, p. 0–0, 2010.

VOGT, Carlos; GOMES, Marina; MUNIZ, Ricardo. (Organizadores). **Consciência e Divulgação Científica**. – Campinas, SP: BCCL/ UNICAMP, 2018. 274 p. ISBN: 978-85-85783-90-7; Disponível em: <https://www.comciencia.br/wp-content/uploads/2018/07/Livro-ComCiencia.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2022.

YIN, Roberto K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.

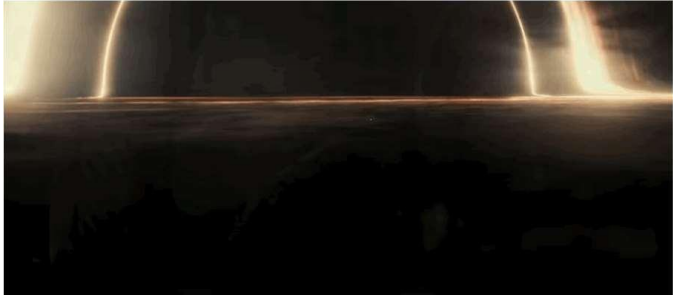
ZANETIC, J.; MENEZES, L. C. de. Física também é cultura. [s. l.], 1990. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000731157>. Acesso em: 9 nov. 2022.

ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, [s. l.], 2006.


ZANETIC, João. Física e cultura. *Ciência e Cultura*, [S. l.], v. 57, n. 3, p. 21–24, 2005. ISSN: 0009-6725. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n3/a14v57n3.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2022.

Apêndice - A

A Física do “muito grande”



Prof. M^e Yuri Moura¹



1. Doutorando pela Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, PPGECC.

1

Avaliação diagnóstica



O ovo cósmico, de Salvador Dalí



2

Embolada do Tempo - Alceu Valença

Você quer parar o tempo
 E o tempo não tem parada
 Você quer parar o tempo
 O tempo não tem parada

Eu marco o tempo
 Na base da embolada
 Da rima bem ritmada
 Do pandeiro e do ganzá

O tempo em si
 Não tem fim
 Não tem começo
 Mesmo pensado ao avesso
 Não se pode mensurar



Buraco negro
 A existência do nada
 Noves fora, nada, nada
 Por isso nos causa medo

Tempo é segredo
 Senhor de rugas e marcas
 E das horas abstratas
 Quando páro pra pensar

3

Qual a diferença da Física Clássica para a Física Moderna?



VS



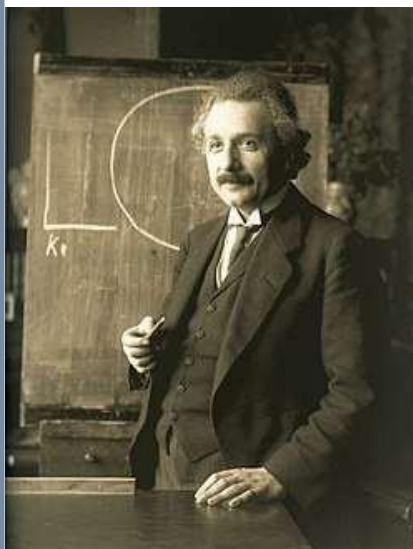
4



Qual a diferença da Física Clássica para a Física Moderna?

Mais abrangente que a Física Clássica, a Física Moderna é capaz de explicar fenômenos de escalas muito pequenas (atômicas e subatômicas) e de altíssimas velocidades, muito próximas à velocidade da luz. Após o surgimento da teoria da relatividade de Einstein e da quantização das ondas eletromagnéticas, esse novo campo de estudo surgiu, ampliando os limitados horizontes da Física Clássica.

5



Teoria da Relatividade

A Teoria da Relatividade é dividida em duas partes: a Relatividade Especial ou Restrita, publicada em 1905, e a Teoria Geral da Relatividade, divulgada 10 anos depois. Os conceitos fundamentais da Relatividade Especial são a **contração espacial** e a **dilatação temporal**. “Ou seja, quando se viaja à velocidade da luz, na direção do movimento, as distâncias tornam-se menores e o tempo passa mais devagar”.

6

O PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE:

1º Postulado ou Princípio da Relatividade

As leis da Física são as mesmas em todos os sistemas referenciais inerciais.

Ou seja, não existe nenhum sistema de referência inercial preferencial.



Chico Buarque - Xote de Navegação

Eu vejo aquele rio a deslizar	
O tempo a atravessar meu vilarejo	
E às vezes largo	Passa e repassa o mesmo cais
O afazer	Num mesmo instante eu vejo a flor
Me pego em sonho	Que desabrocha e se desfaz
A navegar	Essa é a tua música
Com o nome Paciência	É tua respiração
Vai a minha embarcação	Mas eu tenho só teu lenço
Pendulando como o tempo	Em minha mão
E tendo igual destinação	Olhando meu navio
Pra quem anda na barcaça	O impaciente capataz
Tudo, tudo passa	Grita da ribanceira
Só o tempo não	Que navega pra trás
Passam paisagens furta-cor	No convés, eu vou sombrio
	Cabeleira de rapaz Pela água do rio
	Que é sem fim
	E é nunca mais.

7

A CONSTÂNCIA DA VELOCIDADE DA LUZ:

2º Postulado ou Princípio da Constância da Velocidade da Luz.

A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor c para todos os sistemas referenciais inerciais.



BOCCIONI, Umberto, "A carga dos lanceiros". Têmpera e colagem sobre papelão, 32 X 50.

A obra de Boccioni faz parte da vanguarda futurista pois, dentre os aspectos do futurismo o autor usa a sensação de velocidade abstrata já que na obra tudo parece está se movendo de um jeito meio indefinido.

8

Poema: I once saw Einstein on a trem –
Gordon Judge/2005

Uma vez vi Einstein num comboio
Que apitou ao passar na nossa estação
"O seu relógio faz um tic tac tão lento", eu gritei.
"Nada disso. É a dilatação do tempo".
"Eu estou a viajar perto da velocidade da luz.
Quando eu olho para trás, para ti
Parece-me que é o teu relógio anda devagar:
É disparatado, mas é verdade!"

O senhor Einstein não parecia nada bem.
Na realidade, parecia muito magro.
Ele deve ter ouvido: "Não, Não", ele gritou,

E como um flash mostrou o seu sorriso:
"Uma régua ao longo do comboio
Fica também contraída pela velocidade,
É por isso que eu penso que não mudei:
Uma régua não te pode enganar!"



"Mas mesmo assim, tenho que admitir
Eu sinto muita dificuldade em me mover.
Eu tenho uma teoria que tal explica
Que um dia eu irei provar:

Quando se move próximo da velocidade
da luz,
É preciso mais energia,
Para mover uma massa daqui para ali,
Do que se a massa estiver em repouso.

"Toda a matéria no universo"
O físico declarou
"Contém uma energia de grandeza
Que é dada por mc^2 ."

"Quando eu voltar.
Eu irei parar o comboio
E tu saberás a verdade:
Eu descobri a chave do tempo e do
espaço,
E o da eterna juventude!"

9

TREM DE EINSTEIN

A cena se passa em um trem viajando na velocidade da luz, dentro do qual um viajante aponta uma lanterna para um espelho no teto do vagão. Para diferentes observadores, um o próprio viajante e outro parado fora do trem, o tempo entre a emissão, a reflexão no esse espelho e o retorno da luz ao viajante é necessariamente diferente. Prova de que o tempo varia conforme a velocidade em que nos encontramos.



10

Genius é uma série de 10 episódios exibida no National Geographic Channel. A sua primeira temporada está focada nas facetas da vida de Einstein

11

O 2º postulodo quer dizer que a velocidade da luz no vácuo ($c = 300.000 \text{ km/s}$) não depende da velocidade da fonte emissora de luz nem do movimento do observador. Ela não depende do sistema de referência inercial adotado. Como consequência, os conceitos de espaço e tempo são relativos, isto é, se a velocidade c é constante para todos os observadores, então o espaço e o tempo, cujo quociente fornece o valor de c , podem assumir diferentes valores, dependendo do observador.

Consequências da Teoria da Relatividade Restrita



12

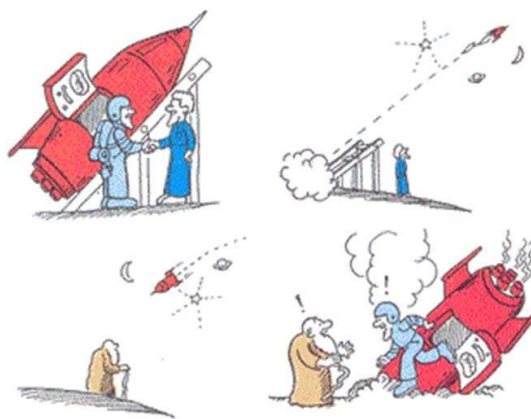
Dilatação do tempo

Para que a velocidade da luz possa ser absoluta, tempo e espaço precisam ser relativos. Em 1905, Albert Einstein mostrou que, quanto mais depressa um corpo se move, mais devagar o tempo passa para ele (dilatação temporal) e mais sua dimensão no espaço se reduz (fenômeno chamado de contração espacial). Essa é a Teoria da Relatividade Restrita. Mas a velocidade não é o único fator a influenciar a dilatação do tempo. Segundo a Teoria da Relatividade Geral, proposta por Einstein em 1915, a gravidade pode fazer o mesmo: quanto mais próximo do centro de uma fonte de atração gravitacional, mais devagar o tempo passa. A relação entre tempo e gravidade tem diversas consequências: cálculos publicados em 2016, na revista *European Journal of Physics*, mostram que o centro da Terra é dois anos mais jovem que a crosta. Nossos pés envelhecem mais devagar que nossas cabeças. Pessoas que moram no alto de montanhas envelhecem mais depressa do que aquelas que vivem no litoral.

13

PARADOXO DOS GÊMEOS

O **Paradoxo dos Gêmeos**, ou **Paradoxo de Langevin**, é um experimento mental envolvendo a dilatação temporal, uma das consequências da Relatividade Restrita. Nele, um homem que faz uma viagem ao espaço numa nave de grande velocidade, voltará em casa mais novo que seu gêmeo que ficou.



Sejam dois gêmeos *A* e *B* idênticos, estando o irmão *A* em uma nave espacial na qual ele viajará a uma velocidade muito próxima de c (velocidade da luz) - enquanto o outro, *B*, permanece em repouso na Terra. Para *B*, a nave está se movendo, e por conta disso ele pode afirmar que o tempo está correndo mais lentamente para seu irmão *A* que está na nave.

14

Contração do Espaço

Ainda segundo a teoria da relatividade restrita e como consequência direta do postulado de que a velocidade da luz é a mesma quando medida a partir de qualquer referencial, a medição de distâncias a partir de diferentes referenciais também é afetada. Chamaremos de comprimento próprio a distância entre dois pontos, quando medida a partir de um referencial em repouso. De outra forma, deve existir algum outro referencial inercial no qual se possa medir tal comprimento, que esteja em movimento em relação ao primeiro. Pense na seguinte situação hipotética, você, habitante do planeta Terra, observa e mede a distância entre duas estrelas distantes localizadas em algum ponto do universo. Da mesma forma que você, um astronauta embarcado em uma espaçonave que viaja com uma velocidade constante pelo espaço vai de uma estrela até a outra, e com isso é capaz de medir essa distância entre as duas estrelas.

15

 π

É possível viajar no tempo?



16



17

Muitas variedades espaço-temporais tem interpretações que podem parecer bizarras ou desconfortáveis para muitos físicos. Por exemplo, um espaço-tempo compacto tem curvas de tempo fechadas, "loops", que viola a noção de causalidade tão cara aos físicos. Por essa razão, os físicos matemáticos levam em consideração apenas um subconjunto de todos os espaço-tempo possíveis.



O loop temporal é a inspiração usada por Tony Stark para descobrir o segredo de criar a viagem no tempo. Após notar o detalhe, o Homem de Ferro faz uma simulação a partir de um modelo da Fita de Möbius.

18

O que é um buraco negro?



19

O que é um buraco negro?

Antes de entendermos o que seria um buraco negro, é importante saber que a Física Clássica, essa que estudamos no Ensino Médio, não é capaz de explicar a existência desses corpos celestes, porém a Física do “muito grande”, ou melhor, especificamente a famosa Teoria da Relatividade consegue comprovar a existência desses buracos negros, e nada disso seria possível sem os avanços científicos do século anterior, em especial do físico alemão Albert Einstein.



20

Buracos negros são corpos celestes extremamente massivos e que possuem uma gravidade tão forte que até mesmo a luz não consegue escapar de sua superfície. A imagem do buraco negro confirmou mais uma vez a Teoria da Relatividade de Einstein, 100 anos após sua primeira comprovação que aconteceu durante um eclipse solar em terras brasileiras.

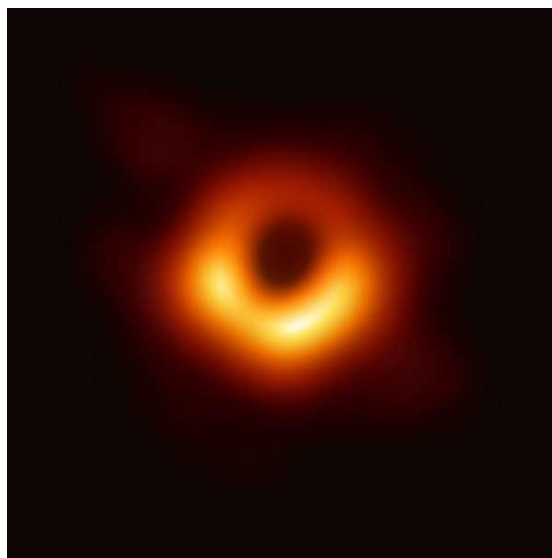


Foto de um gigantesco buraco negro no coração da distante galáxia Messier 87 (Event Horizon Telescope/Reprodução)

21



Em *Christus Hypercubus*, Salvador Dalí representou Cristo sendo crucificado num Tesseract, um hiper-cubo desdobrado e a quarta dimensão representada artisticamente. De acordo com a teoria da **relatividade** de Albert Einstein, o tempo é na verdade **a quarta dimensão** física.

Relatividade Geral

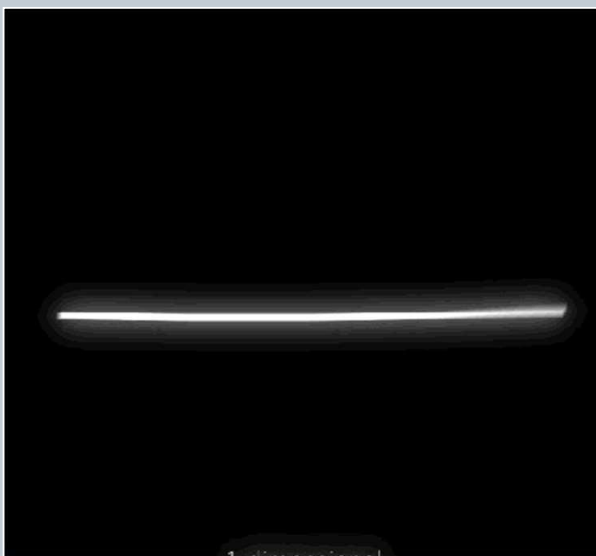
A possibilidade de viajar no tempo e reviver o passado ou conhecer o futuro sempre intrigou as pessoas e foi tema de muitos filmes e histórias em quadrinhos e filmes. A Física analisa o tempo como sendo uma quarta dimensão. Assim, observamos e interagimos com altura, largura, profundidade e tempo. As dimensões temporais e espaciais estão diretamente conectadas. O espaço e o tempo estão entrelaçados e englobam todo o universo, formando o chamado continuum espaço-tempo. A gravidade pode deformar o continuum espaço-tempo e gerar alterações nas percepções temporais de um possível observador. Se fosse possível posicionar um observador próximo a um buraco negro sem que ele fosse engolido, a intensa gravidade geraria distorções no espaço-tempo de forma que o observador poderia enxergar toda a eternidade.

22

As 3 dimensões que nossos olhos conseguem perceber são largura, altura e profundidade. X, Y e Z para os mais íntimos. Uma quarta dimensão seria uma projeção ortogonal à terceira, algo que não conseguimos ver, temos habilidade apenas para perceber 3 dimensões. Ou seja, a quarta dimensão é a direção no espaço que está em ângulo reto com estas três dimensões observáveis.

Mas, então, existe uma quarta dimensão? (4D não tem nada a ver com isso)

Existe uma representação gráfica, e digo até teórica, que se chama Hiper-cubo, ou Tesseract (não necessariamente aquele do filme da Marvel). Digo representação visual, pois até esta permeia as nossas 3 dimensões.



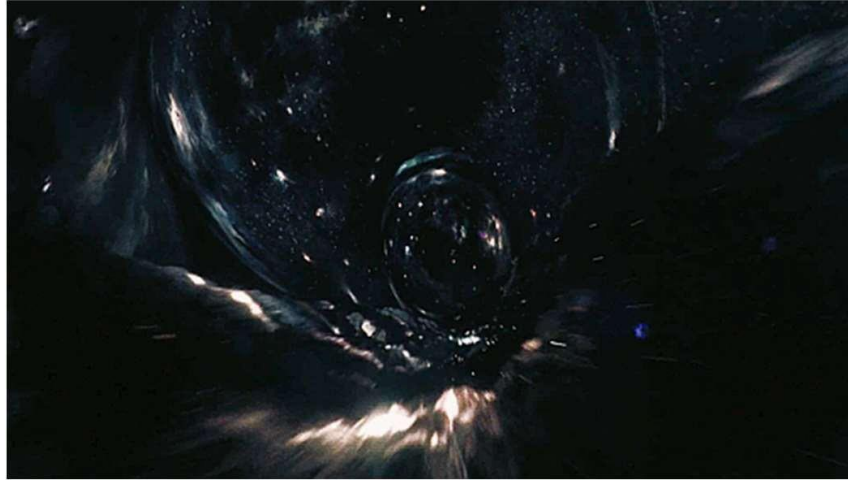
23



24

π

Podemos atravessar um buraco negro?



25

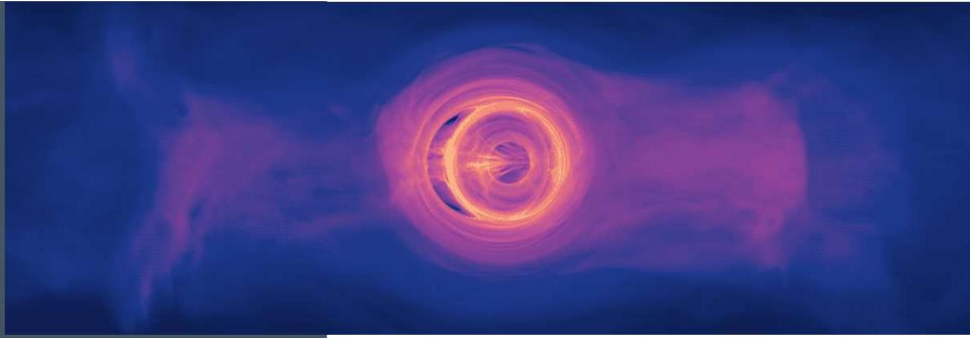

 π

Segundo os cientistas, na medida em que se aproxima de um buraco negro, diferentes partes de seus corpos seriam puxadas por distintas forças de gravidade — com seus corpos sendo esticados e comprimidos até virarem um espaguete (o nome do efeito é "espaguetização") e logo se chocariam com o núcleo do buraco negro.

Na física, um buraco de minhoca é uma característica topológica hipotética do contínuo espaço-tempo. Um buraco de minhoca possui ao menos duas "bocas" conectadas a uma única "garganta" ou "tubo". Se o buraco de minhoca é transponível, a matéria pode "viajar" de uma boca para outra passando através da garganta.




26

Uma teoria de Stephen Hawking que já tem 47 anos foi finalmente comprovada por cientistas. Em 1974, o físico inglês teorizou que os buracos negros não eram só gigantes gravitacionais engolidores de estrelas, como os astrônomos imaginavam, mas que emitiam luz espontaneamente - o que ficou conhecido como radiação de Hawking.

27

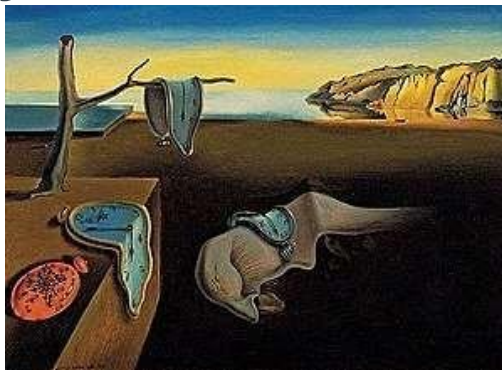


A Persistência da Memória talvez seja o trabalho de Salvador Dalí mais relacionado à Teoria da Relatividade. (...) Os relógios apresentam-se macios, flexíveis, maleáveis, parecendo fluir pela superfície onde estão postos. A imagem de relógios moles se repete em várias outras pinturas de Dalí, como em Relógios moles (1933), O sonho de Vênus (1939), Relógio mole no momento da primeira explosão. A desintegração da persistência da memória, Raios cósmicos ressuscitando relógios macios (1965) e Relógio macio ferido (1974). Esta fluidez ou maleabilidade dos relógios é relacionada à noção de dilatação do tempo da Teoria da Relatividade Restrita. É importante salientar que a noção de dilatação do tempo na Relatividade Restrita é uma propriedade do espaço-tempo e não um efeito no mecanismo dos relógios. Quem "amolece" é o próprio tempo, e não os relógios.

Relógio mole no momento da primeira explosão
Obra de arte
Descrição
Artista: Salvador Dalí
Período: Surrealismo
Criação: 1954

28

Avaliação formativa e somativa



A Persistência da Memória , de Salvador Dali

π

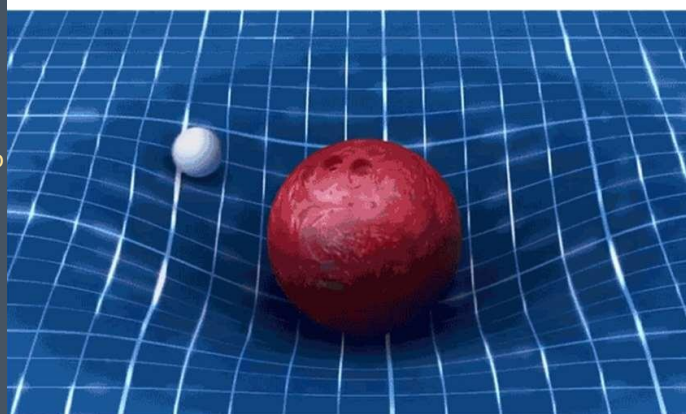


29

Tempo e espaço eu confundo, E
a linha de mundo é uma reta
fechada.
Périplo, ciclo, jornada de luz
consumida
E reencontrada.
Não sei de quem visse o começo
E sequer reconheço
O que é meio o que é fim
Prá viver no teu tempo é que eu faço
Viagens no espaço,
De dentro de mim.

Das conjunções improváveis
De órbitas instáveis
É que eu me mantenho
E venho arrimado nuns versos,
Tropeçando universos,
Prá achar-te no fim
Deste tempo cansado de dentro de
mim.

Música Tempo e Espaço, de Paulo Vanzolini



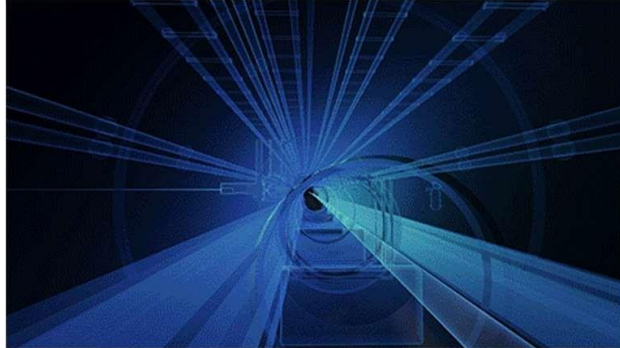
30

π

Muito obrigado!



A Física do “muito pequeno”



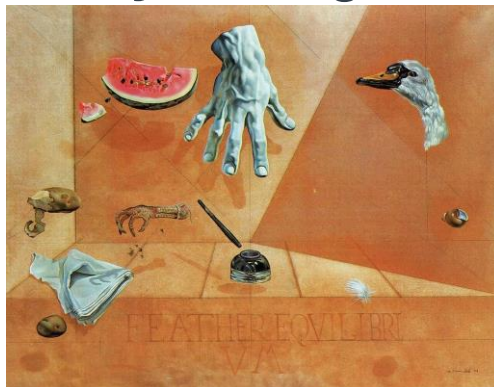
Prof. M^e Gilson Yuri Silva Moura¹



1. Doutorando da Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Educação em Ciências, PPGEC.

1

Avaliação diagnóstica



Equilíbrio intra-atômico da pena de um cisne, de Salvador Dalí

π



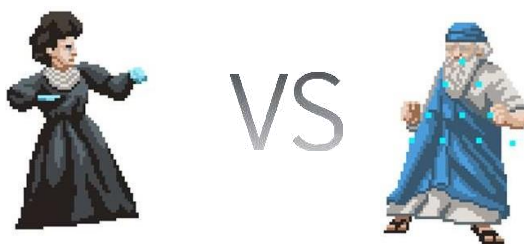
2

Os Mutantes - Dois Mil E Um

Astronauta libertado Minha vida me ultrapassa Em qualquer rota que eu faça Dei um grito no escuro Sou parceiro do futuro Na reluzente galáxia Eu quase posso falar	Não me tenho nem me faço A rota do ano-luz Calculo dentro do passo Minha dor é cicatriz	Em qualquer rota que eu faça Dei um grito no escuro Sou parceiro do futuro Na reluzente galáxia
A minha vida é que grita Emprenha se reproduz Na velocidade da luz A cor do sol me compõe O mar azul me dissolve	Minha morte não me quis Nos braços de 2.000 anos Eu nasci sem ter idade Sou casado, sou solteiro	Astronauta libertado Minha vida me ultrapassa Em qualquer rota que eu faça Dei um grito no escuro
A equação me propõe Computador me resolve Astronauta libertado Minha vida me ultrapassa Em qualquer rota que eu faça Dei um grito no escuro Sou parceiro do futuro	Sou baiano e estrangeiro Meu sangue é de gasolina Correndo não tenho mágoa Meu peito é de sal de fruta Fervendo num copo d'água	Sou parceiro do futuro Na reluzente galáxia Astronauta libertado Minha vida me ultrapassa Em qualquer rota que eu faça
Na reluzente galáxia Amei a velocidade Casei com sete planetas Por filho, cor e espaço	Barbaridade uai Astronauta libertado Minha vida me ultrapassa	Dei um grito no escuro Sou parceiro do futuro Na reluzente galáxia

3

Qual o modelo que melhor
descreve o átomo?



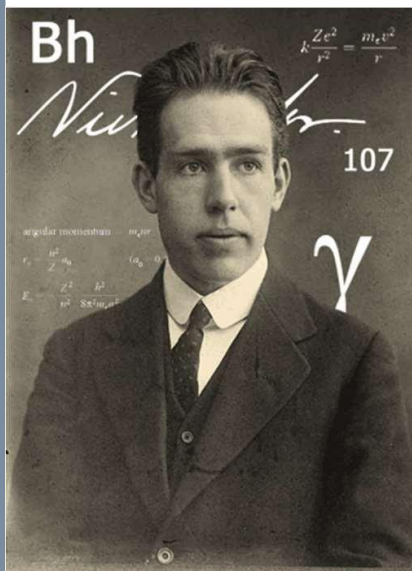
4

Qual o modelo que melhor descreve o átomo?

Desde a antiguidade, o ser humano busca compreender a origem e a evolução do Universo. Na Grécia Antiga, em V a.C., o filósofo Demócrito defendia a ideia do átomo como a menor constituição da matéria, invisível e indivisível. Porém, hoje sabemos que a Física Quântica conseguiu descrever melhor a estrutura da matéria. A Teoria Quântica e a Relatividade formam os alicerces da Física Moderna.

5

As Linhas Espectrais



De acordo com a teoria de Bohr, quando um átomo recebe energia, seu elétron passa para um nível de energia maior, permanecendo em um estado excitado. Ao retornar à sua órbita original, o elétron deve liberar a energia absorvida na forma de luz no espectro visível, denominada fóton. Em 1913, Bohr propôs um modelo atômico fundamentado nos espectros de emissão do gás hidrogênio.

6

A Teoria Quântica

A Física Quântica tem sua origem com os estudos de Max Planck (1858 – 1947). Na sua teoria quântica, este cientista propõe que cada átomo só pode trocar pacotes discretos de energia. Um corpo negro teria a capacidade de absorver toda a radiação incidente, e também seria um emissor perfeito. Plank ajudou no maior entendimento da natureza da luz e explicou o fenômeno da radiação do corpo negro.

7

8

EFEITO FOTOELÉTRICO

O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética de frequência suficientemente alta, que depende do material, como por exemplo a radiação ultravioleta.



A desintegração da persistência da memória. Salvador Dalí. (1952-1954).

Uma ideia que pode ser apreendida ao se observar a fragmentação da realidade é a representação desta realidade “quantizada”, em pequenos “quanta” de matéria, o que lembra o quantum de ação.

9

ENERGIA EM PACOTES



A esses pequenos “pacotes” de energia Max Planck deu o nome de quantum (seu plural é quanta), que vem do latim e significa “quantidade”, literalmente “quanto?”, passando a ideia de unidade mínima, indivisível; já que o quantum seria uma unidade definida de energia proporcional à frequência da radiação.

Gilberto Gil - Quanta


Quanta do latim
Plural de quantum
Quando quase não há
Quantidade que se medir
Qualidade que se expressar
Fragmento infinitésimo
Quase que apenas mental
Quantum granulado no mel
Quantum ondulado no sal
Mel de urânio, sal de rádio
Qualquer coisa quase ideal
Cântico dos cânticos
Quântico dos quânticos
Canto de louvor
De amor ao vento
Vento arte do ar
Balançando o corpo da flor
Levando o veleiro pro mar
Vento de calor
De pensamento em chamas
Inspiração

Arte de criar o saber
Arte, descoberta, invenção
Teoria em grego quer dizer
O ser em contemplação
Cântico dos cânticos
Quântico dos quânticos
Sei que a arte é irmã da ciência
Ambas filhas de um Deus fugaz
Que faz num momento
E no mesmo momento desfaz
Esse vago Deus por trás do mundo
Por detrás do detrás
Cântico dos cânticos
Quântico dos quânticos

10

	<p>Poema Einstein came down as wolf on the - Paul Davies/2005</p> <p>Einstein desceu como um lobo ao redil Determinado em degolar as teorias do passado; E o seu pensamento era de luz a voar, Como o seu impacto no tempo iria mudar tudo. O movimento relativo dos objectos havia de mostrar Como o espaço fica destorcido e o tempo não pode fluir Como o futuro e o passado são apenas figuras de retórica, E que os eventos não se podem ligar fora do alcance da luz A dinâmica dos corpos vistos a mover-se assim Tornam hoje redundantes as equações de Newton; Também o momento linear e a energia não vão ser poupados, Enquanto a massa reaparece ligada a c ao quadrado</p>	<p>O efeito fotoelétrico veio a seguir, Um assunto em que toda a gente se sentiu incomodada; Mas a quantização da luz depressa nos mostrou o caminho, Nascia o fóton e Einstein podia dizer "Annus mirabilis? É apenas o começo, Eu não ficarei satisfeito até obter a certeza Da razão do universo funcionar assim, Porque a Natureza é realmente o milagre."</p> <p>Poema: I like relativity and quantum theory D. H. Lawrence Gosto da teoria da relatividade e da teoria quântica. Porque não as entendo E fazem com que me sinta como se o espaço mudasse de sítio. Como um cisne que não pode acomodar-se, Recusando estar parado e ser medido; E como se o átomo fosse uma coisa impulsiva. Sempre a mudar de decisão.</p>
--	---	--

11

<p>Dualidade onda-partícula</p> <p>Eugenio Lisboa, Bohr, 2001. Poema publicado em "O Ilimitável" Bohr</p> <p>Os corpúsculos e as ondas são a mesma realidade Assim sendo, tu já sondas o começo de uma idade. (Perscrutar certos segredos que a natureza escondera é fundamento dos medos do frio que nos espera).</p>	<p>A dualidade onda-partícula pode ser entendida a partir do princípio da complementariedade, de Bohr. Este princípio explica que, em nível quântico, existe uma dependência entre dois conceitos físicos em que a observação de um impõe limitações à observação do outro. A dualidade onda-partícula é exemplo disso, pois em uma experiência que se evidencia o caráter corpuscular, o caráter ondulatório não é visto, e vice-versa</p> <p>Oposição. Salvador Dalí (1952). Aquarela e tinta. 43,18 × 30,48 cm. A natureza dual dos constituintes atômicos, apresentada pela Física do século XX, pode ser ilustrada na tela Oposição</p> 
---	--

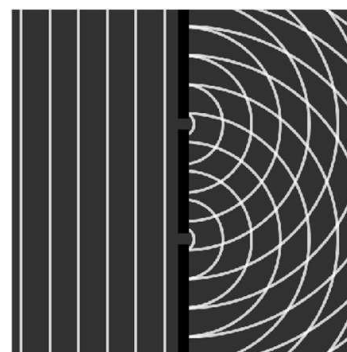
12



13

A experiência de Thomas Young, também conhecida como experiência da fenda dupla, é fundamental para a determinação da natureza quântica na física atômica. A experiência da dupla fenda consiste em deixar que a luz visível se difracte através de duas fendas, produzindo bandas num écran. As bandas formadas, ou padrões de interferência, mostram regiões claras e escuras que correspondem aos locais onde as ondas luminosas interferiram entre si construtivamente e destrutivamente.

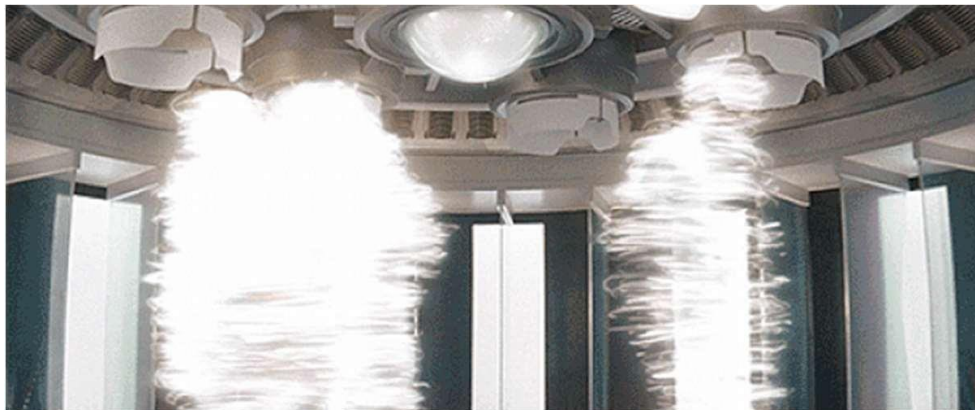
O Experimento Dupla Fenda



14

π

É possível Teletransportar?



15

Princípio de Incerteza



O princípio da incerteza consiste num enunciado da mecânica quântica formulado em 1927 por Werner Heisenberg. Tal princípio estabelece um limite na precisão com que certos pares de propriedades de uma dada partícula física, conhecidas como variáveis complementares (tais como posição e momento linear), podem ser conhecidos. Em seu artigo de 1927, Heisenberg propõe que em nível quântico quanto menor for a incerteza na medida da posição de uma partícula, maior será a incerteza de seu momento linear e vice-versa. O princípio da incerteza é um dos aspectos mais conhecidos da física do século XX e é comumente apresentado como um exemplo claro de como a mecânica quântica se diferencia das premissas elementares das teorias físicas clássicas. Isso porque na mecânica clássica quando conhecemos as condições iniciais conseguimos com precisão determinar o movimento e a posição dos corpos de forma simultânea.

16

O Gato de Schrodinger

O Gato de Schrödinger é uma experiência mental, frequentemente descrita como um paradoxo, desenvolvida pelo físico austríaco Erwin Schrödinger, em 1935. A experiência procura ilustrar a interpretação de Copenhague da mecânica quântica, imaginando-a aplicada a objetos do dia-a-dia.

Erwin Schöndinger, tentando explicar uma interpretação da física Quântica, propôs um experimento onde um gato é colocado em uma caixa selada com um vidro de veneno, que se quebrará em um instante aleatório.



Agora vou fazer a demonstração, preste atenção Penny. Ninguém sabe quando ou se o veneno será liberado, então podemos pensar no gato como estando vivo e morto. Só saberemos a resposta quando a caixa for aberta.



Isso se o gato não conseguir escapar da caixa antes, não é Sheldon?

É absolutamente impossível que isso aconteça!



geekcats.com

17

O que é Radioatividade?



18

O que é Radioatividade?

Marie Curie foi uma das mulheres a mudar a história e os rumos do estudo da radioatividade, a primeira pessoa a receber dois prêmios Nobel. Seus estudos sobre as radiações produzidas pelo urânio começaram em 1897, época em que o elemento era conhecido como raios urânicos, na Escola Municipal de Física e de Química Industriais de Paris. Marie foi responsável por criar o termo radioatividade ao concluir que a radiação emanava de dentro do átomo.



19

Radioativo – Imagine Dragons

Estou acordando em cinzas e pó
Limpo minha testa e transpiro minha ferrugem
Estou respirando as substâncias químicas

Estou invadindo, tomando forma
E então conferindo o ônibus da prisão
É isso, o apocalipse

Estou acordando
Eu sinto isso em meus ossos
O suficiente para fazer meu sistema explodir

Bem-vindo à nova era, à nova era
Bem-vindo à nova era, à nova era



Ergo a minha bandeira, tinjo minhas roupas
É uma revolução, eu suponho
Estamos pintados de vermelho para nos encaixarmos

Todos os sistemas se vão
O Sol não morreu
Profundamente em meus ossos
Diretamente de dentro

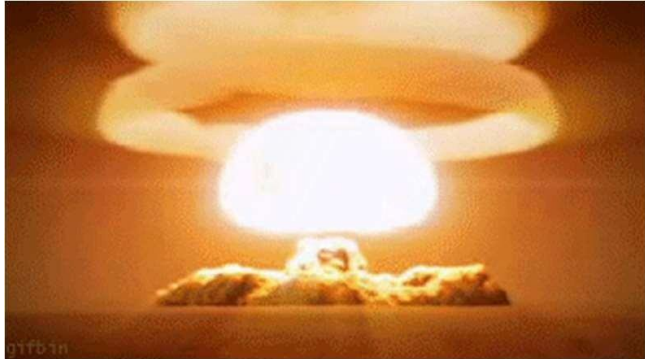


20

Física Nuclear

Fissão é o processo de forçar a divisão de um átomo para formar dois outros, mais leves. A reação também libera energia e um nêutron livre. É a partir do processo de fissão que pode ser criadas as bombas como as de Hiroshima e Nagasaki.

Como é feito a bomba atômica?

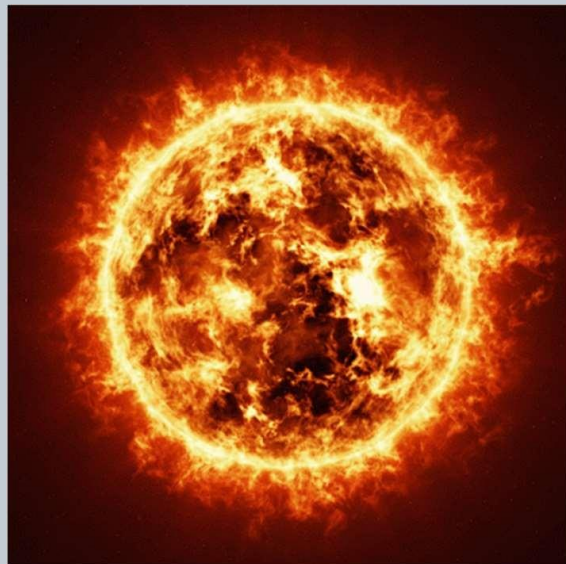


21

Fusão Nuclear

Fusão nuclear é o processo no qual dois ou mais núcleos atômicos se juntam e formam um outro núcleo de maior número atômico. A fusão nuclear requer muita energia para acontecer, e geralmente libera muito mais energia do que a que consome.

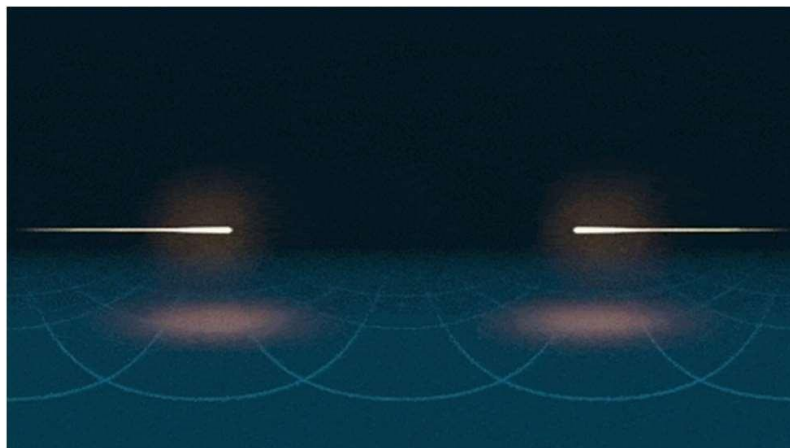
No Sol há fogo?



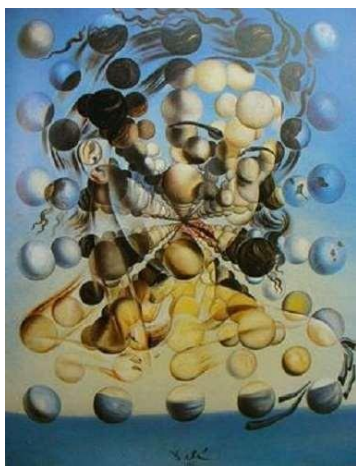
22

π

Como o homem descobriu as partículas?



23

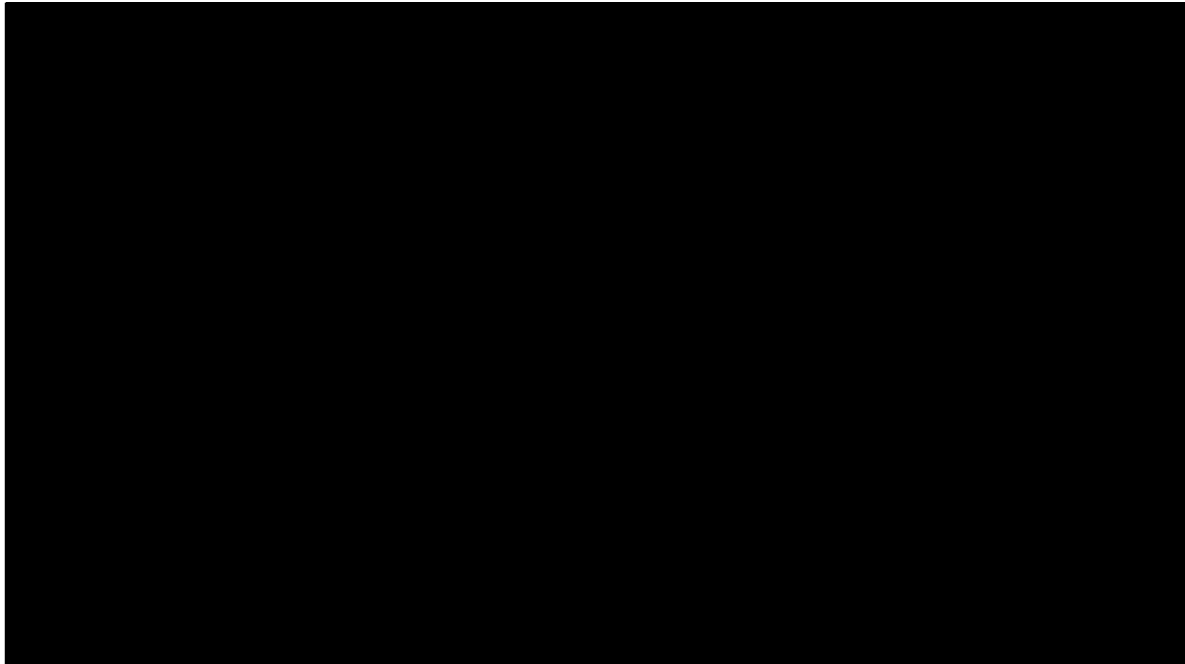


Galátea de esferas. Salvador Dalí (1952)

A obra de Salvador Dalí é enorme. Calcula-se que mais de 700 telas tenham sido assinadas por ele. Em várias delas é clara a identificação de temas que tratam da ciência (Física, Matemática, Biologia). Esta constatação pode ser feita através da simples observação de alguns títulos com palavras que fazem referência direta à Ciência. Algumas palavras que são utilizadas constantemente em Física, que aparecem no título de seus quadros são: atômico/atômica, nuclear, partículas, (des)materialização, desintegração, microfísica, mésons pi, quarta-dimensão, raios cósmicos.

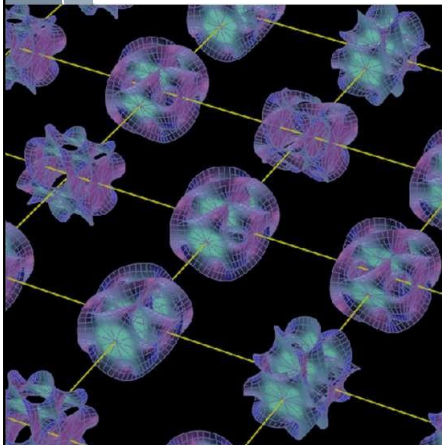
A imagem de sua esposa e musa, Gala, é composta pela união de várias esferas (átomos)

24



25

A Teoria de Tudo



A teoria das cordas baseia-se na ideia de que cada partícula do Universo é composta de *fiões* de energia vibrantes inimagináveis.

Um dos maiores desafios da Física moderna é desenvolver uma teoria que descreva de forma unificada todos os fenômenos do Universo. O grande obstáculo é a incompatibilidade entre duas das principais teorias físicas deste século, a relatividade geral e a mecânica quântica. O físico alemão Albert Einstein (1879-1955), segundo seu biógrafo Abraham Pais (em *Einstein Viveu Aqui*, Nova Fronteira, 1997, Rio de Janeiro), disse que a teoria física tem dois anseios: “Englobar o máximo possível de fenômenos e suas conexões” e “alcançar isso com base no menor número possível de conceitos independentes e relações arbitrariamente pressupostas.”

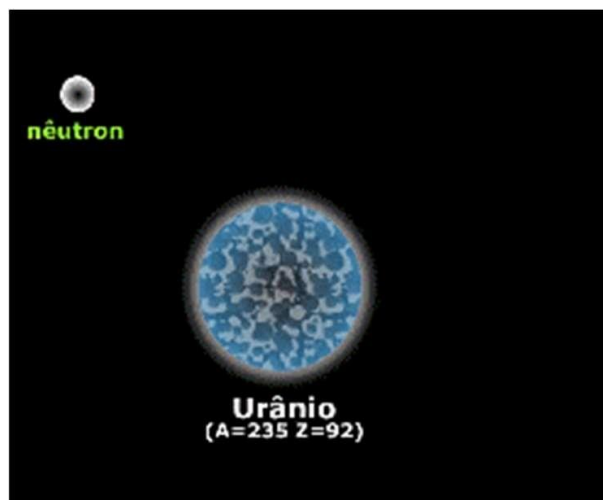
O Universo é governado por quatro forças fundamentais: a Força Gravitacional, a Força Electromagnética, a Força Nuclear Fraca e a Nuclear Forte. Antes do Big Bang, o Universo era uma singularidade infinitesimalmente pequena, onde estas 4 forças estavam confinadas em um único ponto. Logo após o Big Bang, a gravidade foi a primeira que separou-se das demais forças. e assim por diante. As leis de Einstein ainda não tinham sido aplicáveis, então o Universo se expandiu mais rápido que a luz.


 π

27

FORÇA FRACA

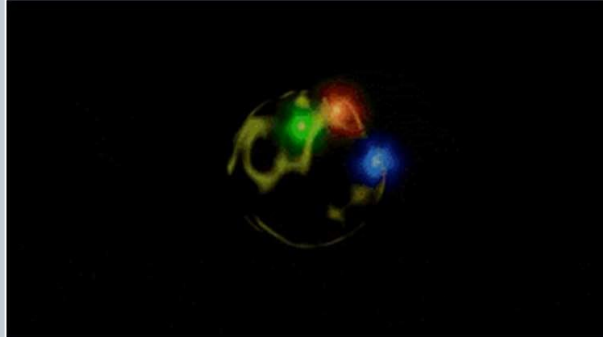
Força nuclear fraca ou interação fraca é uma das quatro forças fundamentais da natureza. É comumente vista no decaimento beta relacionado à radiação. Ela afeta todos os léptons e quarks. É mediada pelos bósons W e Z. A força nuclear fraca é a força que cinde as partículas.



28

FORÇA FORTE

Na física, força forte é a interação entre quarks e glúons descrita pela cromodinâmica quântica. Antigamente, era entendida como a força nuclear, que ocorria entre prótons e nêutrons, até então considerados indivisíveis. Sempre foi classificada como uma interação fundamental da natureza.



29

Lulu Santos – Todo o Universo

Minha favorita
 Chegou esta pra você
 Expressa e registrada
 Só seus olhos podem ler
 Teve sua origem
 Bem aqui em meu bureau
 Contra as leis da física
 Se teletransportou
 Todo universo pra gente se perder
 Não foi suficiente, olha e vê
 Fez a minha órbita
 Passar rente de você
 E a tua gravidade me prender
 Minha favorita
 Chegou esta pra você
 Expressa e registrada
 Só seus olhos podem ler
 Teve sua origem
 Bem aqui em meu bureau
 Contra as leis da física
 Se teletransportou
 Todo universo pra gente se perder

Não foi suficiente, olha e vê
 Fez a minha órbita
 Passar rente de você
 E a tua gravidade me prender
 Todo universo pra gente se perder
 Não foi suficiente, olha e vê
 Fez a minha órbita
 Passar rente de você
 E a tua gravidade me prender



30

Avaliação formativa




Big Bang

π



31

π Muito obrigado!



32

Sequência Didática - A Física do "muito grande"

Avaliação Diagnóstica

1. 1) Você acredita ser possível viajar pelo tempo?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

2. 2) Se possível a viagem no tempo, qual dessas alternativas seria mais provável?

Marcar apenas uma oval.

Passado

Futuro

3. 3) Você gosta da Física Moderna?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

4. 4) Você já assistiu algum filme ou livro que aborda a Física Moderna, quais?

1. 5) Qual o meio que você ouviu mais sobre a Física Moderna, na escola ou nos filmes e livros?

Marcar apenas uma oval.

- Escola
 Filmes e outros

2. 6) Sobre a afirmação “a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para qualquer referencial inercial”, assinale:

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
 Discordo

3. 7) Na sua concepção sobre o tempo, assinale a alternativa que você considera mais correta?

Marcar apenas uma oval.

- a) O tempo passa igualmente para qualquer observador independentemente da sua velocidade.
 b) O tempo pode passar de maneira diferente para observadores dependendo das suas velocidades.

4. 8) Nas suas palavras, qual a diferença da Física Clássica para a Física Moderna?

1. 9) Assinale as alternativas que você considera verdadeira.

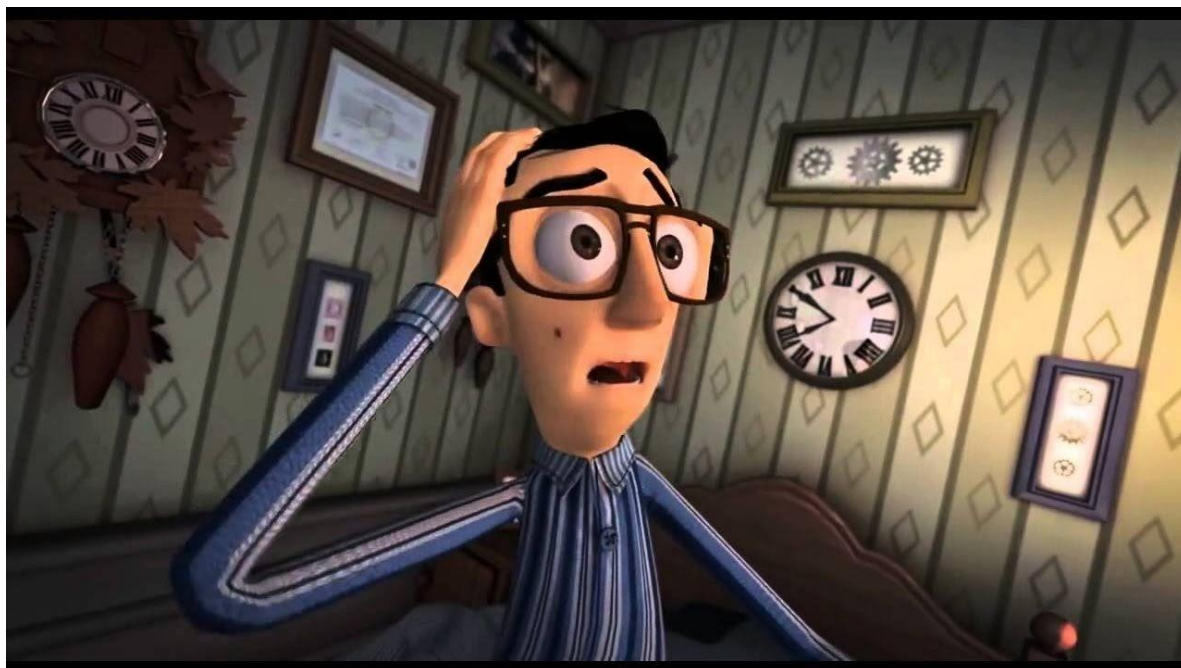
Marque todas que se aplicam.

- As leis da Física são as mesmas para todos os observadores.
 - Se uma pessoa conseguir se movimentar com a velocidade da luz no mesmo sentido de um raio de luz, para ela, o raio de luz estará em repouso.
 - O tempo é relativo, ou seja, dois observadores, em movimento relativo, podem obter valores diferentes para a duração de um mesmo evento.
-
-

Sequência Didática - A Física do "muito grande"

Avaliação Formativa e Somativa

Sobre o filme Destino, responda:



1. 1) Você acha possível mudar o passado?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

2. 2) Qual o melhor jeito de descrever esse filme?

Marcar apenas uma oval.

Não passa de uma ficção

Baseado em fatos reais

Mistura ambos, tanto fantasia quando a realidade

-
1. 3) O personagem principal está preso a um laço temporal, isso seria possível segundo a Relatividade Geral?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

Sobre a música: Tempo e Espaço de Paulo Vanzoline, responda:

2. 4) No trecho “Prá viver no teu tempo é que eu faço”, você acredita que o compositor se refere a qual teoria?

Marcar apenas uma oval.

- a) Teoria da Gravitação Universal.
 b) Teoria da Relatividade Especial.
 c) Teoria do Big Bang.

3. 5) No trecho “Tempo e espaço eu confundo”, você acredita que o compositor se refere a qual teoria?

Marcar apenas uma oval.

- a) Teoria de Tudo.
 b) Teoria da Evolução.
 c) Teoria da Relatividade Geral.

4. 6) Sobre a teoria da relatividade, marque o que for verdadeiro:

Marcar apenas uma oval.

- a) O tempo é uma grandeza absoluta,
b) Para objetos na velocidade da luz, ocorre a contração do tempo.
c) Para objetos na velocidade da luz, ocorre a contração dos comprimentos.
d) Para objetos na velocidade da luz, ocorre a dilatação dos comprimentos.
-

-
1. 7)(UNISINOS-RS-Adaptado) Segundo a Teoria da Relatividade de Einstein, uma pessoa que viaja a uma velocidade próxima à da luz, vista por outra considerada em repouso, assinale se verdadeiro.

Marque todas que se aplicam.

- envelhecerá menos rapidamente.
- terá um tamanho menor.
- terá uma massa maior.

2. 8)(UNIFOR-CE - Adaptada) Albert Einstein revolucionou o modo de pensar o espaço e o tempo ao lançar, no início do século XX, as bases da Teoria da Relatividade. Assinale se verdadeiro ou Falso:

Marcar apenas uma oval.

- A Mecânica Clássica não impõe limite para o valor da velocidade que uma partícula pode adquirir, pois enquanto durar a ação de uma força sobre ela haverá aceleração e sua velocidade poderá aumentar indefinidamente.
- Corpos em movimento, com velocidades próximas à da luz, sofrem contrações em suas três dimensões em relação às que possuem quando em repouso.
- A velocidade de um objeto, em relação a qualquer referencial, não pode superar a velocidade da luz no vácuo.

3. 9) Você acha importante que se aborde a Física Moderna no Ensino Médio? Por quê?

1. 10) Sobre o quadro de Salvador Dali, o que faz os relógios ficarem dessa forma?



Marcar apenas uma oval.

- Dilatação do tempo
- Contração do espaço
- Ambos

Sequência Didática - A Física do "muito pequeno"

Avaliação Diagnóstica

1. 1) Na sua visão, qual a natureza da luz?

Marcar apenas uma oval.

- a) A luz é uma onda.
 b) A luz é formada de partículas.
 c) A luz é dual, é onda e partícula.

2. 2) A palavra "átomo" significa 'o que não pode ser dividido', na sua opinião, assinale:

Marcar apenas uma oval.

- a) Essa visão está correta.
 b) Essa visão está ultrapassada.

3. 3) Se para haver fogo é necessário a presença de oxigênio, o que explica a existência do Sol?

Marcar apenas uma oval.

- Tem oxigênio no universo
 Fusão nuclear

4. 4) Você acha possível o teletransporte?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
-

1. 5) Nas suas palavras, o que é átomo?

2. 6) Você já ouviu falar em algum termo mal empregado sobre a Física Quântica, como “Cura Quântica”, “Medicina Quântica”, “Terapia Quântica” ou outro?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Outro

3. 7) Na sua opinião, qual a origem do Universo?

Marcar apenas uma oval.

- Big Bang
 Criacionismo

4. 8) Assinale se verdadeiro ou falso:

Marque todas que se aplicam.

- O átomo é a menor partícula, sendo ele invisível e indivisível
 Física quântica é o ramo da Física que estuda o comportamento de diversos fenômenos que ocorrem em escalas moleculares, atômicas e nucleares.
 A teoria quântica afirma que a matéria tem propriedades associadas com ondas, razão pela qual o modelo de átomo foi baseado nesta teoria.
-

1. 9) O gato de Schroedinger é um experimento mental fascinante, proposto por Erwin Schroedinger, que reforça a natureza estatística da mecânica quântica e o Princípio da Incerteza. Segundo esse experimento o gato está:

Marcar apenas uma oval.

- Vivo
- Morto
- Vivo e morto
-

Sequência Didática - A Física do "muito pequeno"

Avaliação Formativa e Somativa

Sobre o filme "Velázquez e a Teoria Quântica da Gravidade", responda:



1. 1) Em relação ao filme, você acredita que as leis que se aplicam ao microscópico são as mesmas para os macroscópicos?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

2. 2) Qual as leis que regem o muito pequeno?

Marcar apenas uma oval.

a) Mecânica Quântica.

b) Relatividade Geral.

1. 3) Qual as leis que regem o muito grande?

Marcar apenas uma oval.

- a) Mecânica Quântica.
 b) Relatividade Geral.

2. 4) Segundo o filme, o que faz uma lagartixa ficar presa na parede?

Marcar apenas uma oval.

- a) As propriedades Quânticas da matéria.
 b) A força de aplicação das patas na parede, explicada pela Física Clássica.

3. 5) Qual a diferença crucial que separa as Artes da Ciência segundo o filme?

Sobre a música do Imagine Dragons, "Radioactive", responda:

4. 6) No trecho "Eu sou radioativo, radioativo", o que o compositor quis dizer?

Marcar apenas uma oval.

- Que a pessoa emite radiação
 Que está se sentindo estranho

5. 7) Qual cientista que descobriu a Radioatividade?

Marcar apenas uma oval.

- Einstein
 Marie Curie
-

1. 8) Qual parte da Física Moderna você acha mais interessante, Quântica, Relatividade, Física Nuclear ou de Partículas? Por quê?

2. 9) (ITA - 2002) Um trecho da música Quanta, de Gilberto Gil, é reproduzido no destaque abaixo. Fragmento infinitésimo Quantum granulado do mel Quantum ondulado do sal Mel de urânio, sal de rádio Qualquer coisa quase ideal As frases Quantum granulado no mel e Quantum ondulado do sal relacionam-se, na Física, com:

Marcar apenas uma oval.

- a) Conservação de Energia.
- b) Conservação da Quantidade de Movimento.
- c) Dualidade Partícula-onda.
- d) Princípio da Causalidade.
- e) Conservação do Momento Angular.
-

1. 10) Sobre o quadro de Salvador Dalí, "A desintegração da persistência da memória" o que representa os blocos?



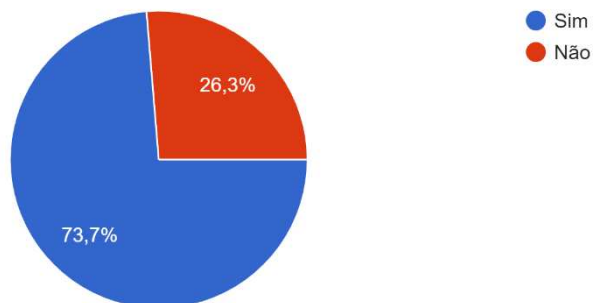
Marcar apenas uma oval.

- A quantização da matéria
- A realidade paralela
- O princípio de incerteza

Questionário 1

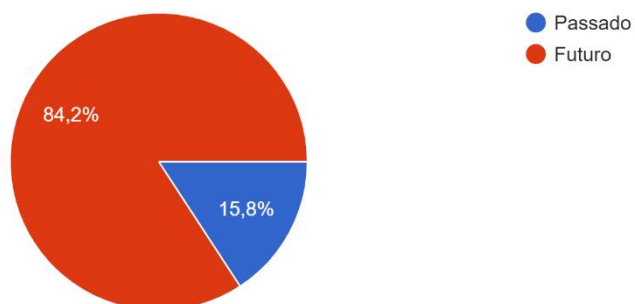
1) Você acredita ser possível viajar pelo tempo?

19 respostas



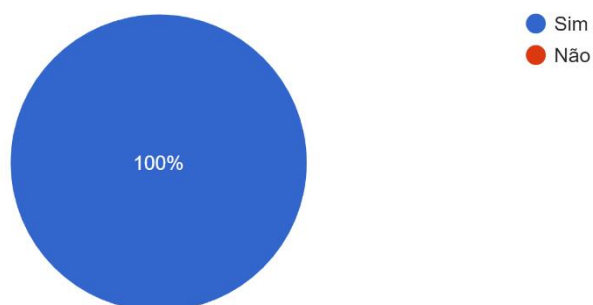
2) Se possível a viagem no tempo, qual dessas alternativas seria mais provável?

19 respostas



3) Você gosta da Física Moderna?

19 respostas



4) Você já assistiu algum filme ou livro que aborda a Física Moderna, quais?

(19 respostas)

Aluno 1: Interestelar, perdido em marte, etc

Aluno 2: interestrelar

Aluno 3: A teoria de tudo, e outros que não lembro o nome

Aluno 4: Interestelar

Aluno 5: Nao

Aluno 6: Não, não me lembro de ter assistido.

Aluno 7: Filme e Series :Interestelar, Cosmos: A Spacetime Odyssey .livro : A Realidade Não é o que Parece.

Aluno 8: "Interestelar" e "A Teoria de Tudo".

Aluno 9: A teoria de tudo.

Aluno 10: Nao

Aluno 11: Sim. A teoria de tudo, e outros que não me recordo o nome.

Aluno 12: sim, Astrofísica para gente com pressa do Neil deGrasse, interestelar, cosmos...

Aluno 13: interestrelar

Aluno 14: A teoria de tudo

Aluno 15: sim, interestelar

Aluno 16: Apollo 13, interestelar, a teoria de tudo

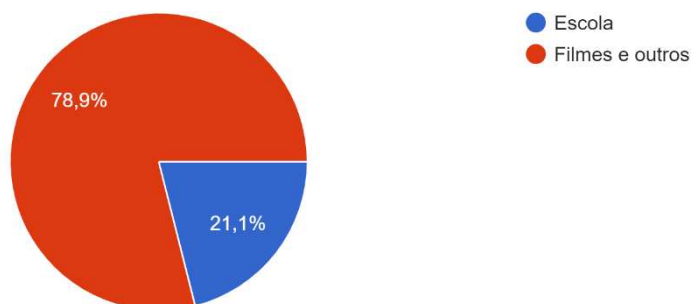
Aluno 17: Quanto a física moderna, não me recordo de ter lido algum livro a respeito, ou mesmo, assistido a um filme.

Aluno 18: "Particle Fever", "Apollo 13", "Perdido em Marte", "A teoria de tudo" e "interestelar"

Aluno19:

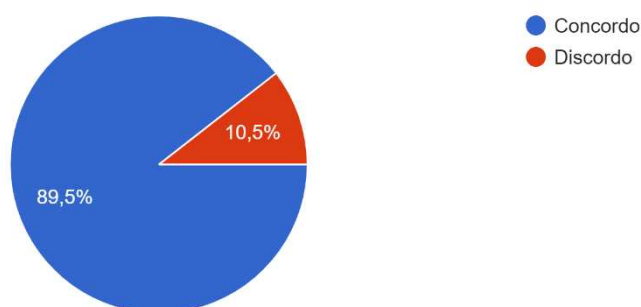
5) Qual o meio que você ouve mais sobre a Física Moderna, na escola ou nos filmes e livros?

19 respostas



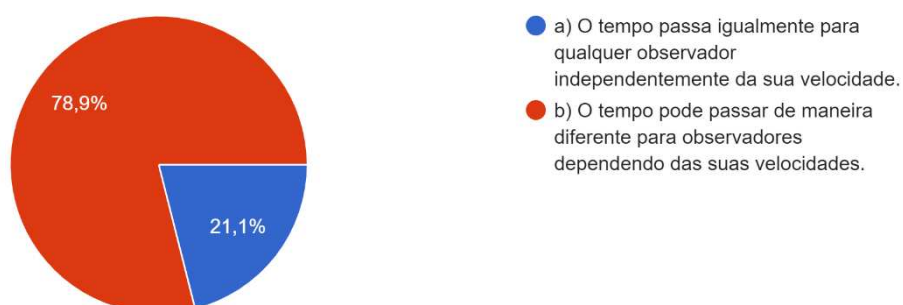
6) Sobre a afirmação “a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para qualquer referencial inercial”, assinale:

19 respostas



7) Na sua concepção sobre o tempo, assinale a alternativa que você considera mais correta?

19 respostas



8) Nas suas palavras, qual a diferença da Física Clássica para a Física Moderna? (18 respostas)

Aluno 1: Na Física clássica, como foi estruturada em uma sociedade ainda carente de boas tecnologias, tendo em vista só a percepção humana e a crítica racional, teve suas limitações no diálogo, na comunidade científica e o advento da internet possibilitou novas portas, todavia a física moderna por ter a base da clássica e os novos conceitos intrigantes da física quântica da incerteza de Heisenberg dentre outras descobertas e aprimoramentos no conhecimento do eletromagnetismo, se aprimorou muito a forma de descobrir o cosmos.

Aluno 2: Física clássica tem conceitos mais brutos e limitados, já a física moderna refina os conceitos e abrange para coisas muito grandes ou muito pequenas.

Aluno 3: A física clássica, pra mim, é uma parte dos fenômenos que têm uma explicação exata até hoje, e a moderna é uma parte da física que ainda pode ser descoberta. Eu não tenho certeza.

Aluno 4: Penso que a física clássica dá mais ênfase ao movimento e faz uma visão mais geral sobre o todo e a física moderna é mais voltada a questões mais específicas, como: física quântica, física de partículas, etc.

Aluno 5: A principal diferença da física clássica e da física moderna, é que na física clássica se refere a todos os estudos antes do século XX.

Aluno 6: A física clássica seria o estudo dos fenômenos que ocorrem em escalas macroscópicas, como movimento dos astros e projéteis e também a física Clássica é responsável pelas teorias da física mecânica, isto é, ondulatória, termodinâmica e eletromagnetismo. Já a Física Moderna, é o estudo responsável pela definição de fenômenos microscópicos ou seja aqueles em escalas subatômicas, também atribui-se à Física Moderna o estudo da teoria da relatividade e da física experimental.

Aluno 7: A Física Clássica se concentra nos conceitos de física de grande porte, como termodinâmica, mecânica, magnetismo, luz e som, por exemplo. Enquanto a Física Moderna se concentra com o mundo das partículas microscópicas.

Aluno 8: A moderna é estudada a partir das físicas anteriores mas de uma maneira mais microscópica.

Aluno 9: Física clássica é pela parte de termodinâmica, eletromagnetismo e ondulatória, já a moderna já vão para parte de conceitos de experimentos, teoria da relatividade e mecânica quântica

Aluno 10: A física moderna refina conceitos criados pela física clássica e também abrange o entendimento sobre o universo.

Aluno 11: Eu acho que a diferença é que a física clássica é mais determinista que a física moderna porque na física moderna existe a mecânica quântica que traz incertezas para os modelos.

Aluno 12: Na Física clássica, como foi estruturada em uma sociedade ainda carente de boas tecnologias, tendo em vista só a percepção humana e a crítica racional, teve suas limitações no diálogo, na comunidade científica e o advento da internet possibilitou novas portas, todavia a física moderna por ter a base da clássica e os novos conceitos intrigantes da física quântica da incerteza de Heisenberg dentre outras descobertas e aprimoramentos no conhecimento do eletromagnetismo, se aprimorou muito a forma de investigar o cosmos.

Aluno 13: A física clássica estuda as grandezas de tempo, massa...e a física moderna estuda os mesmo fenômenos mas depois do aparecimento da teoria da relatividade.

Sobre a física moderna logo vem em minha cabeça a física de partículas, já na física clássica vem sobre estudar a termodinâmica, eletromagnetismo, etc.

Aluno 14: Uma foca nos estudos antes do século xx, e a física moderna estuda as coisas mais recentes, a física clássica e a moderna se complementam.

Aluno 15: Pode-se dizer que a física clássica trabalha com conceitos que descrevem um universo regido por leis mais próximas ao "todo-dia humano", digo, "uma física de causa e efeitos previsíveis". Já a física moderna lida com conceitos quânticos, o que torna esta, uma física mais abstrata para descrever a realidade.

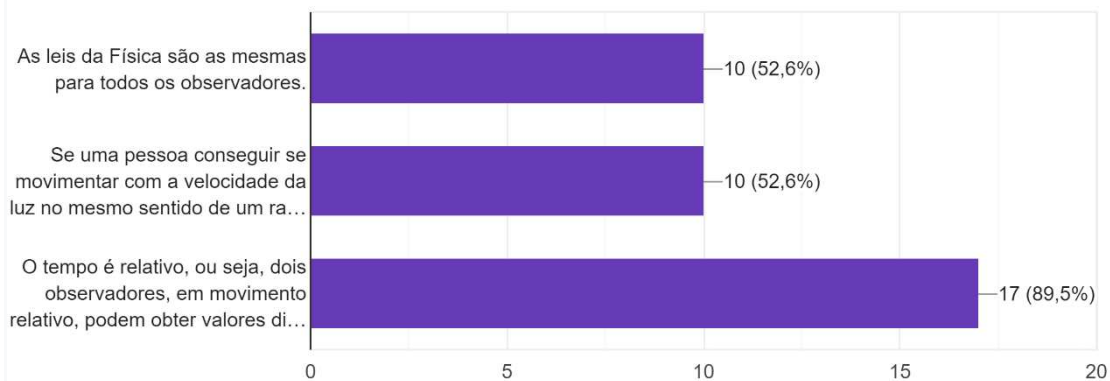
Aluno 16: Acho que a física clássica abrange a parte dos fenômenos já explicados enquanto a física moderna abrange acontecimentos que estão acontecendo, podem acontecer, etc. (?)

Aluno 17: A Física Classica, em sua maioria, é explicada através das leis de Newton, já a Física Moderna esta correlacionada com as novas teorias criadas no Século XX, como a Teoria da Relatividade

Aluno 18:

9) Assinale as alternativas que você considera verdadeira.

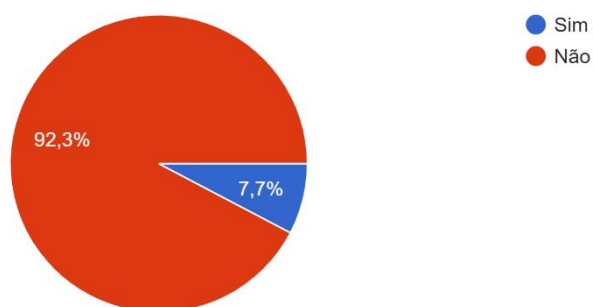
19 respostas



Questionário 2

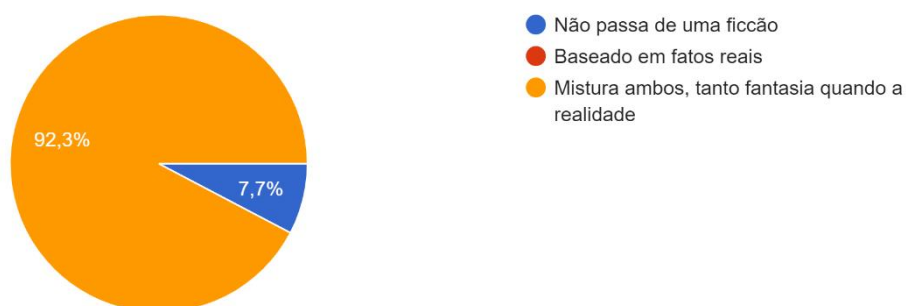
1) Você acha possível mudar o passado?

13 respostas



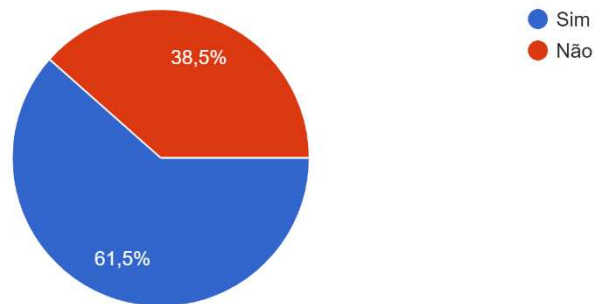
2) Qual o melhor jeito de descrever esse filme?

13 respostas



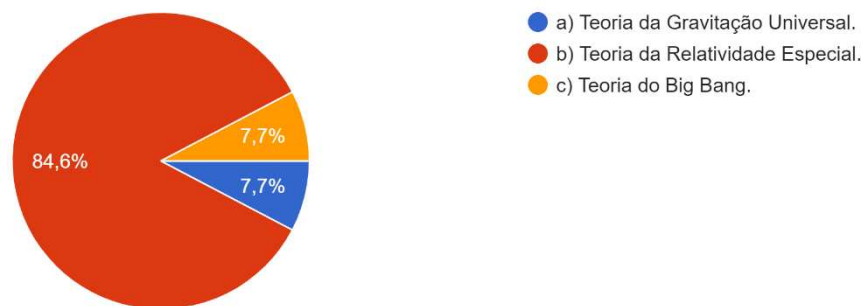
3) O personagem principal está preso a um laço temporal, isso seria possível segundo a Relatividade Geral?

13 respostas



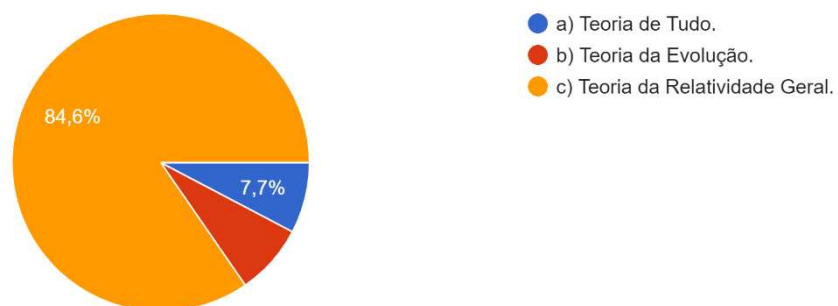
4) No trecho “Prá viver no teu tempo é que eu faço”, você acredita que o compositor se refere a qual teoria?

13 respostas



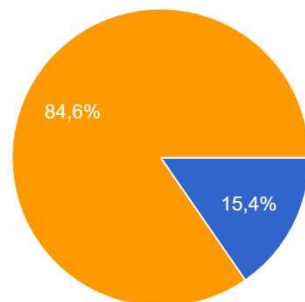
5) No trecho “Tempo e espaço eu confundo”, você acredita que o compositor se refere a qual teoria?

13 respostas



6) Sobre a teoria da relatividade, marque o que for verdadeiro:

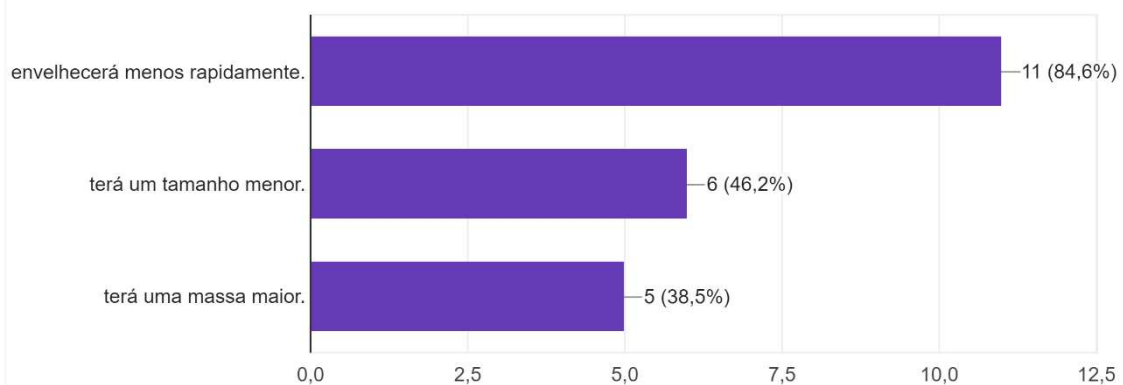
13 respostas



- a) O tempo é uma grandeza absoluta.
- b) Para objetos na velocidade da luz, ocorre a contração do tempo.
- c) Para objetos na velocidade da luz, ocorre a contração dos comprimentos.
- d) Para objetos na velocidade da luz, ocorre a dilatação dos comprimentos.

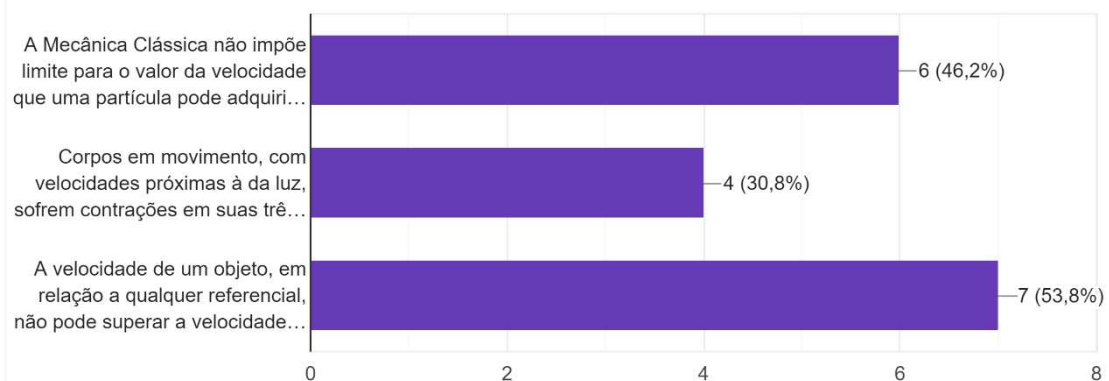
7) (UNISINOS-RS - Adaptado) Segundo a Teoria da Relatividade de Einstein, uma pessoa que viaje a uma velocidade próxima à da luz, vista por outra considerada em repouso, assinale se verdadeiro.

13 respostas



8) (UNIFOR-CE - Adaptada) Albert Einstein revolucionou o modo de pensar o espaço e o tempo ao lançar, no início do século XX, as bases da Teoria da Relatividade. Assinale se verdadeiro ou Falso:

13 respostas



9) Você acha importante que se aborde a Física Moderna no Ensino Médio?

Por quê? (11 respostas)

Aluno 1: Sim, pois com a física moderna, se pode ter outros entendimentos sobre o espaço e tempo.

Aluno 2: Sim, considero importante o estudo de física moderna durante os anos de ensino médio. Pois, como esta é uma parte da física que tem ganhado bastante popularidade entre os jovens, acredito que os alunos estariam mais interessados e familiarizados, por conta de histórias científicas, com estes assuntos, aos quais fazem parte da física moderna.

Aluno 3: Sim, pois infelizmente a física por muitos é visto como algo impossível e complicada, abordando um pouco da física moderna no ensino médio e de maneiras diferentes e que estimulem o interesse, é muito bom, para desenvolver o pensamento científico nas pessoas.

Aluno 4: Sim, porque é importante estarmos cientes de algumas coisas e contestarmos também.

Aluno 5: Sim, porque tem se uma ideia no ensino Médio de que a física é somente fórmula quando se parte para a física moderna tem se uma forma mais abrangente que vai além de fórmulas, mais se a percepção do aluno de entender a matéria e começar a criar um pensamento mais ativo sobre a física já não tão robotizado. sim, coloca estudantes frente a situações reais. Ajudando compreender a natureza e o gosto pela ciência.

Aluno 6: Simmm, por que a Física moderna aborda os fenômenos físicos, estes estão presentes em nossas vidas!

Aluno 7: Sim porque eu acredito que é algo que as pessoas se interessam mais por ter referência na cultura pop como interestellar e outros filmes.

Aluno 8: Para um conhecimento prévio sobre e também despertar o interesse dos alunos na física.

Aluno 9: Sim, pois é um tema muito interessante, eu tive um ensino de Física muito pobre no ensino médio, e também muito pouco informativo.

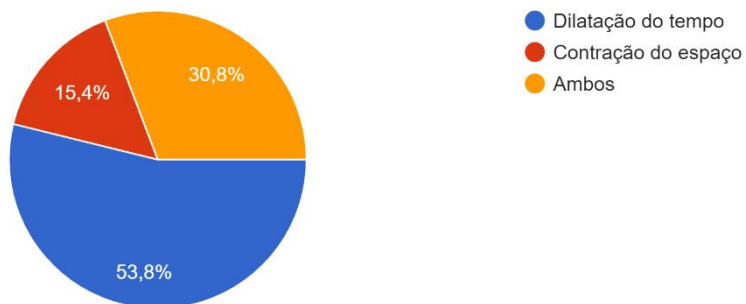
Aluno 10: Acho importante sim, mas acredito que seja difícil incorporar na grade de matérias.

Aluno 11: A Física Clássica deu o "start" para a Física Moderna se tornar o que é hoje, então penso que focar mais nela no ensino médio seja mais correto, portanto, quando o conteúdo estiver mais em dia, pode-se sim acrescentar a Física Moderna,

pele fato de poder apresentar como a física está contribuindo para novas descobertas.

10) Sobre o quadro de Salvador Dali, o que faz os relógios ficarem dessa forma?

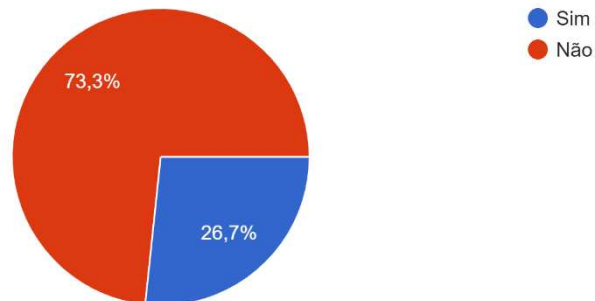
13 respostas



Questionário 3

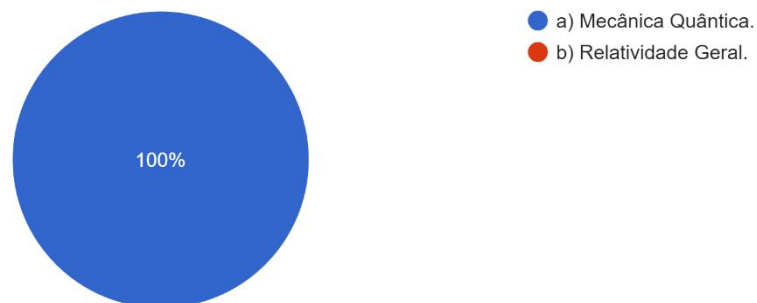
1) Em relação ao filme, você acredita que as leis que se aplicam ao microscópico são as mesmas para os macroscópicos?

15 respostas



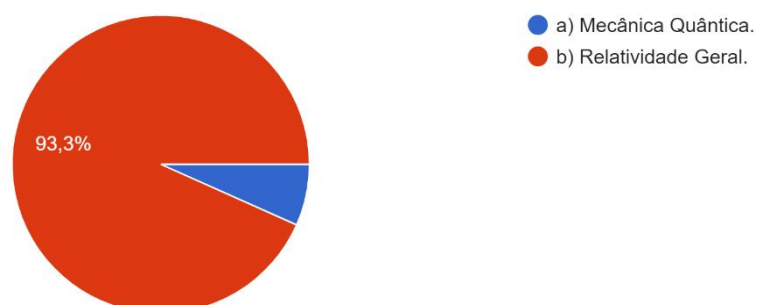
2) Quais leis que regem o muito pequeno?

15 respostas



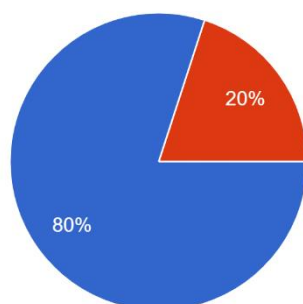
3) Quais leis que regem o muito grande?

15 respostas



4) Segundo o filme, o que faz uma lagartixa ficar presa na parede?

15 respostas



- a) As propriedades Quânticas da matéria.
- b) A força de aplicação das patas na parede, explicada pela Física Clássica.

5) Qual a diferença crucial que separa as Artes da Ciência segundo o filme?(10 respostas)

Aluno 1: a diferença crucial é que na arte uma descoberta não altera em nada a descoberta anterior.

Aluno 2: Na arte uma nova descoberta não altera a anterior, já na ciência uma nova descoberta anula completamente a anterior.

Aluno 3: Não assisti o filme professor, não sabia que seria necessário para responder as questões.

Aluno 4: artes é subjetiva e a ciência não utiliza coisas frantásiosas

Aluno 5: não existe uma humanidade sem a ciencia, ambas explicam ao mundo a existencia humana.

Aluno 6 .

Aluno 7: não olhei o filme

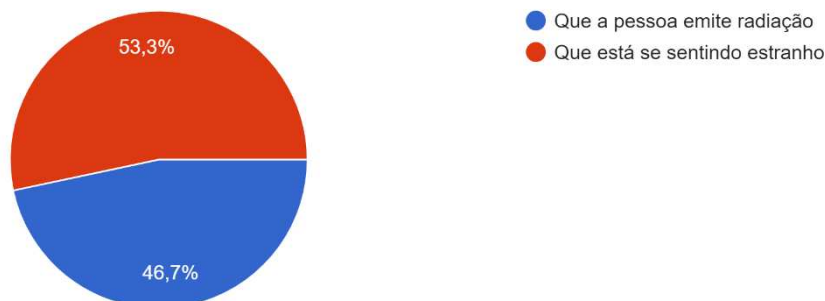
Aluno 8: Segundo o filme proposto, as artes se diferenciam da ciência pela maneira em que novas descobertas são encaradas. Nas artes, uma nova descoberta não acaba por alterar uma descoberta anterior, o que difere da ciência, em que, novas descobertas acabam por substituir a anterior, tida como verdadeira.

Aluno 9: Na Arte, uma descoberta não altera uma descoberta anterior. Enquanto na Ciência, cada nova lei substitui as anteriores.

Aluno 10: A diferença é que na arte cada descoberta não altera em nada a descoberta anterior, na Ciência cada nova lei substitui as outras.

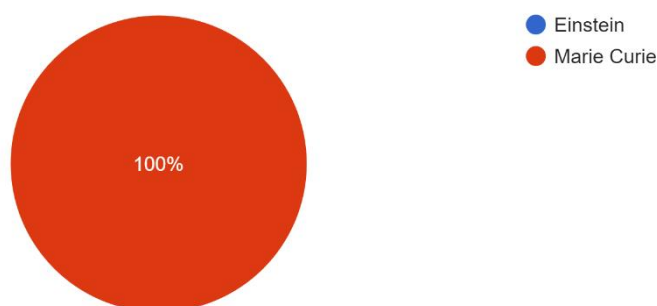
6) No trecho "Eu sou radioativo, radioativo", o que o compositor quis dizer?

15 respostas



7) Qual cientista que descobriu a Radioatividade?

15 respostas



8) **Qual parte da Física Moderna você acha mais interessante, Quântica, Relatividade, Física Nuclear ou de Partículas? Por quê? (14 respostas)**

Aluno 1: Física Nuclear porque estuda o núcleo do átomo e sua radiação, mas também acho interessante a física de partículas.

Aluno 2: Relatividade, gosto da ideia de o universo ser tão grande quanto podemos imaginar e que nele tem muitos mistérios para serem desvendados.

Aluno 3: Física Nuclear, eu gosto dos assuntos que ligam a radiação, acho incrível.

Aluno 4: todas, pq uma completa a outra

Aluno 5: física nuclear, pq são dedicadas as propriedades dos nucleos atomicos e interações e reações

Aluno 6: Relatividade e nuclear sempre me impressionaram pois são coisas q as pessoas talvez nem consigam imaginar!

Aluno 7: Quântica, porque estuda partículas que compõem toda a matéria, com isso acho interessante saber mais sobre o que tudo é feito, e como essas partículas interagem.

Aluno 8: Física nuclear e quântica chamam muito minha atenção, eu gosto da parte da física do muito pequeno, e a nuclear me deixa um pouco intrigada

Aluno 9: Relatividade

Aluno 10: Física quântica, pois sou curioso em sobre a natureza naquilo que ela tem de menor: os constituintes básicos da matéria e tudo que possa ter um tamanho igual ou menor.

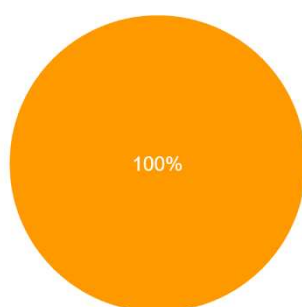
Aluno 11: Particularmente, considero a física de partículas um tanto mais interessante. Isto, decorrente da ideia de poder explorar e examinar a interação entre o muito pequeno com o muito grande.

Aluno 12: Física de Partículas, porque a questão de descobrir as divisões da matéria e como elas se complementam e funcionam me atrai bastante.

Aluno 13: A Relatividade, porque eu gosto de estudar sobre os fenômenos e sobre a teoria da Relatividade.

Aluno 14: Física Nuclear. Pois acho bem interessante os assuntos como radiação por exemplo, me chama muito a atenção.

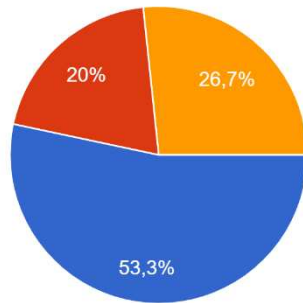
9) (ITA - 2002) Um trecho da música Quanta, de Gilberto Gil, é reproduzido no destaque abaixo. Fragmento infinitésimo Quantum granulado do mel ... ondulado do sal relacionam-se, na Física, com:
14 respostas



- a) Conservação de Energia.
- b) Conservação da Quantidade de Movimento.
- c) Dualidade Partícula-onda.
- d) Princípio da Causalidade.
- e) Conservação do Momento Angular.

10) Sobre o quadro de Salvador Dalí, "A desintegração da persistência da memória" o que representa os blocos?

15 respostas

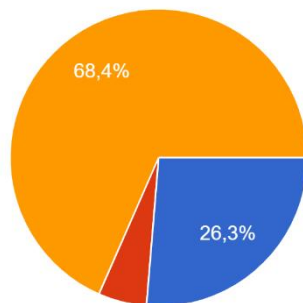


- A quantização da matéria
- A realidade paralela
- O princípio de incerteza

Questionário 4

1) Na sua visão, qual a natureza da luz?

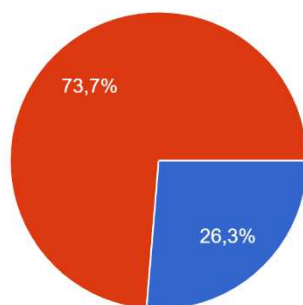
19 respostas



- a) A luz é uma onda.
- b) A luz é formada de partículas.
- c) A luz é dual, é onda e partícula.

2) A palavra "átomo" significa 'o que não pode ser dividido', na sua opinião, assinale:

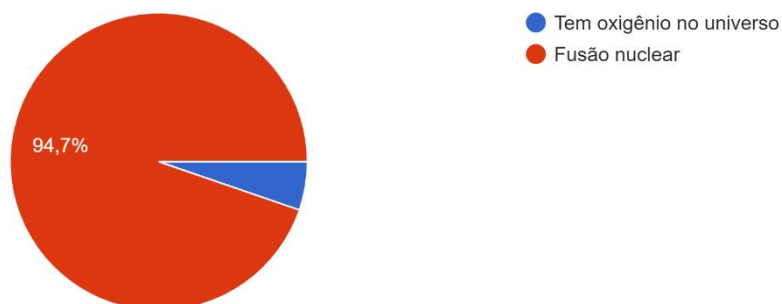
19 respostas



- a) Essa visão está correta.
- b) Essa visão está ultrapassada.

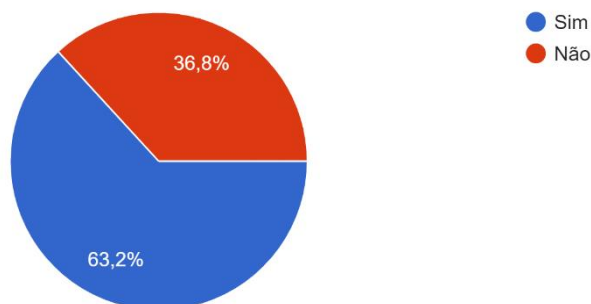
3) Se para haver fogo é necessário a presença de oxigênio, o que explica a existência do Sol?

19 respostas



4) Você acha possível o teletransporte?

19 respostas



5) Nas suas palavras, o que é átomo? (18 respostas)

Aluno 1: O átomo é um conjunto de partículas(próton, neutron e elétrons) que compoem a matéria

Aluno 2: Um tanto de fios complexos de energia vibrando e sendo regido por leis universais

Aluno 3: Um Átomo é uma parcela pequena de matéria, tão pequena que não pode ser enxergada com microscópio comum.

Aluno 4: é a menor partícula da matéria

Aluno 5: Um componente da matéria.

Aluno 6: Átomos são os componentes das moléculas e da matéria comum. São compostos por partículas subatômicas, as mais conhecidas são os prótons, os nêutrons e os elétrons.

Aluno 7: é uma unidade da matéria onde temos um núcleo de carga positiva que possui á sua volta elétrons negativos

Aluno 8: São pequenas partículas que compõe todos os corpos.

Aluno 9: Uma unidade da matéria.

Aluno 10: Um átomo é uma partícula minúscula, que carrega as propriedades características dos objetos, eles podem ser combinados por forças mecânicas naturais.

Aluno 11: É um núcleo formado de prótons e nêutrons

Aluno 12: um composto de energias sendo atraídas por forças

Aluno 13: É a menor partícula, podendo ser vista por microscópio

Aluno 14: é a menor partícula pode ser dividido sem perder as propriedades.

Aluno 15: partícula de matéria com núcleo de elétrons

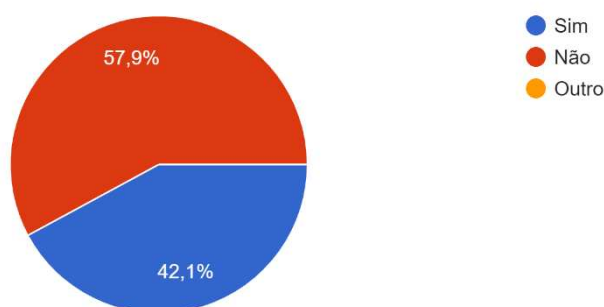
Aluno 16: Átomo consiste em um núcleo da matéria.

Aluno 17: O átomo é uma partícula que compõe a matéria. É formado por Prótons, Nêutrons e Elétrons.

Aluno 18: Átomo é a menor parte de matéria que forma um elemento químico.

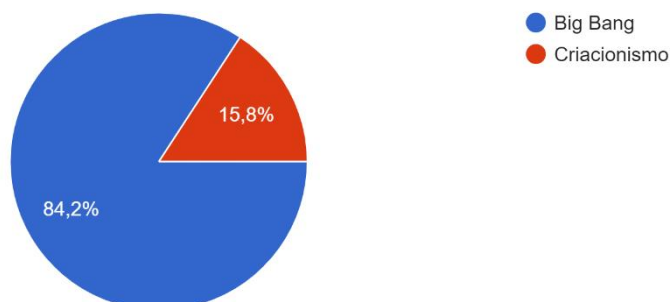
6) Você já ouviu falar em algum termo mal empregado sobre a Física Quântica, como “Cura Quântica”, “Medicina Quântica”, “Terapia Quântica” ou outro?

19 respostas



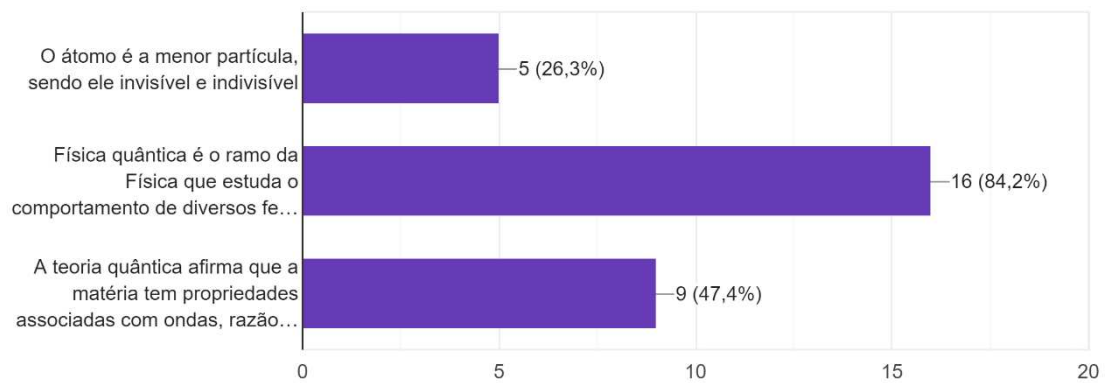
7) Na sua opinião, qual a origem do Universo?

19 respostas



8) Assinale se verdadeiro ou falso:

19 respostas



9) O gato de Schroedinger é um experimento mental fascinante, proposto por Erwin Schroedinger, que reforça a natureza estatística da mecânica qu...Incerteza. Segundo esse experimento o gato está:

19 respostas




Apêndice – D



Questionário para a visitação ao Planetário professor Everardo Públio de Castro.

Esse questionário será utilizado para coleta de dados e posteriormente na sua análise de pesquisa de tese de doutorado do professor Me. Yuri Moura.

 yuri.fisica@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

O que você achou da apresentação na redoma?

Sua resposta

Qual dessas apresentações você assistiu?

- Astronomia Catigueira
- O Fantasma do Universo
- Outro: _____

Você aprendeu algo sobre a Física e a Astronomia durante a apresentação no planetário?

- Sim
- Não

Você já ouviu falar em matéria escura ou foi a primeira vez?

- Sim, já ouvi.
- Não, foi a primeira vez.

Você já tinha ouvido falar no Halo Lunar ou foi a primeira vez?

- Sim, já ouvi
- Não, foi a primeira vez

Você saberia explicar o que é um acelerador de partículas?

Sua resposta _____

Qual sua idade? *

Sua resposta _____

Qual sua profissão? *

Sua resposta _____

Qual o seu grau de escolaridade? *

- Primeiro grau
- Segundo grau
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

Qual o seu gênero? *

- Masculino
- Feminino

Você gosta de Astronomia? *

Sim

Não

Você gosta da disciplina de Física? *

Sim

Não

Você gosta das Artes em geral? *

Sim

Não

Qual das Artes você mais aprecia? *

Pintura

Literatura

Música

Cinema

Teatro

Escultura

Dança

Outro: _____

Quantas vezes você visitou o planetário? *

- Nenhuma
- Duas vezes
- Três vezes
- Quatro vezes
- Cinco vezes
- Muitas vezes

Deixe o seu comentário sobre a visita ao planetário, respondendo a questão:
Como você enxerga a importância do mesmo para a região e qual a contribuição
que a visita ao planetário pode ter para a Educação?

Sua resposta

Apêndice – E

O que você achou da apresentação na redoma? (6 respostas)

Visitante 1: Excelente, com qualidade e definição.

Visitante 2: Achei inovador, uma percepção bem próxima da realidade.

Visitante 3: Gostei muito. Fico feliz por VCA ter esse tipo de programação.

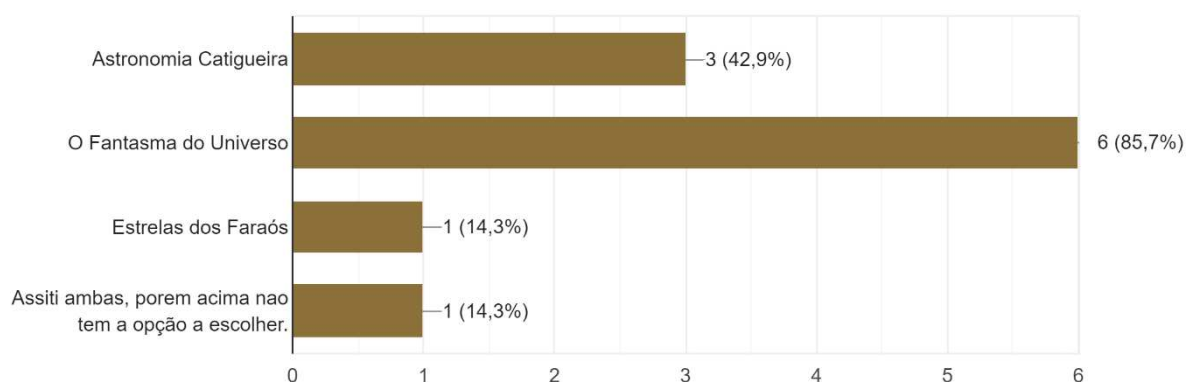
Visitante 4: Excelente!

Visitante 5: Muito legal!

Visitante 6: Uma experiência maravilhosa.

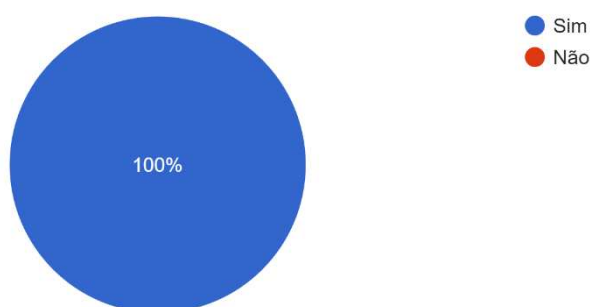
Qual dessas apresentações você assistiu?

7 respostas



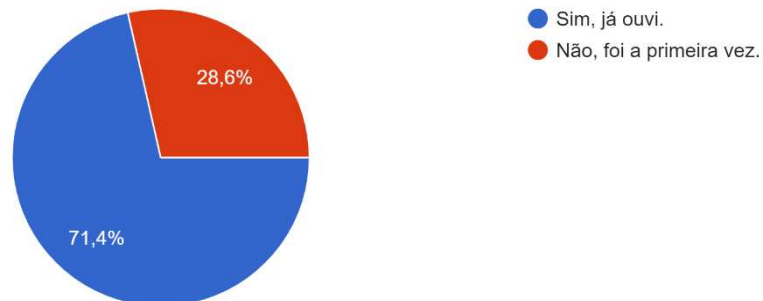
Você aprendeu algo sobre a Física e a Astronomia durante a apresentação no planetário?

7 respostas



Você já ouviu falar em matéria escura ou foi a primeira vez?

7 respostas



Você saberia explicar o que é um acelerador de partículas? (6 respostas)

Visitante 1: Perfeitamente!

Visitante 2: Sim

Visitante 3: Como não tenho esse assunto no dia-a-dia não sei explicar. Mas consegui entender sabe? Rsrtrs

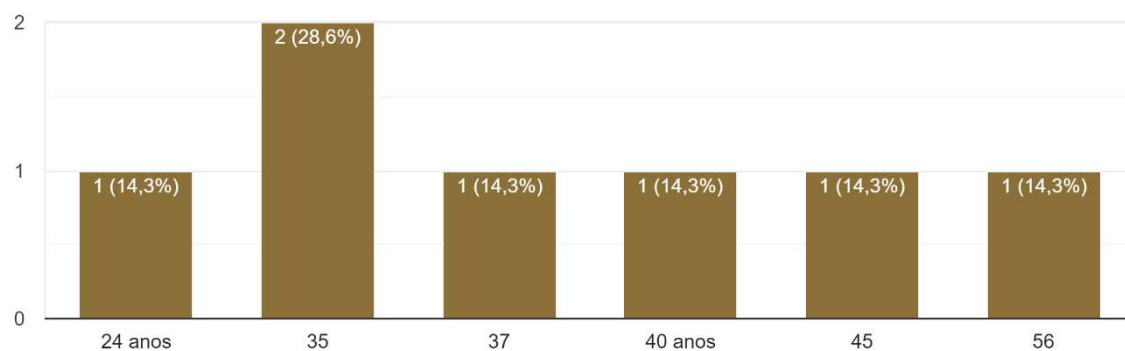
Visitante 4: De forma geral, acho que sim.

Visitante 5: Sim!

Visitante 6: Não

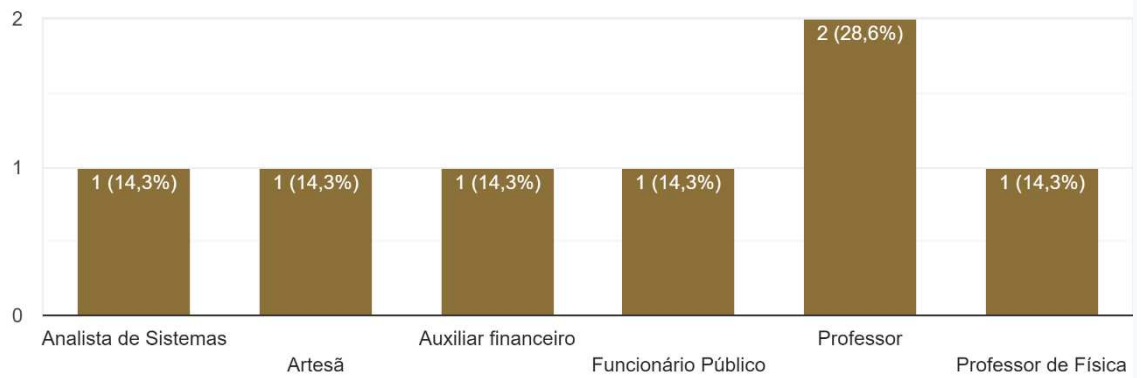
Qual sua idade?

7 respostas



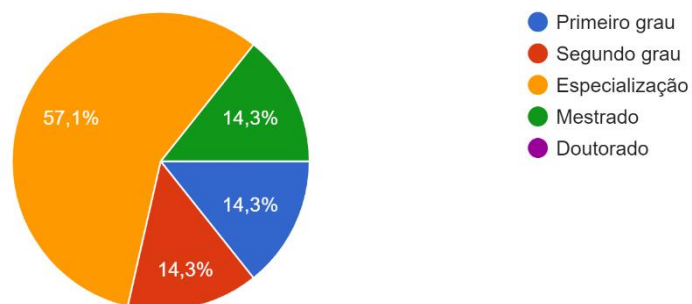
Qual sua profissão?

7 respostas



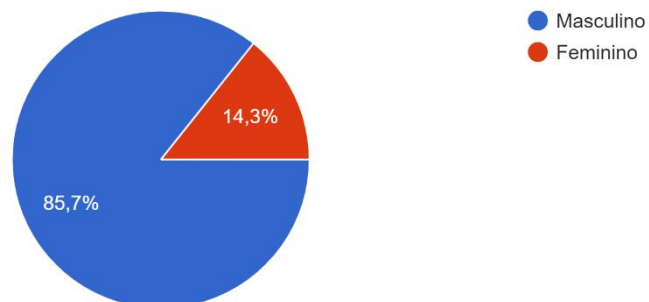
Qual o seu grau de escolaridade?

7 respostas



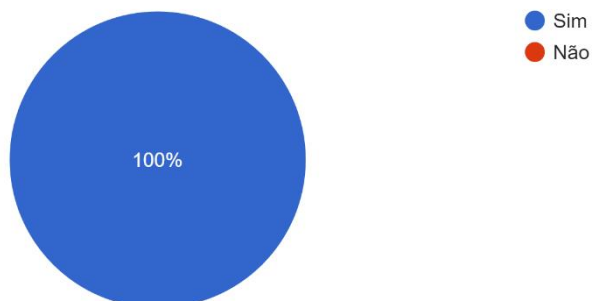
Qual o seu gênero?

7 respostas



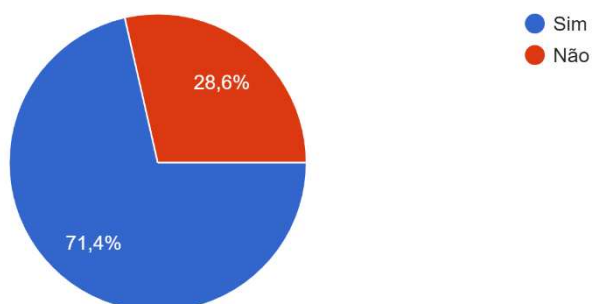
Você gosta de Astronomia?

7 respostas



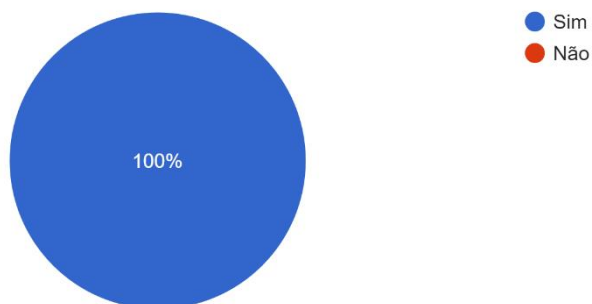
Você gosta da disciplina de Física?

7 respostas



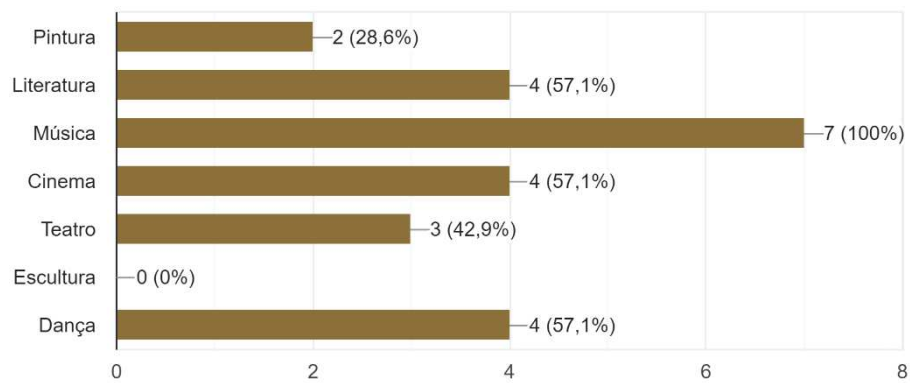
Você gosta das Artes em geral?

7 respostas



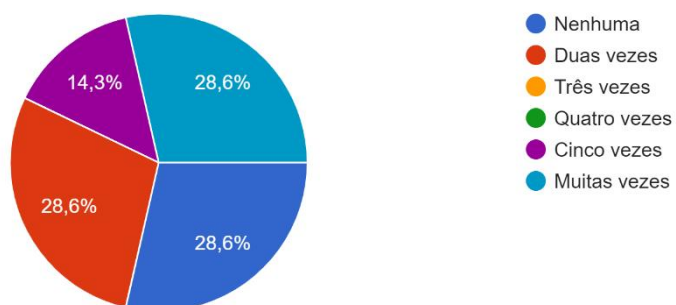
Qual das Artes você mais aprecia?

7 respostas



Quantas vezes você visitou o planetário?

7 respostas



Deixe o seu comentário sobre a visita ao planetário, respondendo a questão: Como você enxerga a importância do mesmo para a região e qual a

contribuição que a visita ao planetário pode ter para a Educação? (7 respostas)

Visitante 1: O planetário possui uma função ímpar para educação uma vez que permite que os alunos desenvolvam um contato mais íntimo com Física e Astronomia, disciplinas que são trabalhadas nos ambientes escolares de forma mecânica, gerando desinteresse na maioria dos casos. Sobre a importância para cidade de Vitória da Conquista (e região): Por muito tempo a astronomia em conquista se desenvolveu de forma fragmentada, grupos isolados que com algum contingente de participantes conseguia desenvolver atividades de pesquisa e observação, vejo o planetário como um ambiente integrador, onde os astrônomos conquistenses (profissionais ou amadores) e simpatizantes da área criem laços mais sólidos, troca de ideias e experiências. Inclusive, o ambiente do planetário, se assim julgarem avultoso, pode ser tranquilamente utilizado para encontros, jornadas, seminários ou feiras que tenham como tema a Física e a Astronomia.

Visitante 2: O espaço maravilhoso, mas sempre fui e sou cúmplice das questões sociais desse país, e pode parecer estranho, mas só tinha eu de negro lá, e fico me perguntando "por que um ensino de qualidade não é estendido a todos? Por que elitizam tanto o conhecimento? Aí podem me responder da seguinte maneira, lá é um espaço gratuito, sim, realmente é, mas que tal mitigar ao aluno em todas esferas do ensino público desde muito a vontade de perceber e entender o universo. Eu tenho colegas de trabalho da minha idade que achava que só existia o sol e não faziam ideia o que seriam as estrelas no céu. Uma observação, uma das perguntas que questiona quantas vezes fui ao planetário não possui a resposta (Visitou apenas uma vez), vou colocar duas, mas depois reformule a pergunta pra que fique alinhado com a pesquisa.

Visitante 3: Achei incrível a forma que foi colocada o senhor para explicar seus conhecimentos. Logo em seguida vinha a explicação científica. Mostrando a sabedoria do homem que está conectado com natureza. Minha filha e sua amiga ficaram encaradas, elas têm 13 e 14 anos. Aprendemos demais e percebemos que precisamos procurar mais informações sobre o assunto. O doc Fantasma do Universo tem tanto conhecimento!! Apesar de conseguir explicar aqui, deixo claro

que todos entendemos o a principal mensagem. Estou curiosa pra saber mais sobre a matéria escura 🤖. A experiência foi surpreendente, n esperava tanto conhecimento e tantas sensações e reflexões. Com certeza voltarei

Visitante 4: Primeiro, Vitória da Conquista tem pouquíssimas possibilidades de programação dessa natureza. O planetário certamente enriquecerá muito a vida cultural da população. Infelizmente, a escola formal trabalha no sentido contrário de promover a principal virtude que, na minha opinião, forma um cientista, um filósofo ou um intelectual em geral: a curiosidade. Ter espaços como o planetário certamente ajudará as pessoas a remarem contra essa tendência.

Visitante 5: A visita ao Planetário foi um momento ímpar, um experiência inesquecível. O mesmo é uma ferramenta de grande aplicabilidade em todos os ramos do saber, aliando conhecimento, e cultura com o lazer e a imaginação humana. Sem dúvida: uma experiência fascinante!

Visitante 6: Extremamente importante, tanto do ponto de vista pedagógico quanto para enriquecimento educacional e cultural da população.

Visitante 7: O conhecimento como fonte libertadora é indispensável para o ser humano.

Apêndice – F

Transcrição da Sequência Didática

A Física do Muito Grande, aula 1

E aí que começou a gravação gente então bem-vindos eu escolhi a nossa aula de hoje. Eh bem-vindos e boa tarde a todos todas e todos

SPK_100:00:18

Agora, xô permitir aqui. No nosso último encontro a gente falou, né? De da relatividade de Einstein.

SPK_100:00:31

e terminamos com essa pergunta, se é possível viajar no tempo. Encontro de a gente vai falar um pouco mais sobre a relatividade geral e aprofundar nesses conceitos, né? De eh espaço e tempo e como é possível viajar no tempo

SPK_100:00:49

eh de acordo as leis né? Que a Einstein eh fez aí há quase cem anos. Eh vamos dar prosseguimento

SPK_100:01:01

e ver um curta-metragem né que fala também sobre a relatividade restrita. E sobre o tempo. Vamos lá.

SPK_100:06:33

E aí, que que cês acharam desse dessa animação? Por favor, fala no chat se quiserem abrir o áudio também, pode falar.

SPK_100:06:47

E aí gostaram ou não ou não gostaram sim ou não? Interessante sim, sim. Ele fala sobre a relatividade

A Física do Muito Grande, aula 2

Tá bem? Comecei a gravação e hoje tá curtindo. Boa tarde. Eh hoje nós vamos sair de atividade ao né? Que eu tô

SPK_100:00:19

fazendo aí com o professor Luiz e eh vamos agora falar da física do mundo muito pequeno.

SPK_100:00:31

gente falou da física muito grande, passamos pela relatividade restrita e geral de Einstein, vamos falamos de e hoje nós vamos falar dessa

SPK_100:00:46

física também que é bastante intangível, né? E pra muitos é incompreensível. Buscando as artes para tentar eh dar uma explicação melhor e tentar entender

SPK_100:01:01

né? Hoje a gente vai falar sobre partículas, né? As partículas alimentares, as forças fundamentais, as radioatividades e assim por diante. Bem,

SPK_100:01:16

Vamos fazer nossa avaliação diagnóstica e já eh passei pra vocês aí o formulário no chat. E vocês preenchem enquanto escutam a música, né?

SPK_100:01:31

vamos ouvir a música.

SPK_100:04:01

meu sangue

SPK_100:04:16

vocês

SPK_100:05:32

alguém solta aí de que banda essa música eh escreveu no chat de qual banda vocês acham que é essa música?

SPK_100:05:46

que parece que começa, né? Que que cês acham? Já falo, já mostrei ali os mutantes, essa música

SPK_100:06:03

E

SPK_100:06:17

pedaços e objetos e animais, né? Sendo que qualificação aí junto, né? Com

SPK_100:06:30

um quarto vazio, não sei, mas o nome dessa obra aí é equilíbrio intratômico da pena de um cisne. Bem, vamos ler a letra aqui dos montantes dois mil e um.

SPK_100:06:46

dois mil e um também é uma obra né de que virou um filme, eu não sei se o filme deu origem ao vídeo ao filme, vocês dois foram escritos.

A Física do Muito Pequeno, aula 1

Eh a partir de agora a nossa aula está sendo gravada e hoje a gente vai dar continuidade e finalizar esse projeto de pesquisa

SPK_100:00:16

que vai eh eh dar dados para a minha tese né? De doutorado. Então eh a gente vai continuar falando sobre a física do muito pequeno e na última no nosso último encontro

SPK_100:00:33

a gente concluiu com essa pergunta, é possível teletransportar? E é muito ainda distante essa possibilidade, mas

SPK_100:00:46

talvez não seria impossível, né? Que que vocês acham que estaria mais impedindo com que a gente consiga ter uma tecnologia para o teletransporte?

SPK_100:01:05

ó. Pode responder no chat ou abrir o microfone aí.

SPK_100:01:18

Ninguém respondeu então

SPK_100:01:31

eh eu acredito que seja pela pela matéria né? Como a matéria ela se organiza então você desintegrar uma pessoa principalmente um ser vivo

SPK_100:01:46

para depois integrar toda essa matéria em um outro espaço de tempo, né? Seria muito complicado mas não infringiria a conservação da energia, nem nenhuma das leis da física.

SPK_100:02:04

e pra gente basear essa possibilidade, essa tecnologia a gente precisa estudar a matéria. Como é que ela se organiza, né? E como ela se comporta fisicamente. A quântica

SPK_100:02:19

ela surgiu pra explicar os fenômenos que a matéria se comporta. A gente viu na última aula a eh o comportamento dual da matéria um elétron ele se comporta

SPK_100:02:34

como onda e às vezes como uma partícula, né? Então essas duas eh eh maneiras de se comportar a matéria a gente tem essa essa

SPK_100:02:48

essa constatação. Einstein fez o efeito fotoelétrico e constatou, né? Que a luz ele é ela era corpo muscular. E Planck veio com a teoria

SPK_100:03:01

da quântica pra dar esse embasamento matemático. Bem, vamos continuar aqui falando agora sobre o princípio de incerteza. O princípio de incerteza consiste no enunciado

SPK_100:03:19

momento. Da mecânica quântica formulada em mil novecentos e vinte e sete por Werner Hair Eisenberg. Tal princípio estabelece um limite na precisão com que certos pares de propriedade de uma dada partícula

SPK_100:03:34

conhecidas como variáveis complementares, tais como, posição e momento linear podem ser conhecidos. Esse princípio de certeza ele determina que é impossível a gente calcular a posição e o momento linear ao mesmo tempo.

SPK_100:03:50

mas a gente conhece a posição separadamente do momento linear e sabemos o momento linear separadamente da posição. Em seu artigo de mil novecentos e vinte e sete Eisenber

SPK_100:04:03

propõe que em nível quântico quanto menor for a incerteza na medida da posição de uma partícula maior será a incerteza de se o momento linear e vice-versa. Então quanto mais certo

SPK_100:04:17

a gente tiver da sua posição menor estaremos certo do momento linear. O princípio da incerteza é um dos aspectos mais conhecidos da física do século vinte. E é comumente apresentado como um exemplo claro.

SPK_100:04:31

como a mecânica quântica se diferencia das premissas elementares, das teorias físicas clássicas. Isso porque na mecânica clássica quando conhecer mais condições iniciais conseguimos com precisão determinar o movimento e a posição dos corpos de forma simultânea.

SPK_100:04:50

E aí a gente vai entrar né? No no gato de Shreedger que é também bastante interessante pra gente

SPK_100:05:01

eh entender esse princípio. É um um uma experiência mental, né? Frequentemente descrita como um paradoxo desenvolvida pelo físico austríaco. Erven Shradke em mil novecentos e trinta e cinco.

SPK_100:05:18

A experiência procura ilustrar a interpretação de Kopenhagen da mecânica quântica. Imaginando-a aplicada a objetos do dia a dia. Alguém que é por favor me ajudar

SPK_100:05:33

a ler essa tirinha aí que fala de uma série, né? Tem dois personagens aí de uma série. Alguém conhece essa série?

SPK_100:05:46

The Big Bang Tayory. Isso mesmo. Isso mesmo "Aluna A". Isso aí "Aluna B". Alguém quer ler pra mim essa tirinha?

SPK_100:06:05

Vai lá "Aluno C". O difícil é pronunciar, né?

SPK_100:06:20

Está bom. Hum tentando explicar uma interpretação da física quântica

SPK_100:06:32

pôs um experimento onde um gato é colocado em uma caixa selada com um vidro de veneno. Que se quebrará em um instante aleatório. Agora vou fazer uma demonstração. Preste atenção película. Ninguém sabe quando

SPK_100:06:49

quando ou se o veneno será liberado. Então quando eles pensarem no gato como estando vivo e morto. Só saberemos a resposta quando

A Física do Muito Pequeno, aula 2
por ele em várias delas é claro a identificação de temas que tratam da ciência, física, matemática e biologia. Esta constatação pode ser feita através da simples

SPK_100:00:17

a observação de alguns títulos com palavras que fazem referência direto à ciência. Algumas palavras que são utilizadas constantemente em física que aparecem no título de seus quadros são, atômico, atômica, nuclear, partículas, desmatéria

SPK_100:00:34

materialização, desintegração, microfísica, quarta dimensão, raios cósmicos e assim por diante. A imagem de sua esposa musa, gala é composta pela união de várias esferas, átomos. Então

SPK_100:00:50

tem mais um quadro dele, né? Ele se inspirou bastante nessa nessas teorias da física, né? Então é bastante interessante quem quiser estudar aí alguns quadros Salvador Dali

SPK_100:01:03

consegue fazer um uma dissertação, uma tese muito facilmente. Vamos para mais um vídeo e último, né? Que é um curta da

SPK_100:01:16

é brasileiro nacional e vai falar das físicas da da física de partículas.

SPK_100:02:01

Olha o que acabou de chegar, minha filha. Sem paus, minha filha. Você está louca. Mas pai, é arraios. Economizamos esses cem reais pro cinema da sexta.

SPK_100:02:20

OK filha, você ganha o cem se disser o que tem dentro desse baú. Tá, toco. Se errar, já era o seu show. É

SPK_100:02:32

É de comer? É de beber? É de papel? É de plástico? Cem dicas. Se beber o dinheiro do nosso cinema ele me paga. Qua. Quack. Aí

SPK_100:02:45

sem pausa. Minha filha, você me surpreende. Pepê, você é irresponsável. E o nosso cinema?

SPK_100:03:02

quarks quarks quarks pai eu estou louca pra ir nesse show mas eu te devolvo o dinheiro se você me disser o que é isso pode explicar professor Pedro Arantes

SPK_100:03:16

Minha filha tem o que tiver nesse baú é feito de quartzo. Tá me explica. Claro, eu vou contar desde o começo. Xi. Seja lá o que for, o conteúdo desse baú minha filha é matéria.

SPK_100:03:33

matéria é tudo que possui energia, interage com outros corpos. O meu skate também interage com o meu corpo. Filhinha, o seu skate, o seu celular, o refrigerante, o sorvete

SPK_100:03:50

tudo tudo é matéria. Tudo que tem no universo é matéria. Agora a pergunta é do que é feita a matéria?

SPK_100:04:01

Eu esqueite feito de madeira e a madeira vem das árvores. Isso é o que os olhos de vocês enxergam. Observar é tudo. Portanto, o olho é um instrumento fundamental.

Mas filhota

SPK_100:04:15

enxergar coisas minúsculas e gigantescas, são precisos outros instrumentos. Já sei, pra ver os micróbios precisa de um microscópio igual ao da mamãe. E pra ver as estrelas precisa de um telescópio, igual ao do papai.

SPK_100:04:32

Você está certa, minha filha. Por isso, querida, a ciência criou as medidas. Metros, centímetro, milímetro, quilômetro. Olha, filhinha. A madeira do seu skate é formada por milhões de células.

SPK_100:04:49

Mas onde é que entram os quarts? Estou perdendo cem paus e vou ficar ver moléculas. Opa! As moléculas são compostas por átomos.

SPK_100:05:01

Meninas, chegamos nas partículas elementares e eu sei que minha skatista preferida vai gostar muito disso. Partículas elementares não estão apenas nos raios cósmicos, mas em todos os lugares

SPK_100:05:17

Arraios também está em todos os lugares. Aprendi a dar mortal com a vocalista da banda Raios Cósmicos. Raios cósmicos, filhinha, são partículas

SPK_100:05:32

de alta energia que chegam a terra vindas do espaço cósmico e se deslocam a velocidades próximas a dar luz. Uau a Raios é astronômica e os quartos faz?

Paciência, esqueitista

SPK_100:05:48

a humanidade demorou milênios para adquirir esses conhecimentos. Até certa época se achava que o átomo era a menor partícula existente. Portanto, seria indivisível. Não existiria nada menor que o átomo no universo.

SPK_100:06:05

para investigar partículas elementares se usam aceleradores. Com eles foi possível descobrir o que é feito o átomo.

SPK_100:06:15

O átomo consiste em um núcleo envolto por uma nuvem. Tá tá tá. E os quartos? A nuvem que envolve o núcleo do átomo é formada por elétrons. Os elétrons pertencem a primeira geração da família de leptons.

SPK_100:06:33

E o núcleo do átomo é composto por prótons e nêutrons. E nêutrons e prótons, por sua vez, são formados por

SPK_100:06:47

prótons e nêutrons são formados por? (Não foi possível continuar a transcrição)
