



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA**

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A FICCIONALIZAÇÃO DA CIÊNCIA COMO RECURSO DIDÁTICO NO
ENSINO MÉDIO: INVESTIGANDO TÓPICOS DE RELATIVIDADE DO
DELOREAN À USS DISCOVERY**

GABRIELLA DA CONCEIÇÃO LIMA

**BRASÍLIA – DF
2019**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A FICCIONALIZAÇÃO DA CIÊNCIA COMO RECURSO DIDÁTICO
NO ENSINO MÉDIO: INVESTIGANDO TÓPICOS DE
RELATIVIDADE DO DELOREAN À USS DISCOVERY**

GABRIELLA DA CONCEIÇÃO LIMA

Dissertação de Mestrado apresentada à Banca Examinadora da Universidade de Brasília (UnB), como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, sob a orientação do professor Dra. Vanessa Carvalho Andrade.

BRASÍLIA - DF

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Maria do Carmo e Gabriel, que sempre fizeram o possível para garantir meu acesso a uma educação de qualidade, independente das diversas dificuldades enfrentadas diariamente. Às minhas irmãs, Graziela e Daniela, pelo incentivo de sempre, e por sempre acreditarem e apostarem na minha capacidade. Obrigada por sempre se realizarem através das minhas conquistas: vocês me trouxeram até aqui.

À minha querida orientadora, Vanessa Carvalho de Andrade, pela disponibilidade, pela compreensão e pelo aprendizado desde os tempos de PET, obrigada por ser uma inspiração para as estudantes da Física. Aos queridos amigos, Bárbara, Víctor e Gabrielle que acompanharam todo o processo, obrigada pela disponibilidade, pelas conversas e pelas trocas. À Flávia Neves que me trouxe o primeiro lampejo neste processo que nomeamos “A Jornada da Mestra”, obrigada.

À minha companheira de todas as horas Anne Caroline Quiangala pelas leituras, conversas e ensinamentos diários. Obrigada por estar sempre ao meu lado me incentivando e mostrando um caminho para resolução dos problemas. Obrigada pela compreensão e paciência comigo nos momentos de *stress* e ansiedade e, principalmente, por não me deixar desistir.

Aos meus alunos pela dedicação e empenho em todas as atividades propostas, pela cumplicidade e disponibilidade. Obrigada por me fazerem acreditar na educação, apesar de todas as dificuldades. Obrigada por me ensinarem uma nova lição todos os dias.

À Universidade de Brasília e ao Instituto de Física, por mais uma vez me receber e dedicar-se à minha formação profissional. À Sociedade Brasileira de Física, por esta oportunidade de crescimento e aprimoramento profissional. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O presente trabalho tem o propósito de investigar uma forma de abordar os conceitos de Física Moderna para estudantes nativos digitais de forma contextualizada, tendo em vista a necessidade de uma formação cidadã, e conectada com o desenvolvimento tecnológico e social. Alicerçada nas teorias de Lev Vygotsky e Matthew Lipman, a utilização de obras de ficção científica, para mediar a aprendizagem dos estudantes de conceitos da Teoria da Relatividade Geral e Especial, perpassa temas transversais como representatividade e ética. Para tanto, foram escolhidas três obras de ficção científica: *De Volta para o futuro I* (1985), *De Volta para o futuro II* (1989) e a primeira temporada da série *Star Trek: Discovery* (2018). Foi desenvolvido um produto educacional formado por planos de aula, que devem nortear o professor durante a aplicação da sequência didática. Esta Sequência de Ensino Investigativo foi desenvolvida com a finalidade de introduzir, de forma qualitativa, os conceitos básicos de Relatividade Especial e Geral, bem como relacionar estes conceitos com outras áreas da física. Em suma, o que se pretende com este trabalho é, não apenas nortear o professor em tarefas da mesma natureza, como instrumentalizá-lo para que elabore de forma autônoma suas atividades dialógicas.

Palavras-chave: Ensino de Física; Sequência de Ensino Investigativo, Ficção Científica, Física Moderna, Teoria da Relatividade.

ABSTRACT

The following article intends to investigate a way to approach Modern Physics concepts for digital natives students in a contextualized manner, owing to the necessity of a connected with the technological and social development education and a citizenship training, based on Lev Vygotsky and Matthew Lipman theories. The study starts from the use of science fiction works to mediate students' learning of Theory of General and Special Relativity concepts and crosses over transversal themes, such as representativeness and ethics. For that, two science fiction movies - Back to the Future (1985) and Back to the Future Part II (1989) - and the first season of science fiction series Star Trek: Discovery (2018) were chosen. An educational product formed by lesson plans was developed, which should guide the teacher throughout the application of the didactic sequence. This Sequence of Investigative Teaching was developed with the purpose of qualitatively introduce the basic concepts of Special and General Relativity, as well as relate those concepts to other areas of physics. This product is a totally dialogic activity. In short, the aim of this article is not only to guide the teacher in tasks of the same nature, but also to instrumentalize him so that he can autonomously elaborate his activities.

Keywords: Physics Teaching; Sequence of Investigative Teaching, Science Fiction, Modern Physics, Theory of Relativity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Questão da Pesquisa	10
1.2 Objetivos gerais e específicos.....	11
1.3 Importância e Justificativa.....	11
1.3.1 Ensino tradicional x Geração Z.....	11
1.4 Delimitação da pesquisa	19
1.5 Organização do trabalho	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
3.1 A Física e o Espírito Científico	25
3.2 A Ficcionalização Da Ciência Como Ponte Entre Os Saberes	27
3.3 Educação para o Pensar	29
3.3.1 As Habilidades do Pensamento.....	31
3.4 Da sala de aula para a Comunidade de Investigação.....	35
3.5 Sequências de Ensino Investigativo.....	37
4. TÓPICOS DE RELATIVIDADE	40
4.1 Postulados de Einstein	40
4.2 Dilatação do Tempo.....	41
4.3 Contração do Espaço	43
4.4 Espaço Quadridimensional	44
4.5 Especial para Geral	45
4.6 Gravidade e Espaço	46
4.7 Buracos Negros.....	47
4.8 Buracos de Minhoca e Viagem no Tempo	48
5. METODOLOGIA	50
5.1 Projeto Piloto	51
5.2 Elaboração do Produto Educacional	53
6 RELATO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO	61
6.1 Aplicação da Sequência Didática	61
7. RESULTADOS E ANÁLISES	70
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
9. REFERÊNCIAS	93
APÊNDICE 1	93
Planos de aulas para a aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativo sobre tópicos de Relatividade no Ensino Médio ¹	98

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Nível de Proficiência dos Estudantes.....	15
Figura 2: Diagrama das dimensões das Atividades de Investigação.....	38
Figura 3: Diagrama do Ciclo das Atividades de Investigação.	39
Figura 4: Representação Gráfica do Cone de Luz.....	45
Figura 5: Simulação da curvatura do espaço-tempo	46
Figura 6: Buraco negro divulgada pelo National Science Foundation.....	48
Figura 7: Simulação da conexão do espaço-tempo.	49
Figura 8: Certificado de Participação do Mini Curso.....	69
Figura 9: Apresentação do Seminário.	72
Figura 10: Apresentação do Seminário.	74
Figura 11: Apresentação do Seminário.	75
Figura 12: Apresentação do Seminário.	76
Figura 13: Mapa mental – M.V	77
Figura 14: Mapa Mental – I. S.	78
Figura 15: Mapa Mental S.E.	79
Figura 16: Mapa Mental H.T.1.....	80
Figura 17: Mapa Mental H.T. 2.....	81
Figura 18: Mapa Mental - A.L.	82
Figura 19: Mapa mental - A. S.	83
Figura 20: Mapa mental - M.F.	84
Figura 21: Mapa Mental - G. S.....	85
Figura 22: Mapa Mental - S.E.....	86
Figura 23: Mapa Mental W.T.....	87
Figura 24: Mapa mental - W.T.....	88
Figura 25: Quinta Conferência de Solvay.	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese da Matriz de Referência do PISA	14
Tabela 2: Quadro de Bibliografia Sugerida.....	57
Tabela 3: Quadro Resumo das Atividades Avaliativas	59
Tabela 4: Cronograma de Atividades	60
Tabela 5: Quadro resumo das questões divididas nas categorias	65
Tabela 6: Quadro de Avaliação da Atividade	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EM: Ensino Médio

FC: Ficção Científica

FM: Física Moderna

FMC: Física Moderna e Contemporânea

SEI: Sequência de Ensino Investigativo

TR: Teoria da Relatividade

TRE: Teoria da Relatividade Especial ou Restrita

TRG: Teoria da Relatividade Geral

TRR: Teoria da Relatividade Especial ou Restrita

1. INTRODUÇÃO

Segundo a matriz curricular da educação básica, no Distrito Federal, conteúdos relacionados às implicações da Teoria da Relatividade devem ser apresentados no final da terceira série do ensino médio. Entretanto, devido ao curto intervalo de tempo destinado a cada disciplina, este conteúdo acaba sendo apresentado de forma superficial ou sequer é apresentado (RABELO, 2015).

Apesar desta constatação, pesquisas recentes, tais como Rabelo (2015), Brockington e Pietrocola (2005), apontam para a possibilidade de distribuir conteúdo de Física Moderna e Contemporânea ao longo das séries do ensino médio, seja por meio de aulas extraclasse, ou em paralelo às questões de Física Clássica do currículo usual, trazendo, muitas vezes, uma abordagem histórico-filosófica da Física e sua inserção cultural (RABELO, 2015).

Seguindo outra abordagem, o presente estudo busca apresentar uma possibilidade de inserção da Teoria da Relatividade (TR) através de obras de ficção científica (FC) ao longo das séries do ensino médio. E, por meio de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), propiciar aos estudantes das diferentes séries do ensino médio (EM) uma experiência com a metodologia científica, buscando atender às especificidades da Geração Z, de acordo com o referencial teórico escolhido.

1.1 Questão da Pesquisa

Um dos principais problemas enfrentados no ensino e aprendizagem de ciências, em especial da Física, é a grande dificuldade que os alunos têm em conseguir relacionar os conceitos abordados em sala de aula com as tecnologias e fenômenos cotidianos (SANTOS et al, 2013). Esse fato é observado nos resultados obtidos pelos estudantes brasileiros em avaliações internacionais e nacionais.

Além disso, à medida que a tecnologia avança, o modelo de ensino tradicional se torna ultrapassado, pois não acompanha as mudanças sociais, uma vez que o modelo de sala de aula é o mesmo desde o século XIX. Diante desse cenário, este trabalho se propõe a responder a seguinte questão: **como abordar os conceitos de Física Moderna para estudantes *nativos digitais* de forma contextualizada, tendo em vista a**

necessidade de uma formação cidadã e conectada com o desenvolvimento tecnológico e social, através, principalmente, das teorias de Lev Vygotsky e Matthew Lipman?

No intuito de responder a esta questão, foi elaborado um produto educacional, desenvolvido em forma de planos de aula, por meio dos quais a Teoria da Relatividade, foi abordada em aulas extraclasse na forma de um minicurso. Participaram da atividade estudantes das três séries do ensino médio, da rede privada de ensino do Distrito Federal.

1.2 Objetivos gerais e específicos

Este trabalho propõe uma forma de **abordar os conceitos de Física Moderna para estudantes *nativos digitais* de forma contextualizada, tendo em vista a necessidade uma formação cidadã e conectada com o desenvolvimento tecnológico e social, através, principalmente, das teorias de Lev Vygotsky e Matthew Lipman.**

Tendo em vista a complexidade e abrangência da questão, a pesquisa se desdobra em alguns objetivos específicos:

1. Identificar o perfil dos estudantes nativos digitais.
2. Propor um produto educacional adequado à realidade analisada, com o apoio da Teoria da Aprendizagem de Lev Vygotsky e do Programa de Filosofia para Crianças, desenvolvido por Matthew Lipman.
3. Aplicar o referido produto educacional em aulas ministradas aos estudantes da rede privada de ensino do Distrito Federal.
4. Avaliar a aprendizagem proporcionada aos estudantes por meio do referido produto educacional e identificar possíveis adaptações que possam melhorar o produto aplicado.

1.3 Importância e Justificativa

1.3.1 Ensino tradicional x Geração Z

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) é coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com o apoio de uma coordenação nacional em cada país participante. No Brasil, a coordenação do PISA

é responsabilidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação.

O objetivo principal do PISA é produzir indicadores que contribuam, dentro e fora dos países participantes, para a discussão da qualidade da educação básica e que possam subsidiar políticas nacionais de melhoria da educação. De acordo com a matriz de referência do PISA, esta avaliação é desenhada a partir de um modelo dinâmico de aprendizagem, no qual os novos conhecimentos e habilidades adquiridos se relacionam de forma contínua para uma adaptação bem-sucedida em um mundo em constante transformação.

A avaliação aborda múltiplos aspectos dos resultados educacionais, buscando verificar o que é chamado de letramento em Leitura, Matemática e Ciências. É uma iniciativa de avaliação comparada, aplicada de forma amostral a estudantes matriculados a partir do 7º ano do ensino fundamental na faixa etária dos 12 anos, idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países, no Brasil, equivale ao ensino fundamental. O construto da Matriz Letramento Científico de 2015 incluiu quatro categorias:

1. Competências: avalia o desempenho esperados nas três competências requeridas no letramento científico:

- Explicar fenômenos cientificamente – reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos, demonstrando capacidade de: lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado; identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações; fazer e justificar previsões apropriadas; oferecer hipóteses explicativas; explicar as implicações potenciais do conhecimento científico para a sociedade.
- Avaliar e planejar experimentos científicos – descrever e avaliar investigações científicas e propor meios para responder cientificamente a questões, demonstrando capacidade de: identificar a questão explorada em um dado estudo científico; diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente; propor formas de explorar cientificamente uma dada questão; avaliar formas de explorar cientificamente uma dada questão; descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações.

- Interpretar dados e evidências cientificamente – analisar e avaliar dados, suposições e argumentos em representações variadas e tecer conclusões científicas apropriadas ao contexto, demonstrando capacidade de: transformar dados de uma representação para outra; analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas; identificar as premissas, evidências e argumentos em textos relacionados às ciências; distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são baseados em outras considerações; avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas).

2. Os tipos de conhecimento científico: avalia a capacidade dos estudantes em demonstrarem essas competências dependendo de três tipos de conhecimento científico, definidos como:

- Conhecimento de conteúdos – conhecimento do conteúdo das ciências (incluindo os sistemas físicos, sistemas vivos e sistema Terra e espaço).
- Conhecimento procedimental – conhecimento da diversidade de métodos e práticas utilizadas para o estabelecimento do conhecimento científico e dos procedimentos padronizados.
- Conhecimento epistemológico – conhecimento dos recursos essenciais ao processo de construção do conhecimento da Ciência: hipóteses, teorias, observações. Como sabemos o que sabemos? Tal conhecimento permite diferenciar, com exemplos, uma teoria científica de uma hipótese ou um fato científico de uma observação.

3. Contextos: a avaliação do PISA 2015 mensura evidências dessas competências e conhecimentos em uma variedade de contextos, tais como: saúde; recursos naturais; ambiente; riscos; fronteiras entre ciência e tecnologia, nos níveis pessoal, local/nacional e global.

4. Demanda cognitiva: um novo recurso chave da Matriz do PISA 2015 é a definição dos níveis de demanda cognitiva dentro da avaliação de letramento científico e entre as competências da matriz. A dificuldade de cada item é a combinação do grau de complexidade, da gama de conhecimento e da operação cognitiva requerida para resolver o item. Os níveis definidos para essa avaliação são:

- Baixa: Realizar um procedimento de uma única etapa, por exemplo, recordação de um fato, termo, princípio ou conceito ou localizar uma única informação em um gráfico ou tabela.
- Média: Usar e aplicar conhecimento conceitual para descrever ou explicar fenômenos; selecionar procedimentos apropriados envolvendo dois ou mais passos; organizar/apresentar dados, relatórios ou utilizar conjuntos de dados simples ou gráficos.
- Alta: Analisar informação ou dados complexos; resumir ou avaliar evidências; justificar e argumentar a partir de várias fontes de informação; desenvolver um plano ou sequência de passos para abordar um problema.

De acordo com a matriz de referência do PISA, um jovem letrado cientificamente deve demonstrar a capacidade de refletir e de se envolver num diálogo crítico sobre assuntos relacionados à ciência e tecnologia, bem como compreensão de como a ciência é construída. Segundo os resultados apresentados pelo INEP, em 2015, a avaliação do PISA busca realizar o seguinte teste cognitivo:

Competências Científicas	Tipos de Conhecimentos	Sistemas de Conteúdo	Tipos de Respostas	Demanda Cognitiva	Contexto
Explicar fenômenos cientificamente	Conteúdo	Sistemas Físicos	Escolha Múltipla Simples	Baixa	Pessoal
Avaliar e planejar experimentos científicos	Procedimental	Sistemas Vivos	Escolha Múltipla Complexa	Média	Local/Nacional
Interpretar dados e evidências cientificamente	Epistemológico	Sistema Terra e Espaço	Resposta Construída	Alta	Global

Tabela 1: Síntese da Matriz de Referência do PISA

Fonte: MEDEIROS, Lenice. Avaliação de Ciências. PISA, 2015.

O INEP divulgou os resultados dos estudantes brasileiros a partir da análise de proficiência em ciências, identificação dos pontos fracos e fortes, comparativo de desempenho, além de uma análise dos resultados à luz da teoria de resposta ao item. Nesta teoria, a partir das repostas a certas questões, são criados índices. A partir destes resultados, por exemplo, quatro índices são associados à motivação dos estudantes: satisfação com ciências; interesse em aprender ciências; motivação instrumental para

aprender ciências; motivação para o sucesso pessoal e escolar. O quadro abaixo, divulgado pelo INEP (2015), mostra como foi analisada a proficiência.



Figura 1: Nível de Proficiência dos Estudantes

Fonte: MEDEIROS, Lenice. Avaliação de Ciências. PISA, 2015.

De acordo com os resultados apresentados pelo INEP (2015), os estudantes brasileiros obtiveram um escore médio de 401 pontos nas avaliações em ciências, enquanto a média dos estudantes de outros países da OCDE foi de 493 pontos. Este resultado coloca os estudantes brasileiros entre os níveis I e II da escala de proficiência, enquanto os estudantes dos outros países estão entre os níveis III e IV.

No quadro comparativo do desempenho dos países da OCDE o Brasil, com média de 401 pontos, ocupa um lugar na faixa de desempenho inferior à média, à frente apenas de Peru (397) e República Dominicana (332). Dentre os setenta participantes, os países que ocupam as posições de desempenho acima da média em ciências no quadro são: Singapura (556), Japão (538) e Estônia (534), o Brasil obteve a 63ª posição em ciências, na 59ª em leitura e na 66ª colocação em matemática.

Na avaliação dos pontos fortes e fracos, o INEP informa que dos itens que representam os pontos fortes dos estudantes brasileiros, a maior parte pertence à

competência “Explicar fenômenos cientificamente” e ao tipo de conhecimento de conteúdo. Itens da competência “Interpretar dados e evidências cientificamente” e que abordam conhecimento epistemológico correspondem à menor parcela. Quanto ao formato de resposta a esses itens, 15 são de resposta aberta e 23 de múltipla escolha, sendo 12 de múltipla escolha simples e 11 de escolha complexa.

Dos 40 itens que representam os pontos fracos dos estudantes brasileiros, a maior parte (15) pertence à competência “Interpretar dados e evidências cientificamente” e ao tipo de conhecimento procedimental (16). Quanto ao formato de resposta a esses itens, 16 são de resposta aberta e 16 de múltipla escolha complexa. A maioria (27 itens) exige demanda cognitiva média, e apenas um, alta.

Além do PISA, também existe, no Brasil, o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. Criado em 1998, o ENEM tem o objetivo de avaliar o desempenho do estudante ao fim da escolaridade básica, mas também podem participar do exame alunos que estão concluindo ou que já concluíram o ensino médio em anos anteriores. O ENEM é utilizado como critério de seleção para os estudantes que pretendem concorrer a uma bolsa no Programa Universidade para Todos. Além disso, cerca de 500 universidades já usam o resultado do exame como critério de seleção para o ingresso no ensino superior, seja complementando ou substituindo o vestibular. A prova do ENEM é dividida em quatro áreas:

- **Ciências Humanas e suas Tecnologias:** História, Geografia, Filosofia e Sociologia.
- **Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** Química, Física e Biologia.
- **Linguagens, Códigos e suas Tecnologias:** Língua Portuguesa, Literatura, Língua Estrangeira (Inglês ou Espanhol), Artes, Educação Física e Tecnologias da Informação e Comunicação.
- **Matemática e suas Tecnologias:** Matemática.

Além das quatro áreas, os estudantes realizam a prova de redação, que pode ser considerada uma quinta área. A prova é composta de cento e oitenta questões e uma redação e avalia as seguintes competências: domínio da norma culta da Língua Portuguesa e associação a outras disciplinas, como Matemática, Artes, Ciências e Línguas Estrangeiras; compreensão dos fenômenos naturais, históricos, geográficos, tecnológicos e artísticos, bem como suas origens, consequências atuais e impactos no

futuro; discussão de problemas atuais com argumentos, fatos, análises e informações coerentes; proposição de soluções para os grandes problemas sociais da nossa era, respeitando os direitos humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Anualmente, o INEP divulga o desempenho dos estudantes em cada área e em redação. No caso do desempenho dos estudantes em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em 2017, a proficiência média dos participantes foi de 510,6. Sendo o desempenho máximo de 885,6 e a proficiência mínima 298,0.

Tanto o baixo desempenho no ENEM quanto os resultados do PISA mostram que a média dos estudantes brasileiros está bem abaixo da média dos estudantes de países desenvolvidos; tais resultados podem ser reflexos de um sistema de ensino que prioriza a transmissão de conteúdos de maneira fragmentada, empenhado em atender às demandas do mercado. Nesse sentido, o aprendizado de Física se torna uma tarefa árdua para os estudantes, pois exige um domínio de conhecimentos e o desenvolvimento de competências que os estudantes de ensino médio não estão sendo estimulados a desenvolver.

Um dos fatores que corroboram o baixo desempenho dos alunos pode estar conectado com o tipo de abordagem dos livros didáticos, que apresentam resultados e equações sem qualquer explanação do processo do qual esses resultados são frutos. Sendo assim, muitas vezes os alunos absorvem ideias equivocadas sobre a ciência e os cientistas, alimentando assim, ideias estereotipadas sobre este tema. Afinal, é muito comum alunos que apresentam dificuldades nessa disciplina perderem o interesse em aprender à medida que constatarem que não se aproximam da imagem de um cientista.

Observa-se que a Física, quando é apresentada de forma fragmentada e descontextualizada, faz com que os alunos internalizem a ideia equivocada de que essa ciência se desenvolveu, e se desenvolve, deslocada dos outros processos de desenvolvimento da humanidade, como se a ciência não fosse também construída através de processos sociológicos, refletindo interesses econômicos e sociais (BELTRAN ET AL, 2009).

Portanto, é de suma importância mostrar como a ciência faz parte de um processo de desenvolvimento social e aproximar esse aluno da disciplina, através da aproximação da Física com a Filosofia, História e Sociologia, por exemplo. Embora, à primeira vista, essas áreas pareçam totalmente desconectadas, cada uma contribui com o aprimoramento de uma competência específica. De acordo com os Parâmetros

Curriculares Nacionais para o ensino médio, não se trata de se incorporar elementos da ciência contemporânea unicamente devido a sua importância instrumental utilitária. Trata-se de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam. Ainda segundo os PCN, é preciso desenvolver uma articulação interdisciplinar, de forma a conduzir organicamente:

O aprendizado, no Ensino Médio, das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, no sentido de se produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, [para] não somente [ser] propedêutico. De certa forma, também organizam o aprendizado de suas disciplinas, ao manifestarem a busca de interdisciplinaridade e contextualização e ao detalharem, entre os objetivos educacionais amplos desse nível de ensino, uma série de competências humanas relacionadas a conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos. Referenda-se uma visão do Ensino Médio de caráter amplo, de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante (**Parâmetros Curriculares Nacionais**, 1996, p.4).

Todavia, se faz necessário pensar na implementação destas recomendações, uma vez que os jovens que estão cursando o ensino fundamental e médio, atualmente, constituem a primeira geração de pessoas nascidas na era pós internet, a Geração Z (TOLEDO, 2012). Contudo, à medida que o mundo se transforma, o modelo do sistema de ensino atual se torna cada vez mais obsoleto. Encontrar um ponto de equilíbrio entre os conteúdos que fazem parte do currículo e o interesse dos alunos se torna um desafio para o professor e a escola, uma vez que esses jovens não se interessam pelos métodos tradicionais de ensino, pois, o fato de terem nascido numa época em que as informações estão ao alcance de um clique, faz com que sua atenção esteja voltada para estilos mais dinâmicos de aprendizagem (LEMOS, 2009).

O Google publicou, em abril de 2017, o *It's Lit: A guide to what teens think is cool*, um guia compilando os resultados de sua pesquisa sobre os interesses de adolescentes com idade entre 13 e 17 anos, que fazem parte da geração Z. Essa pesquisa mostra as preferências de mercado de uma geração que, nos EUA, ganhou seu primeiro smartphone aos doze anos de idade, e acessa a internet diariamente. Tendo o *smartphone* como sua primeira tela, a relação com conteúdo audiovisual diverge completamente dos hábitos das gerações anteriores: 84% dos adolescentes da geração Z declararam utilizar o celular e a internet enquanto assistem à televisão. Isto na hipótese

de estarem assistindo, já que cerca de um quinto desses adolescentes declarou nunca assistir à TV. Mas isso não quer dizer que eles não gostem de conteúdo audiovisual. Na verdade, são grandes consumidores de vídeos: 71% assistem a 3 horas ou mais, no celular por dia. Em detrimento da TV tradicional, os adolescentes preferem utilizar as plataformas sob demanda como Netflix, Youtube, Spotify, Hulu, pois passam a ter controle sobre “o que” e “quando” querem assistir (GOOGLE, 2017).

Entretanto, apesar de os jovens acessarem informações indiscriminadamente, ainda não são capazes de analisar e verificar a qualidade destas, pois os resultados apresentados acima afirmam que esses estudantes não desenvolveram as competências científicas que exigem demanda cognitiva média e alta. Este cenário reflete a relação dicotômica entre o modelo de ensino tradicional e a geração Z. Uma vez que a maior parte dos jovens não é capaz de entender a diferença entre informação e conhecimento, até mesmo a parcela que sabe, demonstra não conseguir reconhecer tal diferença, o que torna cada vez mais comum a difusão de notícias falsas.

Neste sentido, o presente trabalho busca apresentar um produto educacional que apresente a Física através de uma linguagem conhecida por esses jovens e proporcionar ao aluno de ensino médio, ou mesmo de ensino fundamental, a possibilidade de perceber e de se encantar com a ciência além das equações. Além disso, permite ao estudante desenvolver as competências necessárias para acompanhar o desenvolvimento tecnológico atual.

1.4 Delimitação da pesquisa

No presente trabalho, optou-se por levar em conta a realidade da rede privada de ensino em Ceilândia no Distrito Federal. A estrutura física do colégio dispõe de salas com data show, tablado, cadeiras estofadas, computador e acesso à internet em todas as salas. Além disso, os estudantes são incentivados a desenvolverem atividades no contraturno.

À tarde, os estudantes desenvolvem atividades em grupos, os clubes. No início do ano, os alunos criaram vários clubes, que reúnem estudantes das três séries do ensino médio. Foram criados os clubes de gastronomia, fotografia, dança, leitura, entre outros. Motivada por esta particularidade da escola, foi solicitado, pela professora, a criação do Clube de Física, para a aplicação do presente produto educacional.

Os estudantes foram informados que no Clube de Física seria ofertado um minicurso sobre tópicos de Relatividade a partir de filmes e séries de ficção científica. Em média, trinta estudantes se inscreveram no clube. Foram informados, ainda, que não seria atribuída nenhuma pontuação referente às atividades desenvolvidas no clube, portanto a inscrição deveria ser motivada pelo interesse no tema, assim como nos outros clubes.

Os temas abordados ao longo nas atividades não se limitam à Teoria da Relatividade (TR). Devido à natureza da sequência didática, trata-se de uma sequência de ensino aberta, portanto, temas transversais perpassaram as discussões em sala. Entretanto, os principais conceitos físicos abordados compõem a Relatividade Geral e Especial.

A sequência didática apresentada neste trabalho foi orientada pelas Teorias de Aprendizagem de Lev Vygotsky e pelo Programa de Filosofia para Crianças desenvolvido por Matthew Lipman. Contudo, salienta-se que foram inseridos alguns elementos de outros referenciais, no intuito de adaptar da melhor forma possível o produto educacional à realidade dos estudantes da geração Z.

1.5 Organização do trabalho

O presente trabalho está dividido em nove capítulos. O primeiro trata-se desta introdução, que apresenta brevemente os pontos mais relevantes da pesquisa. O segundo apresenta alguns elementos importantes de outros trabalhos produzidos a partir da utilização de obras de ficção científica no ensino.

No terceiro capítulo é apresentada a fundamentação teórica utilizada na pesquisa. Nele há uma breve explanação sobre a importância da Ficção Científica (FC) para o ensino de Física. Além disso, são apresentadas as contribuições de Vygotsky e Lipman para esta pesquisa, bem como os outros elementos utilizados na elaboração do produto educacional. É apresentada também a natureza da Sequência de Ensino Investigativo (SEI).

O quarto capítulo apresenta os conceitos físicos abordados no produto educacional, de forma mais aprofundada do que foi desenvolvido com os alunos. Entretanto, mantendo a abordagem qualitativa da teoria. No quinto capítulo apresenta-se a metodologia aplicada na produção da SEI, bem como o produto educacional.

No capítulo seis temos um relato sobre a aplicação do produto educacional, e no sete são apresentados os resultados e a análise destes. E, finalmente, no capítulo oito foram traçadas as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Loch (2011) cita dezenove artigos e/ou dissertações publicados a partir de 2002 que descrevem propostas de ensino efetivadas em sala de aula voltadas à inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea – FMC no ensino médio. A autora identifica que, na maioria dos trabalhos, há uma preocupação em se considerar a natureza, a história e filosofia da ciência, o que, em sua visão, permite ao estudante ter uma visão mais próxima possível do desenvolvimento e construção da ciência (RABELO, 2015).

Dessas dezenove publicações, dez tratam de assuntos relacionados à Teoria da Relatividade. Segundo a autora, embora a maioria dos trabalhos se concentre nessa área, há ausência de propostas que abordem de forma efetiva a Teoria da Relatividade Geral (TRG), ou seja, as propostas são voltadas especialmente para a Relatividade Restrita Especial. Castilho (2005) produziu e testou uma sequência didática voltada à introdução conceitual da Teoria da Relatividade Especial (TRE) no ensino médio usando recursos computacionais, com destaque para animações originais desenvolvidas no âmbito do trabalho.

Segundo a autora, como o assunto não é ensinado na escola onde a proposta foi aplicada e a maioria dos programas de provas de vestibular não inclui a Teoria da Relatividade Especial, o curso foi oferecido na modalidade extraclasse a alunos do 3º ano do ensino médio, levando em conta as orientações dos PCN e na expectativa de que, num futuro próximo, a Relatividade Especial passe a constar nos programas de Física da maioria dos exames de vestibular.

Uma primeira etapa de seu trabalho consistiu em realizar um levantamento envolvendo 744 alunos das primeiras e segundas séries do ensino médio de um determinado colégio, avaliando a existência de conhecimentos prévios acerca da Teoria da Relatividade, o percentual de interessados no tema e as fontes de consulta desses alunos. Neste trabalho constatou-se que 87% dos respondentes já ouviram falar da Teoria da Relatividade de Einstein. Aparecem em destaque como fontes de informação sobre o tema os filmes de ficção científica ou documentários.

Dentre as conclusões do trabalho, destaca-se que a maioria dos alunos do ensino médio não possuem conhecimentos prévios sobre a TER, mas demonstram interesse e curiosidade pelo tema, além disso, os alunos estão aptos a uma introdução

conceitual do tema, e ainda, que o tema e a metodologia empregada permitiram manter os alunos interessados, participativos e questionadores, também que o material didático produzido mostrou-se adequado ao ensino médio (CASTILHO, 2005).

Trabalhos como o de Castilho (2005) demonstram ser totalmente viável abordar a TR no ensino médio. Além disso, nos resultados do levantamento prévio mencionados acima, nota-se o alto índice de reconhecimento da TR pelos alunos em filmes de ficção científica e em documentários, o que sugere que eles podem ser uma ligação entre o mundo cultural do aluno e a escolarização formal.

De fato, uma análise mais crítica do levantamento prévio do trabalho de Castilho (2005) revela que os jovens têm contato com a Teoria da Relatividade primeiro pelos meios midiáticos e, só depois, talvez, na escolarização formal. Isso sugere que pode ser interessante antecipar o contato com a TR na escolarização formal, não o relegando somente ao final do 3º ano do ensino médio, como em geral é feito. Investigando essa possibilidade na literatura, encontramos algumas propostas voltadas a essa linha, com a qual gradativamente o presente trabalho foi se identificando (RABELO, 2015).

Visando a elaboração de uma proposta de inserção da Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio (EM), Rodrigues (2001) aplicou elementos da Teoria da Transposição Didática, de Yves Chevallard, na análise de diferentes tipos de materiais voltados ao ensino dessa teoria: livros universitários e do ensino médio, artigos em revistas de divulgação científica e hipertextos de tradicionais enciclopédias digitais. Também investigou artigos científicos, buscando por propostas a respeito de como ensinar a Teoria da Relatividade Restrita (TRR) em nível de graduação. Encontrou dez variados tipos, que foram classificados em dois grandes blocos: “histórico-experimental e filosófico-cognitivo” (RODRIGUES, 2001).

Segundo o autor, o primeiro bloco de abordagens para o ensino da TR está mais focado na transição do clássico para o relativístico e/ou em experimentos que levaram ao surgimento da TR. Esse bloco costuma privilegiar os aspectos matemático-experimentais. Em contrapartida, o segundo bloco é mais focado nos aspectos filosóficos e conceituais da teoria, em alguns casos, recorrendo à história da Física como elemento de contextualização e entendimento da ruptura efetuada científica ocorrida com o surgimento da teoria da relatividade.

Rodrigues (2001) pautou seu produto educacional, em grande parte, na abordagem filosófico-cognitivo de Angotti *et al* (1978) *apud* Rodrigues (2001), porém fazendo maior uso da história da Física para integrar o aluno aos problemas apresentados. Além disso, propôs a inserção de pequenos blocos ao longo dos três anos do ensino médio. O bloco voltado ao 1º ano contempla as concepções relativísticas de espaço e tempo, o destinado ao 2º ano contempla as questões relativas ao éter e os campos eletromagnéticos e módulo do 3º ano trata das simetrias das leis físicas, em especial no eletromagnetismo.

Rabelo (2015), em sua pesquisa de mestrado, analisou se é possível e virtuoso abordar a FMC no Ensino de Física de EM, ao longo das séries, de forma paralela e em pé de igualdade com a Física Clássica, utilizando a Teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard como referencial. No trabalho, o autor pontuou a necessidade de inserção da FMC no EM, identificou uma lacuna de materiais que verssem sobre o ensino da Teoria da Relatividade Geral (TRG) para esse nível. Além disso, observou que os jovens têm um contato informal com a Teoria da Relatividade (TR) muito antes de fazê-lo na escolarização formal, fato endossado pelos estudos da literatura.

A partir da Teoria da Transposição Didática, Rabelo (2015) fomentou uma proposta, levando em conta o estabelecido pela *Lei de Diretrizes e Bases da Educação, pelos Parâmetros Curriculares Nacionais* e pelas *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio*, e tendo em vista os conteúdos propostos nos livros de Física do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio. O produto educacional desenvolvido pelo autor é voltado à inserção de temas da Teoria da Relatividade Restrita e Geral ao 1º ano do ensino médio, seguindo uma abordagem menos matemática e mais conceitual, adequada a essa etapa do ensino.

Um dos recursos didáticos utilizados no trabalho foi a exibição e análise de trechos do filme *Interestelar* (1h 68min, lançamento 2014, Direção: Christopher Nolan, Classificação etária: 10), que apresenta muitos conceitos da TR em consonância com a teoria aceita pela comunidade científica. Além disso, houve a aplicação de questionários aos alunos que forneceram elementos para avaliar a qualidade dos planos de aula e dos textos de apoio, particularmente os autorais. Rabelo (2015) também analisa, neste trabalho, os impactos das intervenções do professor na condução das discussões ao longo das aulas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Física e o Espírito Científico

Etimologicamente a palavra ciência vem do latim *scientia* que significa saber, conhecimento. A origem do conhecimento científico confunde-se com as origens da própria filosofia. A Física, assim como as outras ciências é um tipo de saber constituído por um conjunto de aquisições intelectuais tendo por finalidade propor uma explicação racional e objetiva da realidade (JAPIASSÚ, MARCONDES, 1996).

Segundo Cervo e Bervian (1996), a ciência que se apresenta hoje é relativamente recente, uma vez que o carácter científico foi delineado na Idade Moderna da História. A revolução científica aconteceu nos séculos XVI e XVII, com Nicolau Copérnico (1473-1543), Francis Bacon (1561-1626) além de Galileu Galilei (1564-1642) com a utilização do método experimental. Ainda, segundo os autores, aos poucos o método experimental era aperfeiçoado e aplicado em novos setores. No século XX, a Física com seus métodos exatos, desenvolveu pesquisas em todas as frentes do mundo físico e humano, proporcionando um grau de precisão surpreendente, não só na área das navegações espaciais e de transplantes, como nos mais variados setores da realidade.

Todavia a ciência contemporânea busca compreender e explicar o mundo de forma racional, sistemática, metódica e objetiva, intentando assim intervir nele. Os cientistas levantam um problema, seguem algumas hipóteses, observam fenômenos semelhantes, classificam-nos segundo suas características comuns e procuram verificar a ocorrência de regularidades entre eles. As regularidades constatadas são generalizadas e aplicadas a fenômenos semelhantes. As hipóteses confirmadas podem se transformar em leis que depois se tornam teorias científicas (RODRIGUES, 2012).

A ciência é uma forma de conhecimento que não somente pretende se apropriar da realidade para explicá-la de forma racional e objetiva, mas procura estabelecer entre os fenômenos observados relações universais e necessárias, que possibilitem a previsão de resultados, cujas causas podem ser descobertas (RODRIGUES, 2012). O que distingue o conhecimento científico dos outros tipos de conhecimento não é o assunto, o tema ou o problema. A distinção está na forma especial adotada para investigar os problemas, na maneira de possibilitar condições de experimentação de suas hipóteses de forma sistemática, controlada e objetiva e a exposição à crítica intersubjetiva,

possibilitando oferecer maior segurança e confiabilidade nos resultados e maior consciência dos limites de validade de suas teorias (KÖCHE, 1997).

A apropriação do conhecimento científico exige uma visão crítica que podemos considerar como: julgar, discernir, analisar e interpretar para melhor solucionar um problema. O espírito científico manifesta-se na atividade científica pela vontade de romper com as perspectivas puramente subjetivas do conhecimento vulgar, implicando numa verdadeira busca do saber. Segundo Bachelard (1996) o espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Este julga o seu passado condenando-o. A sua estrutura é a consciência dos seus erros históricos. O reconhecimento do erro leva ao aprimoramento das teorias, pois a partir destes é possível abdicar do que se torna obsoleto, para renovar as práticas e crenças.

O oposto ao espírito científico é o dogmático, o senso comum e a crítica baseada somente na opinião. É a atitude de bloquear a crítica por se julgar conhecedor na sua compreensão do mundo que acaba por impedir eventuais correções e aperfeiçoamentos, muitas vezes induzindo ao erro, fraudes, ignorância e comportamento intolerante. Portanto, a ciência não é um sistema dogmático, fechado e acabado, mas aberto a novas situações, para que possa avançar. A ciência é dinâmica, assim como a sociedade e a natureza (RODRIGUES, 2012).

Sendo assim, ter espírito científico é estar em uma busca permanente da verdade. Porém consciente da necessidade dessa busca, expondo as suas hipóteses a constantes críticas, tentando, ao máximo, se livrar de crenças e interesses pessoais, conclusões precipitadas e preconceitos. O espírito científico consiste no senso e gosto pela observação e pelas ideias claras, na imaginação ousada, na curiosidade que leva a aprofundar os problemas, na sagacidade e poder de discernimento (RODRIGUES, 2012).

Dessa forma, o espírito científico assume a atitude de humildade e de reconhecimento de suas limitações, da possibilidade de certos erros e equívocos. O possuidor do verdadeiro espírito científico cultiva a honestidade (CERVO; BERVIAN, 1996). Então, mesmo que não se possam alcançar todas as respostas, o esforço por conhecer e a busca da verdade continuam sendo as principais motivações da investigação científica.

3.2 A Ficcionalização Da Ciência Como Ponte Entre Os Saberes

A Ficção científica (FC) é um gênero da ficção especulativa, surgiu no final do século XIX, com as obras *Frankenstein* (1818) e *The Last Man* (1826) de Mary Wollstonecraft Shelley (1797-1851). Contudo, foi em 1926, com a criação da revista *Amazing Stories* por Hugo Gernsback, que o termo *scientifiction* que o termo se popularizou. Inicialmente vista como um gênero sensacionalista e exagerado, ganhou força através de contos publicados por Isaac Asimov, Arthur C. Clark e Aldous Huxley (Sybylla, 2011).

Normalmente, a FC lida com conceitos ficcionais e imaginativos, relacionados ao futuro, ciência e tecnologia, e seus impactos e/ou consequências em uma determinada sociedade ou em seus indivíduos. Apesar da dificuldade de se definir este gênero, Piassi e Pietrocola (2009) definem a FC como um gênero que emprega a racionalidade do tipo científica para produzir conjeturas sobre a realidade, não como um gênero que tenha, somente, qualquer relação com a ciência. Ela é didática, pois se propõe a veicular ideias, não no sentido de explicar o que é ciência ou ensinar conceitos científicos, embora isso possa ocorrer, ocasionalmente. Ela veicula as questões que se originam na ciência e na nossa relação sociocultural com ela (PIASSI, PIETROCOLA, 2009).

A FC representa, atualmente, uma possibilidade interessante para o ensino de Física. Piassi (2013) apresenta um levantamento de trabalhos de estudiosos que defendem o uso da FC no ensino. No artigo citado, é apresentado o trabalho da pesquisadora espanhola de educação científica M. J. Martin-Diaz. Para a autora, a ficção científica pode nos auxiliar a elevar a motivação e o interesse dos estudantes, além de incentivar o desenvolvimento de atitudes positivas perante a ciência, criando conflitos cognitivos e promovendo a criatividade e o pensamento crítico (MARTIN-DIAZ, 1992).

Contudo, Piassi e Pietrocola (2015), apresentam quatro razões para o emprego da FC no ensino de ciências, bem como no ensino de Física:

- Motivação: por um suposto interesse que pode despertar nos alunos;
- Atitude: pode produzir uma relação positiva do estudante com a cultura e o conhecimento científico;

- **Cognição:** pode auxiliar no processo de aprendizagem dos conceitos científicos;
- **Habilidades:** pode incentivar a criatividade e o pensamento crítico;

Portanto, obras de ficção científica consistem em uma eficiente ferramenta de transposição didática, que:

Segundo Chevallard, [...] é entendida como um processo no qual um conteúdo do saber que foi designado como saber a ensinar sofre, a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que transforma um objeto do saber a ensinar em um objeto de ensino é denominado Transposição Didática. O termo Transposição Didática implica a diferenciação entre saber acadêmico e saber escolar, que são de natureza e funções distintas, nem sempre evidentes nas análises sobre a dimensão cognitiva do processo de ensino e aprendizagem. Ao definir como Transposição Didática o processo de transformação de objetos de conhecimento em objetos de ensino e aprendizagem, Chevallard iniciou um movimento de se repensar os mecanismos e os interesses dos participantes desse processo – professor e aluno (POLIDORO, STIGAR, 2010, p. 2).

Este conceito – transposição didática – foi introduzido pelo sociólogo Michel Verret (1975) e discutido por Yves Chevallard no ano de 1985 no livro: *La Transposition Didactique*. Nesta obra, Chevallard mostra o processo pelo qual o conhecimento acadêmico passa para ser ensinado na educação básica. Para o autor, a transposição didática não é a mera mudança de lugar do conhecimento, tão pouco a simplificação deste, para fins educacionais ou de divulgação.

Dessa forma, Chevallard (1985), conceitua transposição didática como o trabalho dedicado a construir um objeto de ensino, ou seja, fazer com que um objeto do saber produzido pelo “sábio” (cientista) seja transformado em um objeto do saber “ensinado” (escolar). Entretanto, não é a intenção deste trabalho entrar na análise deste processo, mas salientar que o conteúdo escolar é estruturado a partir deste processo de transformação do conhecimento acadêmico, em um conhecimento acessível aos estudantes da educação básica. Neste sentido as obras de FC são ferramentas importantes deste processo, pois estas obras constituem, de certa forma, uma ligação entre o conhecimento científico e o público em geral, estabelecendo uma ponte entre o saber sábio e o saber a ser ensinado.

3.3 Educação para o Pensar

Matthew Lipman (1922-2010) foi um filósofo estadunidense que ficou conhecido por criar o projeto Filosofia para Crianças. Sua decisão de ensinar a filosofia para os jovens decorreu de sua experiência como professor na *Columbia University*. Lipman constatou a dificuldade dos seus alunos em solucionar problemas que exigiam a utilização do raciocínio lógico.

Este autor acreditava que o estudo da filosofia é indispensável para a formação de uma consciência crítica e do pensamento reflexivo e investigativo e que esse estudo deveria começar já nos primeiros anos escolares. A partir daí, Lipman (2010) desenvolveu uma metodologia de ensino de filosofia para crianças, com material didático e linguagem acessível a esta faixa etária. É importante salientar que o presente trabalho é uma adaptação da proposta do autor para adolescentes estudantes do ensino médio.

A Filosofia para Crianças é um projeto pedagógico que busca o desenvolvimento das capacidades de raciocínio e do pensamento reflexivo, bem como a capacidade de comunicação e verbalização. Essa proposta se insere em uma perspectiva da educação para o “pensar”, segundo a qual o ensino é resultado de um processo de investigação, em que a sala de aula representa uma comunidade de investigação. Em uma comunidade de investigação, o professor e os alunos dialogam em uma relação que permite aos últimos desenvolver sua capacidade de raciocinar e de refletir sobre os conteúdos apresentados, bem como a maneira como eles interagem com seu cotidiano, pois esse aluno é encorajado a falar e a também ouvir na presença de um professor que facilita e promove esse processo.

Para o autor, existe uma diferença fundamental entre pensar e pensar bem. Ele considera o pensar de duas maneiras: o pensar mais habilidoso e o pensar menos habilidoso. Ele mostra quanto o pensar, mesmo sendo uma capacidade natural do ser humano, pode ser considerado uma habilidade passível de ser aperfeiçoada, uma vez que desde cedo, a criança pensa e, inclusive, faz inferências.

Entretanto, para pensar bem é necessário ir além de simplesmente conseguir fazer inferências. Estas precisam ser válidas, ou seja, necessitam de critérios, criticidade, fundamentação, argumentação, dentre outros aspectos, para chegar às

respostas apropriadas. De outra maneira, um pensamento sem esses elementos, mesmo ainda sendo um tipo de pensamento, será um “pensamento pobre”.

Assim, o autor enfatiza a diferença entre o pensar, enquanto processo psíquico natural dos seres humanos, e o pensar bem, enquanto processo psíquico que proporciona à criança uma capacidade psíquica mais habilidosa. Assim, o pensar bem é o que Lipman chama de pensamento de ordem superior (PARREIRA, 2005).

O pensamento de ordem superior se fundamenta no aspecto analítico, reflexivo e crítico ao investigar qualquer assunto ou conceito. O programa apresenta três componentes desse tipo de pensamento: o crítico, o criativo e o cuidadoso.

O pensar crítico é o que motiva as tomadas de decisões e alcance de soluções. Esta forma de pensar se pauta na lógica e na verdade, este é um pensar responsável e habilidoso que facilita bons juízos porque se fundamenta em critérios, é autocorretivo e é sensível ao contexto (LIPMAN, 1995).

Para Lipman (2010), critérios são o que sustentam as afirmações que tem credibilidade e validade. Outra característica fundamental do pensamento crítico é a autocorreção. Esta diz respeito à autocrítica e implica em uma preocupação com a verdade, com a validade e com os próprios erros dos alunos, tornando-os conscientes destes e capazes de corrigi-los, quando necessário.

Além disso, o pensar crítico deve ser sensível ao contexto, ou seja, deve levar em consideração a situação em que se constitui o assunto discutido. Esta sensibilidade faz com que se tenha uma visão totalizadora. Caso contrário, é possível se obter uma visão errônea do problema, pois esta se constituiu a partir de um pensamento fragmentado, o que pode levar a uma conclusão incompleta ou descontextualizada. Além disso, essa característica permite a consideração de particularidades de uma dada cultura, como as especificidades de uma língua que, quando traduzidas para outro idioma, perdem seu significado.

O pensamento crítico é aquele capaz de colocar em crise as “opiniões”. Ele faz com que questionemos as primeiras respostas a um problema, forçando-nos a rever os argumentos, problematizar e refletir sobre nossos pensamentos, mas sempre de maneira crítica (LORIERI, 2002).

Para além do pensamento crítico, Lipman define o pensar criativo. O pensar criativo, diferentemente do crítico, que é sensível ao contexto, e orientado pelos

critérios de verdade e racionalidade, é sensível ao critério da verdade, mas orientado pelo contexto da investigação. Ainda segundo o autor, a criatividade é necessária para resolução de problemas, principalmente quando não são conhecidas as respostas, e quando o são, a criatividade é necessária para “visualizar” o caminho da resolução (PARREIRA, 2005). Segundo Lorigieri (2002), o pensar criativo busca novas alternativas, tanto para as respostas conhecidas quanto para as já disponíveis, pois, mesmo quando se chega a uma conclusão, é possível tentar encontrar soluções alternativas, experimentando novas hipóteses e novos argumentos.

O terceiro componente do pensamento de ordem superior diz respeito ao pensamento cuidadoso. Este é o ponto de equilíbrio entre os dois primeiros é ele que permite à criança ser capaz de avaliar o que é importante ou não. Ou seja, o que é certo ou errado, principalmente do ponto vista moral. Portanto o pensamento cuidadoso é o que podemos definir como pensamento ético (PARREIRA, 2005).

Conclui-se, então, que o pensamento de ordem superior se diferencia do pensamento comum por proporcionar aos alunos o desenvolvimento de: atitudes críticas e investigativas comprometidas com a verdade e a razão; atitudes criativas, comprometidas com o significado e com a “transcendência” que objetiva uma prática nova, original e diferenciada; assim como atitudes cuidadosas, comprometidas com os valores que nos orientam em nossas ações; entre o correto e o censurável (PARREIRA, 2005).

3.3.1 As Habilidades do Pensamento

Lipman (2010) define como *habilidades do pensamento*, as habilidades fundamentais para atingir o pensamento excelente, não as habilidades em geral. Assim como no pensar de ordem superior, ele não sugere o ensino das habilidades cognitivas, mas sim, o desenvolvimento destas, para que a criança possa pensar melhor. O autor apresenta então os quatro tipos de habilidades cognitivas que devem ser identificadas a fim de serem desenvolvidas em sala de aula:

- **Habilidades de Investigação:** indica pesquisa, análise de uma situação-problema. É a procura de soluções alternativas. Para se desenvolver esta competência em um dado processo de investigação, são necessárias, no

mínimo, as habilidades de observação, indagação, exploração, construção de hipóteses, busca de comprovação, sempre alicerçadas na autocorreção.

- **Habilidades de Raciocínio:** raciocínio é o processo do pensar através do qual é possível coordenar, estender e justificar o conhecimento que adquirimos. A partir daí, conseguimos obter novos conhecimentos, no ato de buscar novos elementos naquilo que já conhecemos, a fim de chegar a uma conclusão, essa atualização de conhecimento ou a ampliação do que já se sabe, mas preservando este conhecimento já existente. As habilidades de raciocínio mais urgentes a serem “cuidadas” educacionalmente talvez sejam a capacidade de produzir bons juízos, isto é, ser capaz de produzir afirmações bem sustentadas por boas razões. Ser capaz de estabelecer relações adequadas entre ideias e, especialmente, entre juízos. Ser capaz de inferir, isto é, de “tirar” conclusões. Além disso, trata-se de uma habilidade muito útil, tanto para a vida, quanto para o desenvolvimento do raciocínio, pois se relaciona diretamente com a habilidade de identificar ou perceber pressuposições subjacentes.

- **Habilidades de Formação de Conceitos:** um conceito é sempre uma organização de informações numa ideia que pode ser expressa por uma palavra, por um conjunto de palavras, por esquemas, entre outros. Para Lorieri (2002), conceito é uma explicação intelectual, uma construção de nosso pensamento, na qual as coisas, fatos, situações são descritos, são entendidas nas características e nas relações necessárias que os compõem, permitindo-nos uma compreensão de sua natureza. Segundo Lipman (2010), um conceito é um conjunto de informações relacionadas entre si e que formam um sentido, um significado. O trabalho com as palavras é, portanto, um caminho fecundo para desenvolver habilidades que auxiliam na formação de conceitos, tais como a habilidade de explicar, ou desdobrar, o significado de qualquer palavra. Também a habilidade de analisar, de esmiuçar elementos que compõem um conceito qualquer e de, em seguida, sintetizar, unir de novo tais elementos, reconstituindo o conceito. Bem como a habilidade de procurar significados de palavras em fontes como dicionários, enciclopédias, pessoas, e de adequar os significados encontrados ao contexto em que tais palavras estão sendo utilizadas. A habilidade de observar características essenciais para que algo possa ser identificado como tal. A habilidade de definir, isto é, de ser capaz de dizer o que algo é e que o torna inconfundível.

- **Habilidades de Tradução:** traduzir é conseguir dizer algo que está dito com certas palavras, ou de certa forma, por meio de outras palavras, ou por meio de outras formas, mantendo o significado. Isto é o que ocorre nas boas traduções de uma língua para outra. Mas isto ocorre, também, quando procuramos dizer, com nossas próprias palavras (ou por outros meios), algo que alguém disse, ou escreveu, ou expressou por mímica, desenho, etc., mantendo o significado. Estes desempenhos envolvem habilidades de interpretar, de parafrasear, de analisar e todas as habilidades relacionadas à formação de conceitos.

Para alcançar essas habilidades é necessário primeiramente, atentar, interpretar com criticidade, perceber as implicações, além de inferir e parafrasear. Estes quesitos permitem-nos compreender melhor qualquer tipo de discurso. Podemos então, observar o quanto estas habilidades são importantes e necessárias, não só para as crianças, como para as pessoas em geral. Contudo, se faz necessário que essas habilidades cognitivas sejam utilizadas por completo pelos alunos, em conjunto com os colegas, ou em parceria com o professor, pois este exercício possibilita ampliar sua capacidade de pensar e faz com que ele se distancie do hábito de buscar respostas prontas (PARREIRA, 2005).

Para conseguir atingir seu objetivo de desenvolver o pensar de ordem superior e as habilidades mencionadas, o autor sugere a criação de uma Comunidade de Investigação. A transformação da sala de aula em uma comunidade de investigação acontece quando os alunos podem dividir suas opiniões com respeito, compartilhando e desenvolvendo questões a partir das ideias dos outros. Trata-se de buscar novas suposições e inferências por meio de uma relação dialógica, que permite acompanhar a investigação pelo caminho que esta conduz, sem as limitações das linhas que separam as disciplinas (LIPMAN, 1995).

Faz parte do processo filosófico não a mera investigação, mas sim, a investigação dialógica, pois, quando um grupo de alunos interage através do diálogo, podem compartilhar da ajuda e da compreensão dos outros membros do grupo no enfrentamento dos problemas de forma coletiva, buscando transformar as situações, e, por consequência, aprimorando a maneira de refletir frente às problemáticas.

Ainda segundo o autor, a Filosofia tem sido tradicionalmente caracterizada como um pensar que se dedica ao aprimoramento do pensamento. Portanto, trabalhar com a

Filosofia na escola, estimulando e incentivando o pensar excelente dos alunos através do desenvolvimento das habilidades cognitivas, só será possível a partir da substituição do modelo tradicional de sala de aula pelas comunidades de investigação.

A partir do estudo da Filosofia busca-se enriquecer a prática docente para o “pensar reflexivo”, possibilitando ao professor se repensar em sua prática, no intuito de buscar novas metodologias pedagógicas que se aproximem de uma educação crítica que coloca o aluno em sintonia com a realidade à sua volta, atuando de forma definitiva na transformação da sociedade da qual ele faz parte. Nesse caso, vê-se o essencial papel da disciplina para um pensar de ordem superior da realidade em que se vive, relacionando fatos cotidianos a conteúdos estudados.

Com os pressupostos lipmanianos, observamos que o fato do aluno interagir numa comunidade de investigação, dá a ele condições de construir uma visão de mundo que leva em consideração o ponto de vista do outro, pois ao ouvir e se atentar para a fala do outro, desejando compreender sua intenção, o aluno tem a chance de entender a argumentação do outro a partir do que ela provocou em si mesmo, reconstruindo as palavras do outro e atribuindo-lhes sentido próprio. Esta experiência faz com que a opinião do outro desperte no aluno uma predisposição para que ele reveja sua ideia, verificando-a quanto à sua autenticidade, consistência e significado ao sustentar sua argumentação (PARREIRA, 2005).

O *Programa de Filosofia para Crianças* proposto por Matthew Lipman (2010) traz uma metodologia inovadora e uma fundamentação teórica consistente para sua aplicação, além de possibilitar a transposição dessa metodologia para outras disciplinas, pois traz uma mudança radical na forma como os alunos interagem com o objeto de estudo, não só uma metodologia de ensino de uma disciplina específica.

Essa mudança na maneira de pensar a educação diante de um sistema de ensino que investe em depositar conhecimentos, sem levar em consideração o que e como está sendo depositado este conhecimento na bagagem intelectual dos alunos, é significativo. Transformar as salas de aula em comunidades de investigação é essencial para que as escolas se tornem centros de preparação para uma vida cidadã. A teoria de Lipman (2010) aponta para a possibilidade de a escola, além de preparar os jovens para serem críticos e reflexivos, prepará-los para serem cidadãos autônomos (LIPMAN, 2010).

3.4 Da sala de aula para a Comunidade de Investigação

Uma figura muito importante para o ensino é o psicólogo Lev Vygotsky (1896-1934). Ele propôs que as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais. Suas teorias sobre ensino-aprendizagem acabaram modificando as relações aluno/professor: para o autor, a figura do professor é muito importante, pois este é responsável por mediar a relação entre o estudante e o conhecimento.

Vygotsky se dedicou, principalmente, ao estudo das funções psicológicas superiores ou processos mentais superiores, e buscava compreender os mecanismos psicológicos mais sofisticados que são típicos do ser humano (KOHL, 1998). As ações reflexas como o movimento da cabeça na direção de um som repentino ou o movimento de afastar a mão ao se aproximar da chama de uma vela, se diferenciam de processos psicológicos superiores. As possibilidades de imaginar um objeto ausente ou planejar ações a serem realizadas posteriormente são consideradas mecanismos psicológicos superiores (KOHL, 1998).

A mediação é o fato central da psicologia de Vygotsky, pois, segundo ele, a utilização de aspectos, que são sociais e culturalmente construídos, têm efeitos sobre a mente dos estudantes e sobre o contexto da sala de aula. A mediação em termos genéricos é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento (MARTINS, MOSER, 2012).

Portanto, a interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente no qual essa comunicação ocorre; noutras palavras, o aluno acaba interagindo também com os problemas, os assuntos, as informações e os valores culturais dos próprios conteúdos trabalhados em sala de aula e também fora dela:

Com base nessas reflexões, tanto no trabalho como na ação sobre o mundo para transformá-lo, o homem usa de instrumentos. Assim, quando o cérebro humano aprende um conceito, usa a mediação das palavras ou a própria linguagem. Não há como pensar se não utilizarmos, sempre, palavras ou imagens. Por isso, em vez da linguagem, podemos falar de uma mediação semiótica. Marta Kohl de Oliveira, ao tratar da aprendizagem em Vygotsky, afirma: "[...] a principal função da linguagem é a de intercâmbio social: é para se comunicar com seus semelhantes que o homem cria e utiliza os sistemas de linguagens" (2002, p. 42). Se toda ação humana supõe uma mediação, do mesmo modo a aprendizagem se faz com a mediação semiótica ou pela interação com o outro, na interação social, na qual as palavras são empregadas como meio de comunicação ou de interação. A essa mediação, Vygotsky e seus discípulos denominaram de sociointeracionismo – a ação se

dá numa interação sócio-histórica ou histórico-cultural (MARTINS, MOSER, 2012, p. 10).

Portanto, o artefato mais importante na interação social é a linguagem, que é a principal transformadora nos processos de desenvolvimento cognitivo. Existe uma inter-relação fundamental entre pensamento e linguagem e, desta forma, a linguagem tem um papel essencial na formação do pensamento e do caráter do indivíduo (MORES in VYGOTSKY, 1991). Então, significa que o acesso dos indivíduos ou de sua mente ao mundo não se dá de maneira direta, mas, sim por uma mediação, que é o que lhe permite este acesso.

No contexto escolar, o professor faz a mediação entre o estudante e o conhecimento. Para atuar nesta mediação, o professor pode lançar mão de vários instrumentos que o auxiliem em sua prática, livros didáticos, quadro, giz, entre outros. Diante deste cenário, o papel do professor é fundamental.

Neste sentido, Martins e Moser (2012) apresentam a metáfora do saltador: sem a vara um ser humano consegue saltar uma altura de pouco mais de dois metros. Já o saltador utilizando uma vara de fibra de vidro, como as que são usadas atualmente, o saltador consegue saltar mais de sete metros de altura. Vale salientar que o ser humano tem a capacidade de realizar saltos, mas, por intermédio da vara, consegue realizar saltos que sem esta seria impossível. No nosso caso, o instrumento didático citado acima, é a linguagem, esta representa a vara que permite ao saltador aperfeiçoar seu desempenho ao máximo.

Nas últimas décadas, com a expansão e a inserção dos meios digitais no cotidiano dos jovens, e as especificidades da geração Z, observa-se uma gama de novas possibilidades a partir da interação de novos signos e instrumentos. Neste contexto, a FC constitui uma forma de inter-relação entre o conhecimento científico e os estudantes, portanto, a inserção da FC em sala de aula, consiste em utilizar estes instrumentos para mediar a inter-relação entre o estudante e o conhecimento. Dessa forma, a sala de aula ganha outro sentido. Poder reestruturar a rotina escolar a partir da utilização uma ferramenta didática tão poderosa, quanto a FC. Permitindo a interação dos estudantes com vários instrumentos e signos, além de possibilitar mediação entre eles, o que potencializa o processo, é transformar a sala de aula em uma comunidade de investigação, conduzindo, assim, os estudantes nos processos de desenvolvimento do pensamento de ordem superior.

3.5 Sequências de Ensino Investigativo

Na busca de uma metodologia que privilegie o desenvolvimento das competências requeridas no letramento científico, temos o ensino por instigação. Este tipo de abordagem promove a aprendizagem a partir da reprodução das etapas do método científico, buscando auxiliar estudantes não somente a aprender sobre ciência, mas também em como fazer ciência. Este tipo metodologia tem em vista utilizar os processos de investigação científica e os conhecimentos científicos para desenvolver as capacidades de questionamento, planejamento, explicações com bases científicas e a comunicação (BAPTISTA, 2010).

O ensino por investigação constitui uma abordagem contextualizada das ciências, na qual o estudante participa ativamente de todo o processo. Esta modalidade está fundamentada na promoção do questionamento e no envolvimento ativo dos estudantes. Enfatiza a perspectiva histórica e fomenta o trabalho em grupo, estabelecendo a ligação histórica entre conhecimento e resultados obtidos (BAPTISTA, 2010). Durante os processos de investigação, os estudantes são estimulados a observar, formular hipóteses, experimentar e a tirar conclusões, ou seja, estes são estimulados a agirem como verdadeiros cientistas (FREIRE, 1993).

Existem vários tipos de atividades e sequências de ensino por investigação. Estas podem variar de acordo com o grau de abertura e de orientação, podendo ter respostas corretas ou não, podem envolver situações abstratas ou reais, podem demorar meses, semanas ou minutos. As atividades de ensino por investigação mais comuns são resoluções de problemas, mas nem todas são deste tipo. Para Wellington (2000), as diferentes dimensões das atividades estão apresentadas na figura a seguir:

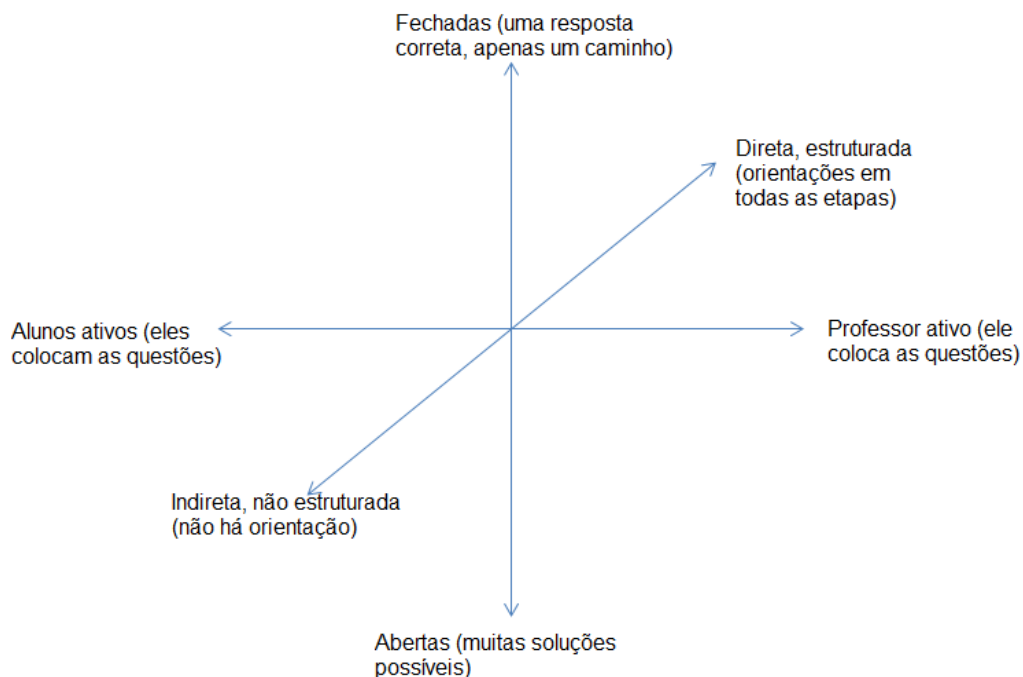


Figura 2: Diagrama das dimensões das Atividades de Investigação.

Fonte: BAPTISTA, M.L.M. Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. 2010.

O tipo de sequência de ensino apresentada neste trabalho transita pelos eixos do diagrama acima, mesclando características de cada uma das extremidades. Entretanto, se observará que as atividades refletirão uma sequência didática mais aberta e indireta, deixando o estudante com pouca ou nenhuma restrição na colocação de suas questões. Esta totalidade, portanto, constitui uma sequência didática de ensino investigativo aberta, na qual o estudante possui um papel ativo em todo o processo da pesquisa.

O ensino por investigação é comumente associado à noção de método científico tradicional. Entretanto, muitos historiadores da ciência apontam para o fato de não haver somente uma forma de fazer ciência (BAPTISTA, 2010). Inclusive, reforçar a ideia de que existe um único método científico transmite concepções equivocadas sobre a construção da ciência aos estudantes. A Sequência de Ensino Investigativo – SEI – apresentada neste trabalho baseia-se no modelo proposto por Carlson, Humphrey e Reinhardt (2003). As fases do modelo são apresentadas na figura seguinte que é uma adaptação de Baptista (2010).

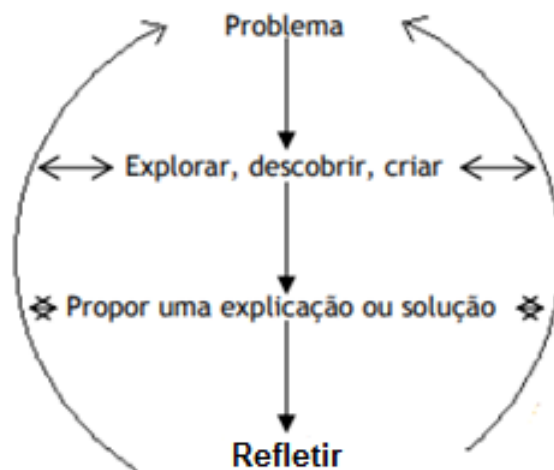


Figura 3: Diagrama do Ciclo das Atividades de Investigação.

Fonte: BAPTISTA, M.L.M. Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. 2010.

Na SEI apresentada neste trabalho utilizou-se obras de ficção científica para reproduzir o modelo de atividade proposto por Carlson, Humphrey e Reinhardt em dois níveis, portanto, é uma adaptação do modelo. Na primeira fase, o objeto de estudo foi o filme *De volta para o Futuro* (1985), na segunda fase o ciclo se repete com a análise da série *Star Trek Discovery* (2018). Por fim, teremos o filme *De Volta Para o Futuro 2* (1989), como motivador para a última fase do ciclo.

4. TÓPICOS DE RELATIVIDADE

4.1 Postulados de Einstein

No fim do século XIX, os principais problemas da Física pareciam resolvidos por meio da mecânica newtoniana regendo o movimento dos corpos celestes e terrestres, os fenômenos ópticos, elétricos e magnéticos unificados por Maxwell, e a termodinâmica desenvolvendo a indústria (SANTOS, 2002).

Entretanto, este cenário de consolidação estava prestes a ser radicalmente transformado. Com o advento da mecânica quântica, os segredos microscópicos da matéria e suas interações, começaram a ser desvendados. Com a Relatividade de Einstein até mesmo as noções de tempo e espaço, foram questionadas e modificadas.

Em 1905, Albert Einstein publicou na revista alemã *Anais da Física* o artigo intitulado *Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento*, que trata da teoria da Relatividade Restrita ou Especial. Neste artigo, Einstein apresenta os dois postulados em que se baseia a Relatividade Especial:

- **1º postulado:** todos os sistemas inerciais são equivalentes para a formulação de todas as leis da natureza, ou seja, as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais (SANTOS, 2002).

O primeiro postulado é uma extensão do princípio da relatividade newtoniana para incluir não só os fenômenos mecânicos, mas também os eletromagnéticos, além de todos os tipos fenômenos físicos. Depreende-se deste postulado que o movimento absoluto não pode ser detectado, pois não existe referencial privilegiado (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

- **2º postulado:** em qualquer que seja o referencial inercial, a velocidade da luz no vácuo c , é sempre a mesma, em todas as direções e em todos os sistemas inerciais, seja ela emitida por um corpo em repouso ou em movimento uniforme (SANTOS, 2002).

O segundo postulado coloca a luz na mesma categoria de outros tipos de ondas, mostrando, que sua velocidade não depende do movimento da fonte, mas das propriedades do meio (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014). Este postulado afirma

que a velocidade da luz, c , é constante para qualquer referencial, o que exige uma revisão nos conceitos de espaço e tempo.

4.2 Dilatação do Tempo

Os postulados de Einstein representam um primeiro passo rumo à resolução de problemas da física clássica, mas se faz necessário uma base matemática mais formal para consolidar a teoria da Relatividade Especial. As transformações de Galileu não são adequadas para o eletromagnetismo e não são coerentes com a Relatividade Restrita. Isto levou à reformulação do princípio da relatividade newtoniana, porém os postulados de Einstein eram incompatíveis com estas transformações, exigindo a formulação de uma transformação que se adequasse às teorias (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

As transformações de Lorentz permitem ligar as distâncias e os tempos medidos por um observador, num referencial S , às medidas efetuadas por outro observador movimentando-se em relação ao primeiro, em um referencial S' . Suponha a ocorrência de um pulso luminoso no referencial S , num instante t , cujas coordenadas espaciais são (x, y, z) . É possível determinar as coordenadas (x', y', z') correspondentes em S' , através das transformadas de Galileu, ou seja:

$$x = x' + vt \quad y = y' \quad z = z' \quad t = t'. \quad (1)$$

Analogamente, conhecendo as coordenadas S' , é possível determinar as transformadas inversas:

$$x' = x - vt \quad y' = y \quad z' = z \quad t' = t. \quad (2)$$

Admitindo-se que a transformação relativística em x seja a mesma que da eq. 1, exceto pela presença de um multiplicador γ dependente de c e v no segundo membro, teremos:

$$x = \gamma(x' + vt'). \quad (3)$$

Da mesma forma a transformada inversa:

$$x' = \gamma(x - vt). \quad (4)$$

Supondo que, no instante $t = 0$, uma lâmpada seja acesa na origem de S , a qual coincide com a origem de S' . A onda eletromagnética propaga-se em todas as direções com velocidade c . Para um observador em S , a equação da frente da onda é:

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2. \quad (5)$$

para o observador em S' , teremos:

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2. \quad (6)$$

Pelo 2º postulado de Einstein teremos que a componente x da frente de onda do ponto luminoso no referencial S será $x = ct$ e no referencial S' será $x' = ct'$. Substituindo x por ct e x' por ct' :

$$x = \gamma(x' + vt'). \quad (7)$$

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

Dividindo a equação (7) pela equação (8), e isolando t , obtemos:

$$t = t' \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}. \quad (9)$$

Substituindo o t da equação acima na equação (7), e isolando γ , encontramos o fator de Lorentz:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}. \quad (10)$$

O valor de γ é sempre maior que 1 e quando $v \ll c$, $\gamma \cong 1$. Substituindo o fator de Lorentz nas equações (1) e (2), é possível deduzir expressões para t :

$$t = \gamma \left(t' + \frac{vx'}{c^2} \right), \quad (11)$$

e analogamente para t' :

$$t' = \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right). \quad (12)$$

Contrariando a mecânica clássica, onde o tempo é invariante, na Relatividade o tempo, assim como o comprimento, deixa de ser absoluto. Entretanto a teoria da Relatividade Especial não se trata essencialmente da variação dos conceitos de espaço e tempo, mas da reafirmação de que as leis da natureza independem de referenciais (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

Pela transformação temporal de Lorentz é possível relacionar t e t' chegando à equação:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

As transformadas de Lorentz mostram que o tempo não é absoluto, ou seja, eventos que acontecem simultaneamente no referencial S, não necessariamente acontecem simultaneamente em S'. Einstein mostra que a ideia de tempo absoluto e de

eventos simultâneos produzem paradoxos. Além disso, as consequências dos postulados podem levar a uma série de previsões absurdas. Um dos mais famosos é o paradoxo dos gêmeos.

Este paradoxo está ligado intimamente com a dilatação do tempo. Suponhamos dois gêmeos idênticos. Se o gêmeo A parte em uma viagem espacial em alta velocidade até uma estrela distante e retorna a Terra, ao encontrar o gêmeo B, verá que este já é um idoso, enquanto ele ainda estará jovem. Supondo que o gêmeo A acelera em sua espaçonave até atingir a velocidade de $0,85c$ e a mantém constante, viajando por um intervalo de tempo $\Delta t'$. Se o tempo de duração da viagem marcado pelo gêmeo B, que ficou na Terra, for 9,5 anos. Já o intervalo de tempo marcado pelo gêmeo A é dado pela relação:

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$\Delta t' = 9,5 \sqrt{1 - (0,85c)^2/c^2}$$

$$\Delta t \cong 5,0 \text{ anos}$$

Portanto quando os gêmeos se reencontram, A está 5 anos mais jovem que B. Entretanto, o tempo de viagem para A foi de 5 anos, então:

$$\Delta t' = 5 \sqrt{1 - (0,85c)^2/c^2} \cong 2,6 \text{ anos}$$

Observa-se uma contradição, ou seja, um paradoxo. Neste caso o paradoxo é justificar a relatividade do movimento, pois se A viaja e B fica parado acontece o descrito. Entretanto, se pensarmos no referencial preso a A. Assim, quem viaja é B, em sentido oposto, e B ficaria mais jovem que A quando se encontrassem novamente. Neste caso a simetria do Princípio Relatividade é rompida, pois sem o movimento de A não é uniforme, ou seja, o paradoxo é desfeito. Neste contexto, o problema somente poderá ser analisado do ponto de vista do gêmeo B, que está em repouso. A análise do ponto de vista do gêmeo A somente poderá ser analisado a partir da Relatividade Geral (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

4.3 Contração do Espaço

Considerando um trecho de estrada de comprimento L_0 , medido no referencial da estrada. Se um observador A se desloca com velocidade v em relação a um observador B em repouso na estrada, para B, o intervalo de tempo Δt que A leva para percorrer L_0 é dado por:

$$\Delta t = \frac{L_0}{v}.$$

Substituindo esta relação na transformada de temporal, teremos que o observador A determina o comprimento L da estrada, como $L = v\Delta t'$. A partir de então é possível encontrar a relação desenvolvida por Lorentz e FitzGerald:

$$L = L_0\sqrt{1 - v^2/c^2}.$$

Analisando a relação acima, observa-se que o trecho da estrada medida por A é sempre menor que a medida feita por B, ou seja, $L < L_0$. Assim, contrariando FitzGerald e Lorentz, a contração não é absoluta, pois depende do referencial de medida. A contração do espaço não é resultante da interação com o éter, é resultado da relatividade das medidas de espaço e tempo (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

4.4 Espaço Quadridimensional

Outro passo importante na consolidação da Teoria da Relatividade pela comunidade científica é a formulação dos termos geométricos por Hermann Minkowski. Percebendo a dificuldade de estudar a natureza tendo que considerar espaços e tempos em diferentes referenciais, Minkowski introduziu o conceito absoluto de espaço-tempo.

Nesta formulação matemática, Minkowski considera que espaço e tempo observados separadamente, pode ser interpretado como uma ilusão. A partir de então, passou a descrever os eventos em quatro coordenadas, três de espaço e uma de tempo (x, y, z, t) , localizadas em um espaço quadridimensional chamado espaço-tempo.

Tomando as coordenadas de um evento E_0 em um espaço qualquer como (x_0, y_0, z_0, t_0) . Se um raio luminoso esférico parte desse evento, se deslocando através do espaço, atinge outro ponto (x, y, z, t) qualquer no espaço em um tempo t . Teremos, então:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 - c^2(t - t_0)^2 = 0$$

O sinal luminoso se expandirá, partindo da origem, em um formato esférico. O conjunto de eventos (x, y, z, t) , cujas coordenadas satisfazem a equação acima estão sobre um cone, chamado cone de luz, em relação ao evento E_0 .

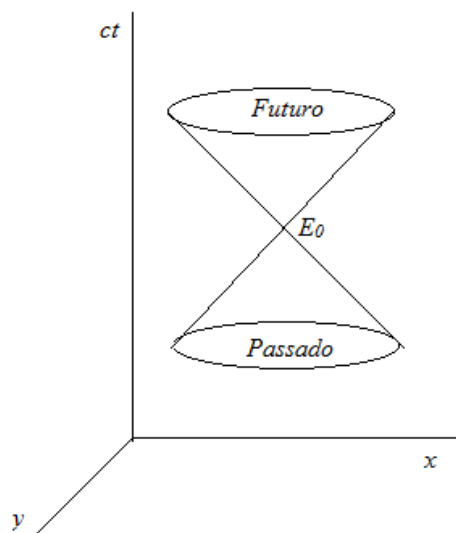


Figura 4: Representação Gráfica do Cone de Luz

Fonte: SANTOS, Roberto Baginski Batista. *Relatividade Restrita*, 4ª edição, Ed. USP, 2002.

O cone de luz é dividido em duas partes: o cone de luz do futuro, onde estão todos os eventos que podem ser alcançados por um sinal que parte de E_0 , e o do passado, onde estão todos os eventos a partir dos quais o sinal luminoso pode atingir E_0 . Qualquer evento E no interior do cone de luz do futuro terá em todos os sistemas de coordenadas, a propriedade de poderem ser alcançados a partir de E_0 por um objeto que se desloque com velocidade menor que c . Um evento E fora do cone de luz em relação a E_0 só será atingido por um ponto partindo de E_0 e se deslocando com velocidade maior que c (o que não é possível, pois a velocidade da luz não pode ser ultrapassada). Dois eventos desse tipo não podem comunicar-se entre si ou afetar a causalidade do outro. Os cones de luz representam os limites da influência causal. Eles são estruturas fundamentais do espaço-tempo (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

4.5 Especial para Geral

Em 1916, foi publicado na revista alemã *Anais da Física* o artigo *O Fundamento da Teoria Geral da Relatividade*. Este artigo trouxe uma generalização, da Relatividade Especial, que tratava apenas do movimento em sistemas de referência que se movem um em relação ao outro, em linha reta e com velocidade constante. Einstein observou que era necessário tornar a Teoria da Relatividade válida em qualquer sistema. Então, em 1916, publicou *Relatividade Geral* generalizando a teoria e descrevendo a atual concepção de gravitação (SANTOS, 2002).

4.6 Gravidade e Espaço

Na Relatividade Geral, o espaço-tempo é como um tecido esticado, que só é plano na ausência de energia. Nesta teoria, o espaço-tempo funciona como uma membrana ou um tecido elástico bem esticado. Se forem postas bolas de boliche, por exemplo, sobre a membrana, esta apresentará em volta de cada bola uma depressão relativa às massas das bolas, como ilustra a figura abaixo:

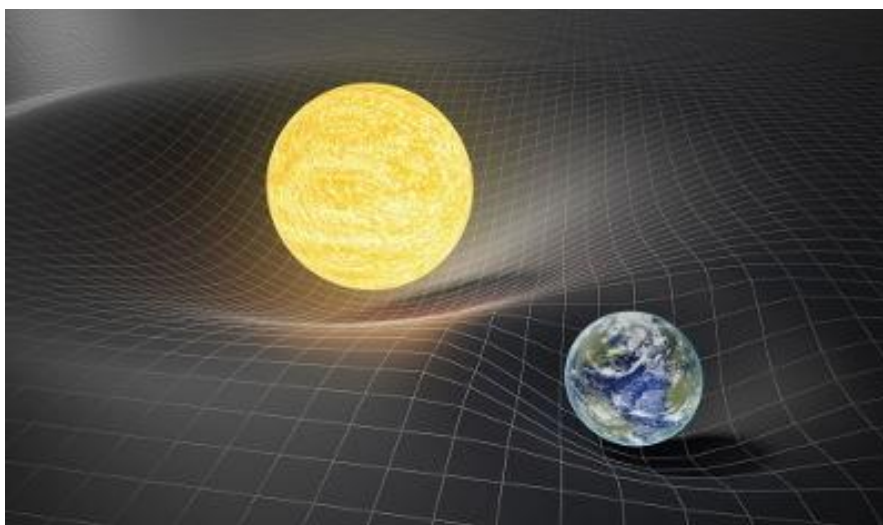


Figura 5: Simulação da curvatura do espaço-tempo provocada pela presença de matéria.

Fonte: < <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/teoria-relatividade-geral.htm>>. Acesso em 10/06/2019.

A curvatura do espaço-tempo está diretamente relacionada com a quantidade de energia e matéria presentes nele, em outras palavras, a massa-energia age sobre o espaço-tempo, tornando-o curvo. Da mesma forma que a bola curva o tecido, um corpo celeste também provoca uma curvatura no espaço-tempo. O que mostra que as órbitas descritas pelos corpos celestes são resultado dessa ação do espaço-tempo sobre a massa, que curva seu movimento. Na Relatividade espaço e tempo estão entrelaçados, então, não é possível curvar o espaço sem envolver o tempo (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

Contudo, mesmo com o princípio físico descrito corretamente, ainda faltava à teoria um formalismo matemático que pudesse torná-la mais contundente. Einstein contou com a colaboração de alguns matemáticos, entre eles Grossmann. Os dois desenvolveram em conjunto um trabalho, em 1913, no qual apresentava a força da gravidade como a curvatura do espaço-tempo (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014).

Mas foi somente em 1915 que Einstein conseguiu elaborar a equação do campo gravitacional, que representa uma das mais compactas e poderosas equações da Física:

$$R_{\mu\nu} = -k(T_{\mu\nu} - \alpha g_{\mu\nu}T),$$

onde $R_{\mu\nu}$ é o tensor de Ricci, que descreve a curvatura do espaço-tempo, $g_{\mu\nu}$ é o tensor métrico que é a grandeza fundamental que representa o campo gravitacional, $T_{\mu\nu}$ é o tensor momento-energia, T é o traço de $T_{\mu\nu}$, além de k e α são constantes. Outra forma em particular para uma estrela esfericamente simétrica, que poderá descrever um buraco negro será ditada pela seguinte métrica:

$$g_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} -c^2 \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r^2 \sin^2 \theta \end{bmatrix}.$$

4.7 Buracos Negros

O termo Buraco Negro foi cunhado pelo cientista estadunidense John Wheeler em 1969. Mas foi somente em 1983 que o professor de Cambridge John Michell, no artigo *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, no qual observava que uma estrela massiva e compacta o bastante teria um campo gravitacional tão forte que a luz não poderia escapar. Qualquer luz emitida na superfície da estrela seria tragada de volta pela atração gravitacional (HAWKING, 1988).

Michell sugeriu que pudesse existir uma grande quantidade dessas estrelas. Embora não se pudesse vê-las, pois a luz não seria capaz de chegar até nós, mesmo assim poderíamos sentir sua gravidade (HAWKING, 1988). Então, Buraco Negro é uma região do espaço onde o campo gravitacional é tão forte que nada sai dessa região, nem a luz; daí vemos negro naquela região.

Segundo a teoria da Relatividade, nada pode viajar com velocidade maior que a luz. Dessa forma, se a luz não pode escapar de um buraco negro, nada mais pode. Tudo é tragado de volta pela gravidade. A consequência disso é uma região no espaço-tempo, um conjunto de eventos, na qual a luz não pode escapar e chegar a um observador qualquer. A fronteira de um buraco negro é chamada horizonte de eventos, por ela

passam os raios de luz que por uma pequena margem não conseguem escapar (HAWKING, 1988).

A primeira imagem de um buraco negro foi revelada no dia 10 de abril de 2019, pela Fundação Nacional de Ciências (National Science Foundation, em inglês). A surpreendente foto é resultado do trabalho de uma rede de telescópios, o projeto Event Horizon Telescope.

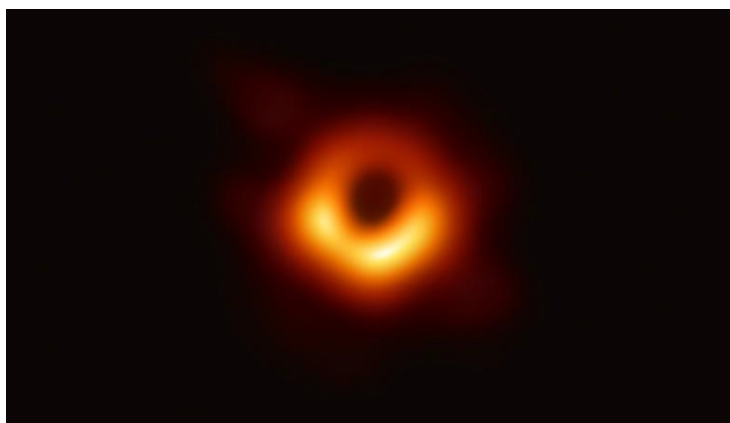


Figura 6: Registro de um buraco negro divulgada pelo National Science Foundation

Fonte: <revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2019/04/foto-de-um-buraco-negro-e-revelada-pela-primeira-vez-na-historia.html> Acesso em 10/06/2019.

A imagem disponibilizada mostra um buraco negro no centro da enorme galáxia Messier 87, localizada no aglomerado vizinho de Virgem, a 5 milhões de anos-luz da Terra. A região escura da foto é, na realidade, a sombra do buraco negro. O buraco negro fotografado é 6,5 bilhões de vezes mais massivo que o Sol. Até então, os astrônomos não tinham conseguido captar precisamente a imagem de um buraco negro. Já havia medidas indiretas, além de ilustrações, concepções artísticas e simulações. O registro representa um grande feito para a comprovação da Relatividade Geral.

4.8 Buracos de Minhoca e Viagem no Tempo

A teoria da Relatividade contestou dois conceitos fundamentais da Física: o tempo e o espaço. Esta nova concepção dessas grandezas transformou profundamente o entendimento da nossa realidade. Pela mecânica clássica, o tempo e o espaço são grandezas absolutas, de modo que o tempo é uma linha reta que aponta sempre para frente. Oposto a isso, novas perspectivas trazidas pela Relatividade levantam questões como a possibilidade de viajar no tempo, que, aliás, é um tema recorrente na ficção científica.

H.G. Wells, no livro *A Máquina do Tempo* (1895), explora esta possibilidade, mas ele não foi o único. Em 1949, o matemático Kurt Gödel descobriu um novo espaço-tempo permitido pela Relatividade Geral. Gödel sugeriu um espaço-tempo, no qual o universo inteiro estaria em rotação. Mas a solução encontrada por ele não correspondia ao nosso universo (que não se encontra em rotação). Contudo, depois disso, foram encontrados outros espaços-tempo permitidos pela Relatividade Geral, em que era possível viajar no tempo (HAWKING, 1988).

Um das possibilidades apresentadas está dentro de um buraco negro. A Relatividade apresenta o espaço-tempo como um tecido esticado, uma possibilidade seria conseguir dobrar o espaço tempo, formando um atalho entre dois pontos:

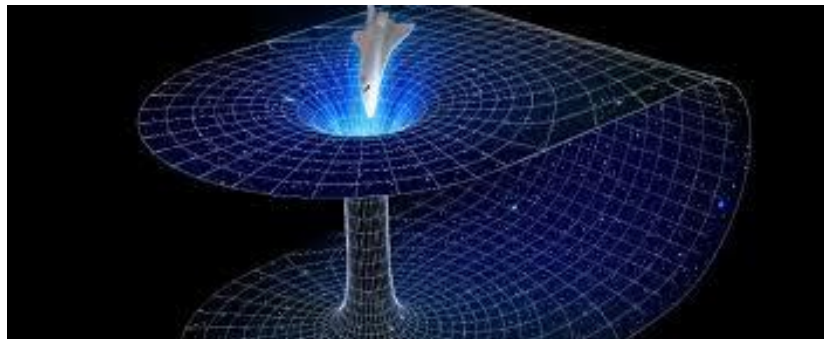


Figura 7: Simulação da conexão do espaço-tempo.

Fonte: <revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/08/nova-equacao-pode-ser-chave-para-teoria-de-tudo.html> Acesso em 10/06/2019.

Este tudo que conecta duas regiões quase planas do espaço-tempo é chamado buraco de minhoca. A ideia de buraco de minhoca surgiu em 1935, com Einstein e Nathan Rosen, quando escreveram um artigo mostrando que a Relatividade Geral permitia o que eles chamaram de “pontes”. Entretanto, as pontes de Einstein-Rosen não duravam tempo suficiente para que uma espaçonave a atravessasse, pois a nave encontraria uma singularidade na saída (HAWKING, 1988). Mas esta ideia de viagem no tempo através de um buraco de minhoca, entre outras particularidades da teoria, são muito exploradas pela ficção científica. Cada vez mais, se investe em aplicar a teoria correta nos livros, filmes e séries de ficção. Como, por exemplo, o filme *Interestelar* (1h 68min, lançamento 2014, Direção: Christopher Nolan, Classificação etária: 10), que contou com a consultoria do físico Kip Thorne. Além desse, temos *Capitã Marvel* (2019), *Homem-Formiga* (2015), *Perdido em Marte* (2015), entre outros, que trazem conceitos físicos corretos além de entretenimento.

5. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é a proposição de uma sequência didática de ensino com a intenção de apresentar, através de filmes e séries de ficção científica, conceitos tais como espaço-tempo, dilatação temporal, simultaneidade, paradoxos, buraco negro, gravidade, ondas, bem como alguns temas transversais como: ética e representatividade. Pretende-se possibilitar aos estudantes reconhecer e diferenciar Relatividade Especial e Geral. Desta maneira, pretende-se realizar a aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativo desenvolvida por Carlson, Humphrey e Reinhardt (2003), utilizando como recurso didático obras de ficção científica. Para tanto, sugerem-se seis encontros de três horas aula (cinquenta minutos), totalizando dezoito horas-aula. Sugere-se que os encontros aconteçam no contraturno.

O produto educacional é formado por planos de aula que devem nortear o professor durante a aplicação da sequência didática. Foi elaborado levando em consideração os referenciais teóricos escolhidos e o que se desejaria que os estudantes aprendessem dos conceitos de Relatividade, entre outros conceitos que perpassam as obras. A sequência didática proposta tem a finalidade de introduzir conceitos básicos de Relatividade Especial e Geral, bem como relacionar estes conceitos com outras áreas da física, inclusive fazendo uma comparação entre relatividade especial e geral. Salienta-se que a Sequência de Ensino Investigativo, por se tratar de uma atividade aberta, é comumente modificada durante a aplicação.

A partir dos referenciais teóricos apresentados nesta pesquisa salienta-se que este produto tem o propósito de introduzir de maneira conceitual a Teoria da Relatividade a partir da experiência investigativa. Uma SEI segundo Baptista (2010), trata-se de uma forma de o estudante aprender ciência e sobre ciência, partindo de atividades que reproduzem as práticas de um cientista. Neste sentido, busca-se ainda, a partir desta sequência didática possibilitar ao estudante refletir sobre a relação da ciência com o seu contexto social.

Como já citado na introdução deste trabalho, a pesquisa foi realizada em um colégio da rede privada do Distrito Federal. A estrutura física do colégio dispõe de salas com data show, tablado, cadeiras estofadas, computador e acesso à internet em todas as salas. Além disso, os estudantes são incentivados a desenvolverem atividades no contraturno. À tarde os estudantes desenvolvem atividades em grupos, os clubes. No

início do ano os alunos criaram vários clubes, que reuniam estudantes das três séries do ensino médio. Foram criados os clubes de gastronomia, fotografia, dança, leitura, entre outros.

Puderam participar estudantes das três séries do EM, ou seja, estudantes entre quinze e dezessete anos. Foi criando então o Clube de Física, com a participação, inicialmente de trinta estudantes. O número de participantes, como esperado, diminuiu ao longo da atividade, então a análise dos resultados foi realizado somente com os participantes que obtiveram uma assiduidade de, no mínimo, 75% dos encontros. Ao final da aplicação, o clube contava com vinte participantes assíduos. Salienta-se o fato de que a participação no minicurso é facultativa, pois nenhuma pontuação é atribuída pela participação. A participação no Clube de Física deve ser motivada pelo interesse nos temas ofertados, assim como nos outros clubes criados pelos alunos.

5.1 Projeto Piloto

Durante as primeiras pesquisas no desenvolvimento deste trabalho foi desenvolvida uma sequência didática para a verificação da aplicabilidade da metodologia. Esta sequência didática foi aplicada na forma de uma oficina, no contexto uma escola da rede privada do DF, cidade satélite de Vicente Pires. Salienta-se que o projeto piloto foi aplicado no ano de 2017, numa instituição de ensino diferente da que foi aplicado o produto educacional proposto no presente trabalho. O turno de aplicação foi o vespertino, e contou com a participação de estudantes das três séries do ensino médio. A questão que motivou a oficina foi: **como utilizar filmes de ficção científica a partir da Teoria de Aprendizagem de Vygotsky na aprendizagem de conceitos físicos.**

O tema da oficina foi “Viagem no Tempo” e o filme exibido foi *De Volta Para o Futuro* (1h 56min, lançamento 25 de dezembro de 1985, Direção: Robert Zemeckis, Classificação etária: livre), através da plataforma NETFLIX. A participação na atividade aconteceu por meio de uma inscrição, cuja intenção foi investigar o interesse dos alunos pelo tema e conhecer o perfil dos participantes, pois não foi atribuída nenhuma pontuação à participação. A oficina contou com a participação de quinze estudantes das três séries do ensino médio e teve duração de 240 minutos ao todo. Dos

quinze estudantes 40% eram da segunda série, 30% da primeira série e os outros 30% da terceira série, do total 60% eram meninos e 40% meninas.

Nas duas primeiras aulas, foi exibido o filme de ficção *De Volta Para o Futuro*, e durante a sessão foi disponibilizada uma pequena caixa para que fossem depositadas questões, dúvidas, observações, a fim de serem discutidas posteriormente, durante o debate. A exibição do filme no ambiente escolar oferece uma oportunidade de interação entre eles, fora do contexto tradicional de aula, o que propicia um melhor desenvolvimento da atividade. Esperava-se que a interação entre eles durante a sessão pudesse, posteriormente, motivar a participação no debate. Na terceira aula, ao final da exibição, foi feita uma separação em categorias para facilitar a pesquisa dos temas que foram apontados pelos alunos enquanto assistiam ao filme.

As categorias foram elencadas a partir dos questionamentos dos alunos. Os temas foram:

- **Tópicos de relatividade:** viagem no tempo, altas velocidades, buracos de minhoca;
- Tópicos de outros temas que envolvem Física: energia, capacitância, termos técnicos, entre outros;
- Questões éticas, como a exploração animal;
- Questões sociais como a representação do “cientista maluco”, representação de personagens femininos e personagens racializados.

Após a separação das categorias, os alunos foram separados em grupos, e cada grupo escolheu um tema (dentre os citados acima) para investigação. Nesse momento, puderam usar a internet. Ao fim da terceira aula, foi feito um intervalo de vinte minutos. Na quarta e quinta aula, os alunos optaram por continuar em grupos, e então cada grupo pôde fazer uma pequena exposição de suas investigações para a turma, durante a exposição a turma podia debater sobre os temas que eram apresentados. O debate foi mediado pela professora, que intervinha para apresentar conceitos referentes às teorias científicas vigentes, bem como para tirar dúvidas e estimular a interação entre os estudantes, que ficaram muito à vontade para expor suas ideias.

Depois do debate, na sexta aula, foi feita uma avaliação. Como uma SEI não prioriza avaliações somativas, e sim formativas, os alunos puderam escolher entre realizar uma avaliação da atividade, na qual continha algumas questões que requisitava

uma auto avaliação de suas aprendizagens, ou construir um mapa mental relacionando as questões desenvolvidas durante o debate.

A participação na atividade foi condicionada ao preenchimento de uma ficha de inscrição, cuja intenção foi investigar o interesse dos alunos pelo tema e conhecer o perfil dos participantes. Além de nome, turma e idade, eles deveriam responder numa escala de um a cinco quanto se interessavam pelo tema, além disso, foi apresentada uma lista, com mais de quinze títulos de filmes de FC, na qual eles assinalavam qual já conheciam. A maioria dos participantes já tinha assistido a vários títulos além de marcarem quatro ou cinco na escala de interesse. Observou-se que este tema já faz parte do cotidiano de muitos jovens, e que uma atividade desse tipo pode atrair uma parcela significativa dos estudantes, o que reitera a importância da discussão. Além disso, durante o debate, os alunos discutiram temas que não faziam parte do currículo suas séries, o que mostra que este estudante realizou alguma pesquisa sobre os temas, independente das atividades escolares.

O projeto piloto contribuiu muito para o desenvolvimento do produto educacional, pois a partir dos resultados obtidos com a aplicação deste foi possível investigar o tipo de perfil dos estudantes que se interessam por FC. Além disso, foi possível identificar alguns problemas na aplicação da SEI, no caso do projeto piloto, verificou-se que o tempo de aplicação não foi suficiente para um aprofundamento de algumas questões.

5.2 Elaboração do Produto Educacional

O presente trabalho foi elaborado no intuito proporcionar uma experiência de ensino investigativo. Utilizando, principalmente, a teoria de aprendizagem de Vygotsky, pretende-se transformar a sala de aula tradicional em uma comunidade de investigação (LIPMAN, 1995). Para tanto, pretende-se utilizar obras de FC, para mediar (VYGOTSKY, 1988) a aprendizagem dos estudantes dos conceitos da Teoria da Relatividade Geral e Especial, além de temas transversais como representatividade e ética. Foram escolhidas três obras de FC: *De Volta para o futuro I* (1985) e *De Volta para o futuro II* (1989) e a série *Star Trek Discovery* (2018).

O filme *De volta para o Futuro* foi filmado no ano de 1985, narra a história do jovem Mart Mcal (Michael J Fox) que sonha um dia ser um grande astro de rock, mas não consegue emplacar sua banda. Mart é amigo do Dr. Emmet Brown (Christopher

Lloyd) um cientista que lhe apresenta sua última invenção: uma máquina do tempo construída em um Delorean. Após mostrar a Marty como funcionava a máquina do tempo e antes de viajar para o futuro. Um grupo de terroristas líbios surge para matar o Dr. Brown por não ter construído a bomba que havia prometido a eles, e ainda ficado com o argônio para usar como combustível para o Delorean, para que pudesse atingir os 1,21 gigawatts de potência.

O Dr. Brown foi baleado antes de viajar para o futuro, e para não ter o mesmo destino, Marty escapa com o Delorean, e acaba acidentalmente no ano de 1955. Já no passado, Marty interfere no primeiro encontro dos pais, o que cria um colapso temporal que pode destruir toda sua família, apresentando o conceito de causalidade de RG. Deste ponto em diante, a missão de Marty é fazer seus pais se apaixonarem e, com a ajuda do Dr Brown de 1955, voltar para seu tempo presente.

A escolha desta obra decorre do fato de que, além de tratar de conceitos muito complexos da relatividade de maneira simples e divertida, é um filme antigo, portanto apresenta muitas limitações tecnológicas. Além disso, ele proporciona uma experiência com a atmosfera cultural da década de oitenta. Como o objetivo do trabalho é auxiliar o desenvolvimento de um olhar criterioso aos jovens, a escolha de um filme antigo faz com que tenham noção de a forma com a ciência é apresentada também se desenvolve ao longo do tempo.

O filme *De Volta Para o Futuro II* (1989) apresenta outra aventura de Marty, desta vez com ele viajando para o futuro de 2015. No fim do primeiro filme, o Dr. Brown volta do futuro para levar Marty para resolver problemas familiares futuros. A escolha desta obra decorre do fato de apresentar uma perspectiva de futuro em 1985. O futuro apresentado no filme acontece no ano de 2015. Pretende-se com esta obra discutir como a FC se relaciona com as teorias do seu tempo, e pode ser influenciada e influenciar o desenvolvimento tecnológico.

Esta obra fez uma projeção sobre a sociedade num futuro distante de 2015 e foi escolhido exatamente para confrontar com os avanços científicos os quais chegamos de fato, além de outros aspectos culturais, o que pode propiciar uma reflexão sobre a construção da ciência (PIASSI, 2009). Diante disso, o fato de a empresa japonesa Lexus lançar em agosto de 2015 um protótipo do *skate* voador, no qual Marty aparece na imagem na abaixo, reforça em como a FC pode influenciar e ser influenciada pela produção científica de sua época.



Fonte: <tecnoblog.net/182915/lexus-hoverboard-como-funciona>. Acesso em 13/05/2019.

A série *Star Trek Discovery* (2018) é uma série de televisão norte-americana criada por Bryan Fuller e Alex Kurtzman, é exibida pela CBS *All Access* nos Estados Unidos e Canadá, e pela Netflix nas demais partes do mundo. É a sétima série televisiva da franquia *Star Trek*. A imagem abaixo é a foto de divulgação da plataforma de *streaming* Netflix. A primeira temporada conta com quinze episódios e se passa cerca de uma década antes dos eventos da série original de *Star Trek*, e segue a tripulação da USS *Discovery* durante a guerra entre a Federação e os *Klingon*. A temporada é produzida pela CBS *Television Studios* em associação com *Secret Hideout*, *Roddenberry Entertainment* e *Living Dead Guy Productions*, com Gretchen J. Berg e Aaron Harberts sendo os *showrunners*, e Akiva Goldsman fornecendo apoio à produção.



Fonte: <news.newonnetflix.info> Acesso em: 13/05/2019

A série conta a história da personagem Michael Burnham, primeira oficial da USS *Shenzhou*, interpretada pela atriz Sonequa Martin-Green. A história gira em torno dos conflitos enfrentados por Michael após ter que lidar com as consequências de ter que tomar uma decisão que custou sua carreira como oficial. Além disso, a série mostra como ela lida com o fato de ter sido criada como *vulcana*.

Na série são apresentados os conceitos de velocidade de dobra (dobra de espaço-tempo), viagem no tempo, buraco de minhoca, além de trazer outros aspectos acerca do desenvolvimento da ciência e tecnologia que são interessantes para a reflexão sobre o tema.

A série é famosa por discutir assuntos relacionados, não só à ciência, mas também relacionados à prática do cientista, além de temas como diversidade e representatividade nas séries de televisão. Estas características motivaram a escolha da obra no desenvolvimento do presente produto educacional.

A sequência Didática apresentada neste trabalho contará com seis encontros (180 minutos), reproduzindo as etapas do modelo de investigação. O detalhamento abaixo apresenta um plano de atividades:

Primeiro Encontro: no primeiro dia acontecerá a exibição do filme *De volta para o Futuro* (1985). Os alunos deverão assistir ao filme e anotar as questões que lhes chamem atenção. As questões de estudo serão escolhidas por eles, pois o tipo de sequência escolhida privilegia a participação ativa do estudante, além de incentivar a habilidade de investigação (LIPMAN, 2010). Com a exibição do filme completo, não sobrá muito tempo para o aprofundamento das questões. A professora deve organizar as questões no quadro para que todos os estudantes tenham acesso a todas as questões. Recomenda-se que sejam feitos alguns breves comentários sobre as questões e que os alunos pesquisem suas questões e as dos colegas em casa. O primeiro encontro tem em vista identificar o objeto de estudo, ou seja, as questões/situações problema a serem investigadas. Recomenda-se que eles tentem verificar se são capazes de responder alguma das questões e retornem para o próximo encontro com essas respostas.

Segundo Encontro: Este encontro começa com as primeiras impressões dos estudantes, na primeira etapa da aula a discussão gira em torno das questões que eles já são capazes de responder. Na segunda etapa da aula acontece a organização das questões em categorias, busca-se com esta atividade desenvolver uma das competências

do letramento científico, que é reconhecer e explicar fenômenos físicos. Além disso, a turma deverá ser dividida em grupos para a pesquisa e aprofundamento das questões/comentários feitos sobre o filme a partir das categorias elencadas (VYGOTSKY, 1998). Cada grupo ficará responsável por investigar uma categoria. A pesquisa é livre, mas cabe à professora sugerir fontes confiáveis para os alunos; os materiais sugeridos estarão especificados na apresentação do produto educacional. O segundo encontro tem em vista a organização, categorização e divisão dos trabalhos, atividades que buscam proporcionar uma reprodução das práticas da comunidade científica (BAPTISTA, 2010). Segue abaixo a lista de textos sugerida para cada tema desta SEI:

Tema	Sugestão de Bibliografia
Relatividade Especial	Relatividade Restrita. Autor: Roberto Baginski Link:< edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/31467/mod_resource/content/1/Apostila_Relatividade_Fisica2.pdf >
Relatividade Geral	Capítulo dois e seis do livro Uma Breve Historia sobre o Tempo. Autor: Stephen Hawking
Conceitos diversos	Material Didático do estudante
Representatividade	Mulheres cientistas em filmes de ficção: implicações para o ingresso de meninas nas carreiras científicas. (Anexo) Autoras: Gabriella Lima, Anne Quiangala, Vanessa Carvalho de Andrade.
Ética	Texto 1: A Radioatividade e a História do Tempo Presente. Autores: Fábio Merçon, Samantha Viz Quadrat. Link:< www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=qne&cod=_historiadaquimicaaradioa > Acesso em 10/06/2019 Texto 2: Carta de Einstein a Rooseveld. Link:< operamundi.uol.com.br/politica-e-economia/6895/hoje-na-historia-1939-revelada-carta-de-einstein-a-roosevelt-sobre-bomba-atmica > Acesso em 10/06/2019

Tabela 2: Quadro de Bibliografia Sugerida.

Terceiro Encontro: Neste encontro as questões serão discutidas à luz das pesquisas embasadas pelo material sugerido pela professora, e espera-se que os estudantes tenham a competência de resolver as questões de maneira mais consistente. Este encontro tem em vista a explicação ou solução das questões. O terceiro encontro conclui o primeiro ciclo. Sugere-se aqui a produção de um mapa mental em casa, registrando conclusão do ciclo (CARLSON, HUMPHREY e REINHARDT, 2003). Entre os encontros três e quatro os estudantes irão assistir a série Star Trek Discovery

(2018) em casa, devido à limitação do tempo, pois serão quinze episódios, e refletir sobre as questões observadas na série a partir da teoria pesquisada nos encontros anteriores, a avaliação desta etapa será uma resenha de, ao menos, um episódio da série.

Quarto Encontro: Espera-se que a esta altura os estudantes sejam capazes de apontar na série questões análogas às apontadas no filme, além de analisá-las paralelamente à luz das teorias aprendidas no decorrer das atividades. O quarto encontro tem o propósito de iniciar um novo ciclo retomando as análises das questões de forma mais profunda, pois os estudantes já têm algum conhecimento sobre as questões. Nesta etapa, os grupos serão reorganizados a fim de proporcionar a participação de todos os estudantes em todas as questões e categorias e eles deverão preparar um seminário para o próximo encontro. O objetivo aqui é que uma nova configuração de interação constitua uma nova possibilidade de medição (KOHL, 1998).

Quinto Encontro: Neste encontro, os estudantes apresentarão suas conclusões sobre as questões pesquisadas no decorrer das atividades, na forma de um seminário. Espera-se que eles possam apresentar uma análise das situações-problema à luz das teorias científicas, fazendo um paralelo entre as questões do filme e da série. Esta etapa tem o propósito de propor soluções/explicações dos problemas, além de comunicar estas soluções, colocando mais uma vez o aluno como protagonista do processo de aprendizagem (BAPTISTA, 2010).

Sexto Encontro: Encerramento das atividades com a exibição do filme *De Volta para o Futuro 2* (1989). Esta é a última etapa do método e tem em vista promover uma reflexão acerca das atividades, da maneira como a ciência se constrói e os limites das teorias. Além disso, os estudantes farão uma autoavaliação (PARREIRA, 2005), exercitando a autocrítica que é uma característica do “pensar reflexivo” (LIPMAN, 1995), bem como construirão um mapa mental, no intuito de sintetizar os conceitos que foram discutidos nos encontros (NOVAK, GOWIN, VALADARES, 1996).

Em todos os encontros, os estudantes realizarão uma tarefa avaliativa, que reproduzam as etapas do ciclo da SEI desenvolvida por Carlson, Humphrey e Reinhardt (2003), apresentada no diagrama da figura 3. Ressalta-se que todas as atividades avaliativas são qualitativas. Além disso, são reflexo de atividades que os estudantes já praticam em sala de aula. Segue abaixo um quadro com as atividades avaliativas e o objetivo de cada uma delas. Todos os estudantes já desenvolvem mapas mentais na

disciplina de Física e em outras disciplinas, por este motivo esta metodologia foi incorporada às atividades do produto educacional.

Atividade	Objetivo
Registro das Questões	Observar e identificar o problema/questão
Fichamento	Registrar e organizar as ideias
Resenha	Resumir e analisar
Mapa Mental	Sintetizar
Seminário	Explicar e comunicar
Autoavaliação	Refletir

Tabela 3: Quadro Resumo das Atividades Avaliativas

Além dos mapas mentais, eles fizeram fichamentos, resenhas e apresentaram seminário, atividades que exercitam habilidades importantes para o letramento científico, além de exercitar a leitura e escrita. Para um melhor entendimento da programação das atividades, segue abaixo um cronograma:

Cronograma de Atividades	
Primeiro Encontro	Avaliação
Exibição do filme <i>De volta para o futuro</i> (1985). Registro das questões/comentários sobre o filme.	Registro das questões/sugestões
Segundo Encontro	Avaliação
Discussão das primeiras impressões dos estudantes, divisão das categorias e dos grupos de pesquisa.	Fichamento do capítulo 2 do livro <i>Uma Breve História sobre o Tempo</i> .
Terceiro Encontro	Avaliação
Discussão das questões à luz das teorias, e a partir dos textos.	Mapa Mental
Maratona	Avaliação:
Assistir todos os episódios da série <i>Star Trek: Discovery</i> durante o fim de semana com comentários no grupo online.	Resenha de um ou mais episódio.
Quarto Encontro	Avaliação

Retomada das questões e debate. Reorganização dos grupos e preparação dos seminários.	Participação na produção do seminário
Quinto Encontro	Avaliação
Apresentação dos seminários	Apresentação do Seminário
Sexto Encontro	Avaliação
Exibição do filme <i>De Volta para o Futuro II</i> (1989). E discussão sobre as perspectivas e limites das teorias.	Mapa Mental e auto avaliação.

Tabela 4: Cronograma de Atividades

6 RELATO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO

6.1 Aplicação da Sequência Didática

O primeiro dia de atividades começou com uma sessão pipoca. A primeira atividade foi à exibição do filme *De volta para o futuro*. A exibição teve início às 14h. O filme foi exibido em uma sala de aula comum. Os estudantes levaram pipoca e puderam levar para a sala os pufes que ficam espalhados pelos corredores do colégio. A disposição das cadeiras e pufes ficou a critério dos alunos, a maioria preferiu deitar nos pufes, mas alguns preferiram se sentar nas cadeiras. Foi possível observar que essa simples mudança na dinâmica da sala de aula (pipoca e pufes) foi suficiente para que eles se sentissem mais à vontade para interagir entre eles durante o filme. Ao final da sessão aplaudiram empolgados.

Após a sessão, fizemos um intervalo de 10 minutos. No retorno à sala, começamos o debate. Foram levantadas algumas questões e comentários sobre o filme, eles puderam compartilhar suas impressões enquanto a professora tomava nota de suas falas. Foram listados os comentários e as perguntas. Como o filme foi exibido na íntegra não houve muito tempo para começar o debate. Os estudantes foram orientados a propor questões e soluções para compartilhar com os colegas no próximo encontro. Segue abaixo os comentários e perguntas transcritas, sem correção gramatical ou técnica:

Comentários:

- Provavelmente o músico que McFly toca no passado só existe no futuro porque ele voltou no tempo, a mostrar e o compositor “oficial” se inspirou ou plagiou seu número. Ou seja, ela só existe no futuro porque existia no futuro e McFly tocou-a no passado. Nessa teoria, o tempo não é linear, mas, coexiste;
- Impressionante.
- O cachorro testou o equipamento/Usaram aço inoxidável como material;
- Linha do tempo:
 - 1 (padrão onde existem os irmãos dele);
 - 2 (Nova sem os irmãos);
 - 3 (Mudanças Martin existe no passado);

4 (Futuro mudado);

Linha atemporal afetando a linha normal (2,3,1,4);

- A namorada muda;
- Eu queria bater a cabeça e ter uma ideia genial;
- Não existem cursos temporais fechadas;
- A viagem no tempo é algo muito complicado, pois qualquer alteração do passado pode mudar tudo no presente. A utilização da energia do plutônio é bem criativa e nos faz pensar de como podemos utilizar diversos recursos disponíveis;
- Muito legal, interessante;
- Achei interessante como o doutor sabia que em 7 min raio tocaria ao solo;
- Tudo o que você muda no passado pode ter consequências muito sérias no futuro! “Se eu souber demais sobre meu futuro, posso comprometer minha existência”;
- Muitos relógios na primeira cena. “Se você tiver um filho assim eu vou deserdar ele.” Ele fala o nome do filme quando descobrem como o menino volta para casa. “Foi como se eu beijasse meu irmão.”
- Uma das partes mais cômicas para mim é a cena em que o atendente (do passado) compara o colete do protagonista com um colete salva vidas. No passado, na lanchonete, um dos funcionários, falava que seria alguém na vida. Por ser negro, outro funcionário diz que seria impossível um prefeito negro. Ironicamente, o funcionário se torna prefeito <3;

Perguntas:

- Onde se acha plutônio?
- No filme, foram precisos 150km/h, mas teoricamente seria necessário maior velocidade para quebrar a barreira temporal. Por que a velocidade conseguiria quebrar a barreira? Como?
- Por que usam radiação para poder ser consumida pelo carro ao em vez de energia comum ou gasolina?
- O que é o capacitor de fluxo? Como ele torna a viagem temporal possível?
- Como o som arremessou ele?
- Como é que seria possível uma viagem no tempo naquela época e com a tecnologia que existia?
- Como cachorro sobreviveu à viagem?

- Por que ele usa o plutônio na máquina do tempo?
- Capacitor de fluxo?
- O que é plutônio?
- Como o doutor não morreu com a descarga elétrica?
- Porque quando Einstein volta na segunda vez o carro não está “gelado” como antes?
- Como que eram possível eles já terem aquele avanço tecnológico todo naquela época?
- Por que foram atirar no cientista?
- Como ocorre o processo para passar a energia do raio para o carro?
- Atualmente, existem pesquisas que comprovem uma possível viagem no tempo?
- Porque quando ele viaja ele esfria?
- É possível manipular o plutônio em estado líquido? Como é encontrado o plutônio?
- Porque mudar a hora para 25 minutos a mais?
- Por que o raio pode substituir o plutônio?
- Na realidade do Martin o Chuck Berry nunca inventou o blues?
- Porque o som alto demais afasta as coisas para longe?
- Capacitor de fluxo?
- Plutônio pode mesmo ser usado como combustível convencional?
- Por que ele mandou o cachorro?
- Por que o volume muito alto de uma caixa de som pode afastar as coisas que estão próximas a ele?
- No filme, o carro deixou um rastro de fogo no chão e depois, na volta ele estava congelado, por quê?
- Por que o plutônio é usado para a ida e volta no tempo?
- Como o doutor não morre ao levar o choque?
- A outra versão do protagonista volta no tempo novamente, isso ocorrerá pra sempre?
- Por que o carro quando mudava de época congela?

No segundo encontro, assim como todos os outros, a disposição dos assentos ficou a critério dos alunos, estes, por sua vez, optaram por organizar-se num círculo. Observou-se que haviam algumas questões parecidas, além de questões que não tinham uma relação direta com a Teoria da Relatividade. Para facilitar a pesquisa, as questões/comentários foram divididas em categorias. Segue abaixo os comentários e

questões organizados, nas quatro categorias elencadas pelo grupo. Observa-se que a princípio não foi feita a separação entre Relatividade Especial e Geral. Esta divisão somente ocorrerá quando os estudantes forem capazes de perceber as características das duas teorias.

Relatividade	<ul style="list-style-type: none"> • Provavelmente o músico que McFly toca no passado só existe no futuro porque ele voltou no tempo, a mostrar e o compositor “oficial” se inspirou ou plagiou seu número. Ou seja, ela só existe no futuro porque existia no futuro e McFly tocou-a no passado. Nessa teoria, o tempo não é linear, mas, coexiste; • Linha do tempo: <ol style="list-style-type: none"> 1 (padrão onde existem os irmãos dele); 2 (Nova sem os irmãos); 3 (Mudança Martin existe no passado); 4 (Futuro mudado); Linha atemporal afetando a linha normal (2,3,1,4); • Não existem cursos temporais fechadas; • A viagem no tempo é algo muito complicado, pois qualquer alteração do passado pode mudar tudo no presente. A utilização da energia do plutônio é bem criativa e nos faz pensar de como podemos utilizar diversos recursos disponíveis; • Tudo o que você muda no passado pode ter consequências muito sérias no futuro! “Se eu souber demais sobre meu futuro, posso comprometer minha existência”; 	<ul style="list-style-type: none"> • No filme, foram precisos 150 km/h, mas teoricamente seria necessário maior velocidade para quebrar a barreira temporal. Por que a velocidade conseguiria quebrar a barreira? Como? • Como é que seria possível uma viagem no tempo naquela época é com a tecnologia que existia? • Atualmente, existem pesquisas que comprovem uma possível viagem no tempo? • Porque quando ele viaja ele esfria? • Como o doutor não morre ao levar o choque? • A outra versão do protagonista volta no tempo novamente, isso ocorrerá pra sempre? • Por que o carro quando mudava de época congela?
Outras áreas da Física	<ul style="list-style-type: none"> • Usaram aço inoxidável como material; 	<ul style="list-style-type: none"> • O que é e onde se encontra plutônio? • Por que usam radiação para poder ser consumida pelo carro ao em vez de energia comum ou gasolina? • O que é o capacitor de fluxo? Como ele torna a viagem temporal possível?

Representatividade	<ul style="list-style-type: none"> • Eu queria bater a cabeça e ter uma ideia genial; • Uma das partes mais cômicas para mim é a cena em que o atendente (do passado) compara o colete do protagonista com um colete salva vidas. No passado, na lanchonete, um dos funcionários, falava que seria alguém na vida. Por ser negro, outro funcionário diz que seria impossível um prefeito negro. Ironicamente, o funcionário se torna prefeito <3; 	<ul style="list-style-type: none"> • Na realidade do Martin o Chuck Berry nunca inventou o blues?
Ética	Por que ele mandou o cachorro?	O cachorro testou o equipamento;

Tabela 5: Quadro resumo das questões divididas nas categorias

Durante a categorização das questões, os próprios estudantes puderam responder algumas delas e decidiram eliminar alguns comentários, como foi o caso das questões que envolviam conceitos de ondas. Estudantes da segunda série explicaram conceitualmente o que são ondas mecânicas e como elas podem se propagar pelo ar, também responderam à questão de como o Dr. Brown pode prever a chegada do raio também foi resolvida pelos alunos da segunda série.

Houve ainda, uma discussão sobre a natureza da ficção, na explicação de como o Dr. Brown não morre ao receber a descarga elétrica do raio. Ainda houve a divisão da turma em cinco grupos de pesquisa, de acordo com o interesse individual, cada um dos grupos escolheu uma categoria das quatro elencadas, sendo que dois grupos ficaram responsáveis pelo tema Relatividade.

Foi criada uma pasta virtual com o material de pesquisa sugerido para cada tema de pesquisa. Entretanto, os estudantes tinham liberdade de escolher a fonte de pesquisa, desde que citassem o site ou artigo. A atividade de casa sugerida consistia na leitura e fichamento do capítulo dois do livro *Uma Breve História do Tempo* e a leitura do texto do tema do grupo.

O terceiro encontro teve maior enfoque nos conceitos da Teoria da Relatividade e foi possível debater algumas das questões colocadas nesta categoria. Além disso, foi possível classificar as questões e Relatividade em Especial ou Geral. Neste encontro a discussão girou em torno dos conceitos abordados no capítulo dois do

livro *Uma Breve História Sobre o Tempo* que trata dos conceitos de espaço e tempo e do contexto histórico do desenvolvimento da teoria.

Neste encontro houve o debate sobre os conceitos que fazem parte da Relatividade Especial e Geral. Os estudantes mostraram muito interesse na questão do espaço quadridimensional. As atividades foram encerradas com a construção de um mapa mental sobre os assuntos abordados, e a tarefa de casa consistiu em assistir a série *Star Trek* no fim de semana a fim de produzir uma resenha sobre algum episódio. Além disso, seria possível apresentar dúvidas/impressões no grupo virtual.

O grupo virtual foi criado dias antes de começar as atividades, para facilitar a comunicação e organizar as tarefas. Observou-se que, possivelmente por estarem num espaço fora da sala de aula, os estudantes interagiam de maneira mais informal, chegaram a tirar dúvidas sobre a série, mas a maior parte do tempo os diálogos giram em torno de assuntos diversos. Contudo, eles não foram orientados a conversar somente sobre as atividades, pois fazia parte do propósito do trabalho criar um ambiente que se opusesse a sala de aula tradicional. Então, desde que se mantivesse o respeito entre os colegas, eles poderiam conversar da maneira que eles julgassem conveniente. Dessa forma, observou-se que ao fim das atividades, mesmo com a divisão em pequenos grupos, a impressão era de que todos eles formaram um grande grupo.

No quarto encontro, os estudantes já eram capazes de diferenciar Relatividade Geral e Restrita. Após assistir a série *Star Trek* foi possível analisar o filme traçando um paralelo com a série perpassando pelos temas específicos pesquisados pelos estudantes. A série aborda alguns conceitos apresentados no filme de forma mais complexa e mais próxima do que se considera correto do ponto de vista científico. Além disso, os estudantes puderam contribuir com suas impressões a partir dos pontos de vista das pesquisas específicas que fizeram acerca das questões que tratavam dos temas representatividade e ética.

As questões sobre representatividade tratavam principalmente de questões relacionadas ao estereótipo de cientista. É notável que o personagem do Dr. Brown é uma materialização da figura de cientista construída pelo imaginário de pessoas que consomem este tipo de conteúdo: o idoso de jaleco, com cabelos bagunçados que tem ideias geniais, porque já nasceu com uma inteligência acima da média. Durante o debate, os estudantes fizeram muitas comparações da imagem de cientista apresentada no filme e da imagem de cientista apresentada na série. Observou-se que a série apresentou imagens diversas de cientistas, o que auxilia na desmistificação do

estereótipo. Já as questões que tratavam de ética, contrariando o planejamento, tratavam da exploração animal pela ciência. Ao final do debate, os grupos foram rearranjados, para que ao menos um integrante de cada grupo tivesse um olhar específico sobre o tema. No quinto encontro, os grupos apresentaram os seminários, que trataram das principais questões discutidas; foram cinco apresentações, com tempo de trinta minutos de duração, em média. Segue a ordem da apresentação:

A primeira apresentação tratou do tema Relatividade Restrita. O grupo apresentou um breve histórico do desenvolvimento da teoria e citou os postulados. Entretanto, a apresentação se ateve na explicação do paradoxo do avô. Os estudantes se preocuparam em mostrar as inconsistências da viagem ao passado de Marty, por violar a princípio da causalidade. Nas palavras deles: “O Marty não poderia voltar e interferir no passado de seu pai, porque na Relatividade, acontecimentos que interferem um no outro no passado não podem existir.” Mesmo não utilizando o termo “causalidade” a fala do jovem mostra certo entendimento da teoria. Um fato curioso apresentado foi a questão da velocidade do Delorean, este deveria atingir a velocidade de 88 milhas por hora, o equivalente a 141 km/h. Esses valores representam uma escolha de roteiro, que, segundo o grupo, se deu pelo fato de o numeral 8 ser escrito na horizontal representa infinito, e, como a energia necessária para alcançar a velocidade da luz seria quase infinita, os produtores decidiram por este valor.

A segunda apresentação foi sobre Relatividade Geral. O segundo grupo apresentou as diferenças entre Relatividade Geral e Especial. Mostraram como uma massa pode deformar o espaço-tempo. Os estudantes trataram principalmente do conceito de velocidade de dobra presente na série *Star Trek*. Além disso, focaram no funcionamento do motor da nave, que se transportava através de uma rede de micélios (no capítulo 7 será transcrita a explicação dada por um dos estudantes), como se atravessassem um buraco de minhoca, fazendo com que pudessem se deslocar por grandes distâncias em pouco tempo.

O terceiro grupo tratou dos Conceitos Diversos, o que incluía a questão do que seria plutônio, por exemplo. Outra questão do congelamento do Delorean quando viaja no tempo, apresentaram que, pode ser uma explicação ligada ao buraco de minhoca, mesmo que isso não fique explícito no filme. Também trataram das questões que envolviam os conceitos de ondas, que foi o principal tema tratado.

O quarto grupo fez uma análise sobre o estereótipo do cientista maluco, a partir da figura do Dr. Brown, analisando suas características físicas e seu comportamento. O grupo apresentou um paralelo entre a imagem do Dr. Brown e a imagem da personagem principal da série Michael Buhman.

A quinta apresentação tratou de tema Ética. Primeiramente o grupo definiu a diferença entre os conceitos de Moral e Ética, pois tinham estudado os conceitos recentemente nas aulas de filosofia. Um fato curioso sobre este tema foi a perspectiva dos alunos, perante a exploração animal. A princípio, a proposta de se discutir a ética na ciência partiria da relação da teoria com o Projeto Manhattan. Entretanto, os estudantes direcionaram as discussões sobre o tema, para a exploração animal, questão apresentada na série. Mesmo os jovens assistindo a série na metade das atividades, essa preocupação já aparecia nas questões do primeiro encontro.

No sexto e último encontro foi exibido o filme *De volta para o futuro 2* e o debate decorreu em torno de questões relacionadas à construção da ciência e os limites das teorias científicas. Os estudantes abordaram questões sobre como a ficção utiliza as teorias científicas para projetar o futuro. No caso do filme apresentado, observamos que as expectativas que se tinha para o futuro (2015) em 1989 não se concretizaram. O filme apresenta carros voadores, hologramas e o famoso *skate* que flutua. Os estudantes debateram sobre o fato de os filmes e séries, produzidos atualmente, apresentarem uma ciência bem mais próxima do que é aceito pela comunidade científica, alguns até contaram com a consultoria de físicos, entre outros cientistas.

Ao final do debate, eles produziram um mapa mental, sintetizando o que mais lhes chamaram atenção ao longo da atividade. Além disso, receberam um certificado produzido pela direção do colégio. A certificação não estava dentro do planejamento do minicurso, porém, a direção observou o quanto a rotina do colégio foi alterada pelas atividades e o quanto os estudantes falavam com empolgação dos encontros. A direção, então, decidiu oferecer o certificado (Figura 8) como reconhecimento pelo empenho e dedicação dos estudantes ao longo dos encontros.

Além dos mapas mentais, os estudantes também fizeram uma avaliação da atividade registrada em uma plataforma online. Esta atividade será melhor detalhada no próximo capítulo.



Figura 8: Certificado de Participação do Mini Curso

Devido à dedicação dos estudantes, além do certificado, foi ofertada aos estudantes a possibilidade de substituir a nota da avaliação bimestral pelas avaliações desenvolvidas na aplicação do produto educacional. A avaliação bimestral vale quatro pontos, e a substituição seria proporcional à quantidade de tarefas entregues ao longo do curso. Então, se o estudante entregou 75% das atividades do minicurso, poderia obter 75% da nota da avaliação bimestral. Salienta-se que esta possibilidade surgiu no decorrer do desenvolvimento das atividades, a partir do empenho e dedicação dos estudantes. Desta forma, a motivação não foi pela nota em si. O uso da avaliação do projeto como nota é que foi motivado pelo empenho e envolvimento da turma no projeto.

7. RESULTADOS E ANÁLISES

As análises apresentadas a seguir tratam das resenhas, seminários e mapas mentais produzidos pelos estudantes ao longo das atividades. As identidades dos estudantes foram preservadas e os mapas serão identificados por iniciais. Como foram realizadas muitas atividades, serão apresentados apenas alguns trabalhos que sintetizam a essência do produto educacional. Inicialmente serão apresentados trechos de algumas resenhas da série *Star Trek*.

Trecho da resenha de aluno da 1ª série do EM – GS:

Star Trek é uma série de 2018 criada por Bryan Fuller e Alex Kurtzman. Por ser recente, essa série possui apenas a primeira temporada com quinze episódios que contém aproximadamente 46 minutos cada. A protagonista principal dessa série é Michael Burnham, interpretada por Sonequa Martin-Green. O que acabou chamando bastante atenção por ter como principal a imagem de uma mulher negra. Michael foi educada por Sarek logo após a morte de seus pais biológicos. Eles possuem uma ligação muito grande. Sarek passou seus ensinamentos a Michael e, mesmo rodeada por Vulcanos, Michael sempre preservou sua humanidade. A relação que Michael tem com Sarek é incrível. [...] O episódio dessa série que mais me chamou atenção foi o Ep.6 "Lete" quando Sarek sofreu um acidente e Michael sentiu sua dor. Ela investiga e tenta salva-lo mesmo arriscando sua vida para isso. Michael possui uma conexão com Sarek, o que todos visavam ser impossível, pois uma humana e um Vulcano nunca tiveram uma conexão tão intensa. [...] Eu me interessei por esse episódio devido à ligação existente entre Sarek e Michael. É algo bonito de se ver e me emocionou muito. Aprendi com esse episódio que não importa o motivo, quando alguém está em perigo você deve ajudar, mesmo sabendo de algo que te impeça de fazer esse gesto. [...] No início dessa série eu estava confusa, pois ela parte do princípio do filme "Jornada nas Estrelas" que nunca havia assistido. A partir do episódio três é que as Guerras e as Invenções científicas da engenharia começam a fazer sentido, e que me familiarizei com os Vulcanos, Klingons e a USS Discovery. Quando começa a ação é que as coisas ficam interessantes. O tão esperado fim da Guerra que ninguém realmente queria acabar, o motor de esporos que leva a nave para outro universo, pessoas que já morreram no universo passado, mas estão vivas no novo universo, dentre outros. Eu indico essa série para quem é apaixonado por ficção científica porque o conteúdo é extraordinário. A direção, os efeitos e os atores tornam as coisas tão reais que eu às vezes pensava que o que estava vendo realmente existia. Essa série tem um final mal-acabado e acaba dando aquele gostinho de quero mais, mesmo não tendo gostado de alguns acontecimentos. [...] Essa série abriu meus olhos para um novo horizonte de ficções científicas, tanto filmes quanto séries. [...]

VIDA LONGA E PRÓSPERA!

Trecho da resenha de aluno da 1ª série do EM – ML:

[...] A série conta a história de Michael Burnham que acaba causando um conflito entre os humanos e os Klingons, onde ao decorrer da série eles tentam ganhar a guerra e conquistar a paz novamente. Entre as naves da Federação a Discovery tem uma particularidade, ela se teletransporta por meio de Esporos dando assim um benefício de guerra, pois eles podem atacar e logo depois sumir. Mas não é fácil fazer isso acontecer e eles enfrentam diversos problemas. Ao decorrer da série eles vão descobrindo diversas coisas e teorias.

Um episódio que me deixou bastante intrigada foi um que um prisioneiro que o capitão Gabriel deixa pra trás vai ate a nove por meio de um animal espacial e fica voltando 30 minutos várias vezes para descobrir o segredo da nave e matar o capitão Gabriel, porém quando ele volta no tempo o Stamets não volta com os outros e assim avisa todos e acaba com o plano. O que mais me impressionou foi como ele conseguiu capturar a energia de uma pedra de uma forma tão grande que voltava no tempo.

Apesar de ser um episódio interessante não é o meu favorito, o meu favorito é o que o Capitão Gabriel manda Michael, Ash e Saru para um planeta atrás de ajuda para derrotar os Klingons, porém esse planeta era habitado pelo próprio planeta e busca visitantes para habitá-lo. Mas não era qualquer planeta, ele era totalmente pacífico e o sonho de qualquer um que procura a paz e foi assim que ele conquistou Saru que queria sabotar a missão para ficar no planeta e finalmente encontrar sua paz. Eu não julgo Saru, pois ele passou uma vida de medo, pois sua espécie nasce assim e ele só queria por um momento viver em paz sem sentir medo de viver. [...]

Os trechos transcritos não sofreram alterações e nem correções gramaticais. Esta avaliação tinha o objetivo de treinar a habilidade de escrita, verificar se os estudantes seriam capazes de reconhecer os conceitos de TR, e/ou estabelecer conexões. Estas duas habilidades ficaram evidentes nos dois trechos acima transcritos, principalmente no trecho sublinhado, observa-se que o estudante consegue relacionar a viagem no tempo com quantidade de energia necessária. Mesmo não aparecendo termos técnicos, os estudantes já são capazes reconhecer algumas relações da TR.

Além deste tipo de avaliação, também foi requerido dos alunos a habilidade de exposição de ideias no formato de seminários. Neles, foi observado o desenvolvimento da comunicação a partir da concatenação de ideias formais (conceitos científicos) em paralelo com a ficcionalização. Muitos deles demonstram a capacidade de discernir o científico do ficcional com um entendimento de que escolhas estéticas não reduzem a qualidade da obra, muito pelo contrário, causam curiosidade e motiva as pesquisas. Abaixo transcrevo algumas das definições comunicadas por estudantes, sem alterar a forma e enfatizando o caráter dialógico no formato de intervenções e interlocuções da professora e dos colegas, demonstrando assim, a concretude dessa comunidade de investigação (LIPMAN, 1995):

M.V. - "Buraco de Minhoca"

"[...] que ele também tem o nome de ponte Einstein-Rosen, mas... Buraco de Minhoca, mesma coisa. É...então, por que buraco de minhoca? Ele nada mais é do que...agora como e que vou explicar?... ele é tipo uma...dobra?! no espaço-tempo que faz você percorrer...você não, ne, o que atravessa ele [professora pede pra que pegue uma folhinha, um colega pra que pegue uma caneta e ela pega] esse é o espaço-tempo [mostra a folha A4 estendida, e os alunos começam a manifestar a vontade de que ela explique com mais detalhes, dizendo que ela deve explicar porque está na função de uma professora] essa folhinha é o espaço-tempo, gente, é...digamos que...você, ou qualquer coisa, [alguém diz "uma formiga" e ela assente] queira atravessar deste ponto até esse [aponta para as extremidades da folha] é...um buraco de minhoca cana mais é que você fazer isso aqui [ela dobra a folha ao meio] e vim deste lado pra este [ela aponta para as extremidades da folha que estão mais próximas], ou seja, você percorre grandes espaços em pouquíssimo tempo. Ele é isso...uma dobra [alguém pergunta se é como no filme interestelar e ela afirma que sim, é um exemplo]. Gente, o buraco de minhoca não é a mesma coisa que um buraco negro, ne? Porque os buracos negros são provados que eles existem, e o buraco de minhoca é só uma teoria na verdade, ninguém sabe se ele realmente existe...é... a estrutura do buraco de minhoca é... basicamente essa, tipo... na entrada dele, na saída dele? Ah, essa! É isso aqui. É, o buraco de minhoca. Na ponta dele tem um buraco negro e na outra ponta tem o buraco branco, que são coisas diferentes; é... o que acontece dentro desse buraco de minhoca? Devido a essa viagem muito rápida, e de grandes distâncias, é...pode acontecer de você, ou percorrer muito espaço no caso, ou sei lá...fazer uma dobra no espaço tão grande que você pode viajar, assim, por exemplo para o passado. É, no caso, como essa dobra acontece, é meio que uma curva na trajetória da luz, porque em vez de ela andar em uma linha reta, ela faz uma curva [...]"

É... o que acontece neste buraco de minhoca? [...] atravessa esse buraco de minhoca ele é sujeito a... o zero absoluto...que é... 273 vírgula quinze graus célsius negativos...ou seja...muito frio!... Zero Kelvin. E aí...por isso que em De Volta para o Futuro, quando o Delorian... ele atravessa...ele viaja do presente para o futuro ele volta muito congelado, porque ele atravessa o buraco de minhoca, por isso que ele tá...todo friozinho, vocês podem perceber"

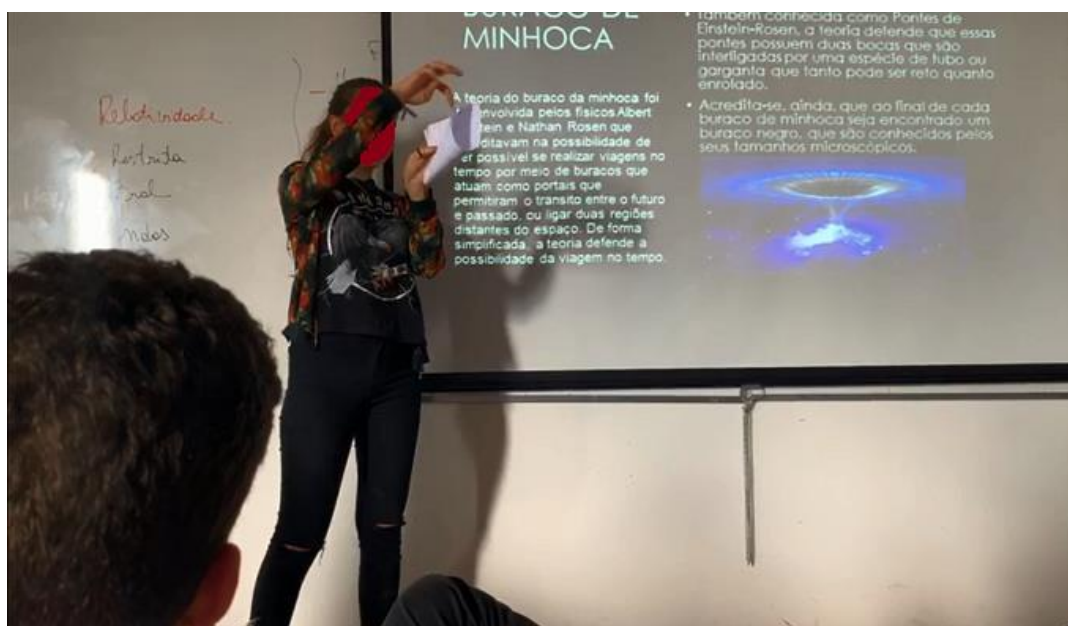


Figura 9: Apresentação do Seminário.

T. L - "relatividade geral"

"Tá. Aaaa relatividade geral, ela é... tipo generaliza a teoria da relatividade...oh, que novidade" (risos) [um colega intervém "Fala direito!", a professora pede que não atrapalhem e outros se manifestam] "Foi criada por... Albert Einstein. Novidade. Tipo...a relatividade restrita ela... não tinha...aceleração na...sua teoria. E quando Einstein... ele percebe que gravidade era uma aceleração, ele coloca isso numa fórmula e acaba criando a relatividade geral [M.V intervém dizendo que "na verdade ela não tem aceleração", mas percebeu que confundiu com a relatividade restrita] e... de acordo com a ... relatividade geral...grandes massas tipo o...o sol...podem criar...sabe...um campo... é isso mesmo? [professora: sim, é... ele deforma o espaço] ele deforma, de certa forma o espaço, acabando criando um... [professora: ele cria uma curva no espaço] como se fosse uma lona grandona no espaço e você colocasse uma bola"

A.S - "capacitor de fluxo"

"Tá..no filme De volta para o futuro... né? Tá. Tem muita coisa que eles falam que a gente realmente não entende do que eles estão falando. Eu acho que uma delas é, provavelmente, o capacitor de fluxo, que a gente escuta o tempo todo eles falando sobre isso...que que é o capacitor de fluxo? Nada mais é do que uma pilha ENORME, que suporta uma grande carga de energia, e que eles usam essa energia para poder ter essas viagens no tempo, tanto é que eles pegam energia do raio para poder carregar esse capacitor, para poder voltar pro futuro, né? Tá. Que que acontece? A gente sabe que a velocidade e a massa são grandezas, se não me engano, diretamente proporcionais: quanto maior a minha velocidade, maior será a minha massa e... quanto maior a massa... com mais energia eu tenho que compensar pra empurrar pra frente, né? Então, o capacitor de fluxo simboliza uma pilha gigante que tem que tar com uma energia infinita a ponto de alcançar a velocidade da luz. Tá, curiosidades sobre o capacitor de fluxo: ele é energizado tanto pelo reator nuclear criado à base de plutônio, quanto pelo raio. No... no...no início do filme, eles falam que... ele é carregado por plutônio, não sei se vocês lembram, quem viu, que ele pega um plutônio ilegal, [um colega assente: "éeee!"] tanto é que vem um pessoal com umas armas, tenta matar eles, e tudo mais. E depois, que é próximo ao final do filme, eles recarregam esse...esse capacitor com um raio, que cai no relógio. Tá, a energia passa pelas hastes até o capacitor que deve converte-la abrindo um buraco de minhoca é... ao atingir 88 milhas por hora, ou seja, isto aqui, tá bom? [aponta no slide 141,622 quilômetros por hora]. Mas o que acontece aqui? O que está errado? É que a gente sabe que ainda não é possível, ou é impossível alcançar a velocidade da luz. 88 milhas não é um número válido, tá, eles só escolheram, os diretores do filme, porque 88 parece o número do infinito, então seria um número infinitamente grande. Essa energia, que tá no carro... no capacitor, no caso, ela cria um escudo de proteção em torno do carro que é feito de aço inoxidável para não ficar... corroído durante a viagem no tempo "

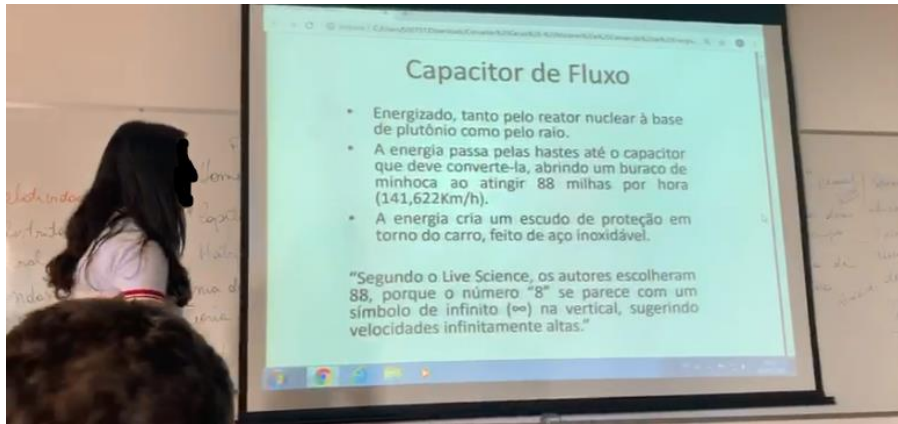


Figura 10: Apresentação do Seminário.

A.S - "Motor de esporos"

"Como funciona o motor... o motor de esporos? O que acontece? No universo de Star Trek, eles falam de uma rede micelial, que esse espaço-tempo seria uma enorme rede de micélios, que seriam essas raízes do fungo, e que...nessa... nesses micélios viajariam a...os esporos. Que através dos esporos que eles viajariam nesse... nessa rede micelial. E é por isso que eles vão... pela panspermia, se não me engano... É isso aí ó [aponta para o slide] o motor...o motor utiliza esporos do fungo tal [Prototaxites Stellaviatari] de uma rede de micélios. Os esporos não são só as progenitoras da panspermia, mas também são os elementos básicos da energia do universo. Um motor baseado nestes esporos permite fazer saltos dentro a rede de micélios que cobrem todo o universo, que permite à nave, hipoteticamente, ir a qualquer ponto do espaço em questão de segundos, ou seja, tá, panspermia é a teoria...eu acho que é a teoria, né, eu não sei... de que o ar é completo de micróbios, alguma coisa assim, de microorganismos, e que... um dos... e que os esporos seriam esses pequenos pontinhos na rede micelial, que através dos esporos a gente viajaria por todo o universo com mais facilidade. É isso"

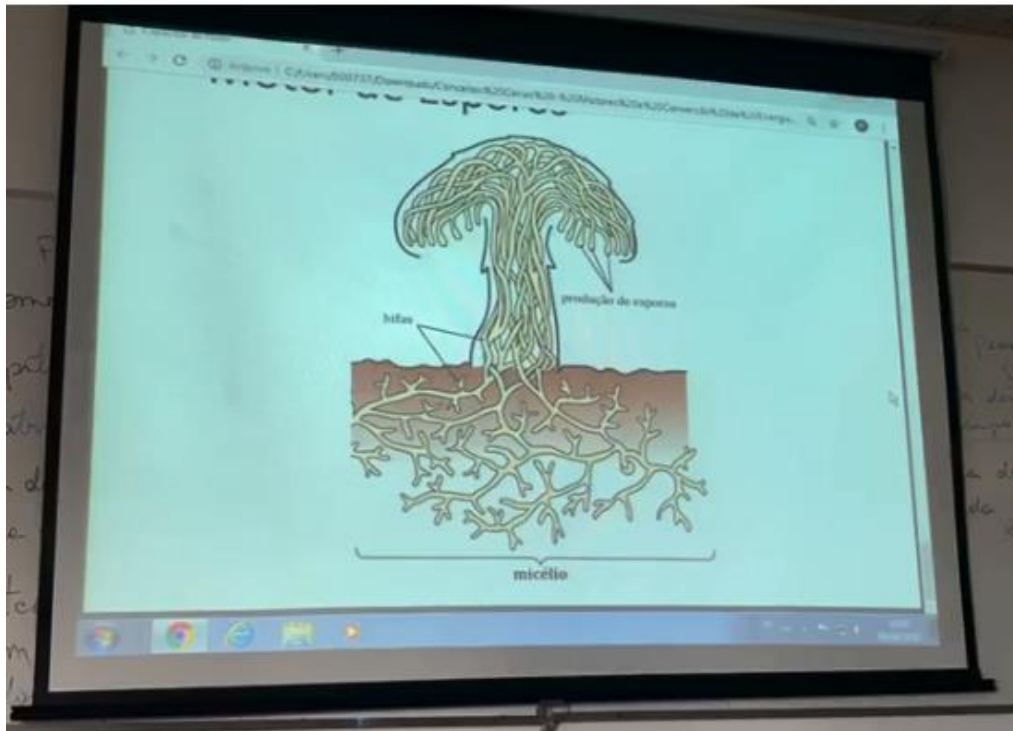


Figura 11: Apresentação do Seminário.

A.S - "motor de dobra"

"[...]o motor de dobra é da série Star Trek, tá? O que acontece? o Einstein dizia que o tempo e espaço eram como um manto, sendo flexível, podendo até ser dobrado. O que acontece? Exatamente isso: Einstein via o espaço-tempo como um manto bem grande, e a gente teria essa capacidade de dobrar esse manto. A gente dobra esse manto pra gente ter essa viagem que é o buraco, no caso. Tá. Para se mover por meio de um motor de dobra, seria necessário dobrar o espaço-tempo, ou seja, a gente teria... [ela tosse, pedem que deem água] enfim, a gente teria que dobrar esse espaço-tempo pra poder chegar noutro universo e tudo o mais [deram água à estudante] tá. Essa estrutura tem que ser uma estrutura que possibilitasse uma bolha de dobra, que contrairia e expandiria o universo em sua volta, essa bolha seria capaz de movimentar o espaço em volta da nave como se estivesse atravessando algo muito estreito, expandindo o espaço atrás, que movimentaria a nave em velocidades altas. O que acontece? Como a M.V. falou, é... a gente tem que, é... expandir o universo, hm-hm... um manto atrás da gente, e contrair na nossa frente, é como se a gente tivesse nadando!!? Quando a gente empurra a água pra trás, mais ou menos isso... calma aí professora...ainda na série a gente tem o motor de esporos... ai meu deus é tanta coisa! eu vou mostrar com imagens, tá ok? [...]"É como se estivesse dobrando o espaço-tempo em cima deles, entendeu? Tá bom, ó: o espaço-tempo na frente está sendo dobrado, quando ele está sendo dobrado é como se ele tivesse ou...quer dizer, contraído, como se tivesse é... sendo comprimido , empurrado pra baixo, entendeu? E, ao mesmo tempo que ele expande o de trás, ele está se abrindo. É como se você tivesse se cobrindo com... com uma coberta. Nisso você tem a sua viagem para um outro universo"

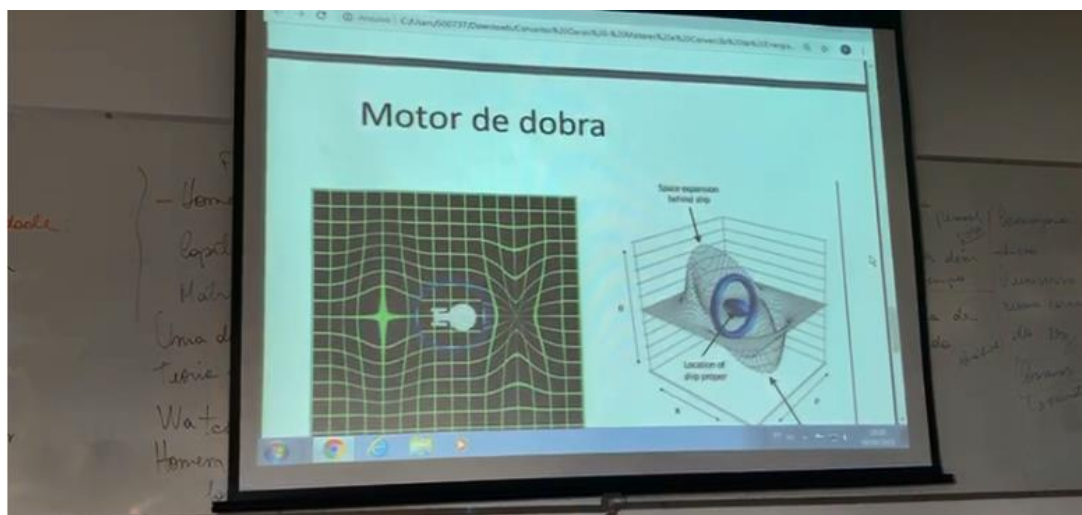


Figura 12: Apresentação do Seminário.

As transcrições acima mostram como os estudantes, não somente se apropriaram dos conceitos físicos discutidos ao longo das atividades, como apresentaram aplicações destes, fazendo comparações e análises das situações apresentadas nas obras. A interação dos estudantes durante as apresentações dos seminários indicam uma possibilidade de construção de uma comunidade de investigação no ambiente escolar.

Dentre as diversas atividades avaliativas desenvolvidas por eles, também se destacam os mapas, por retratarem de maneira expressiva o desenvolvimento de suas competências no decorrer da aplicação do produto educacional. Saliente-se que cada mapa é um retrato do desenvolvimento cognitivo de cada estudante. Nesse sentido, cada mapa é uma representação do que cada estudante conseguiu apreender da metodologia de produção de um mapa mental. Cada mapa reflete um tipo de processo cognitivo.

RELATIVIDADE

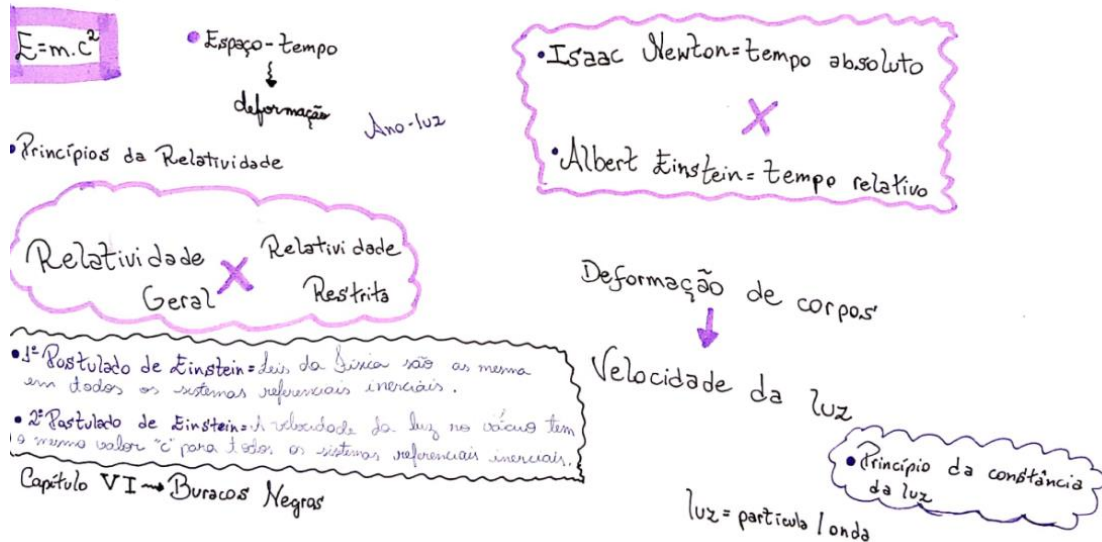


Figura 13: Mapa mental – M.V

O mapa apresentado acima foi produzido por um estudante do primeiro ano, nele é possível observar alguns conceitos da TR diversos. Possivelmente, o estudante ainda não conseguiu, a esta altura, conectar algumas ideias, mas mostra uma habilidade de reconhecer e relacionar a nova teoria com seus conhecimentos, como se observa no quadro que compara a mecânica clássica a relativística. Este mapa foi apresentado no terceiro encontro, no fechamento do terceiro ciclo de atividades.

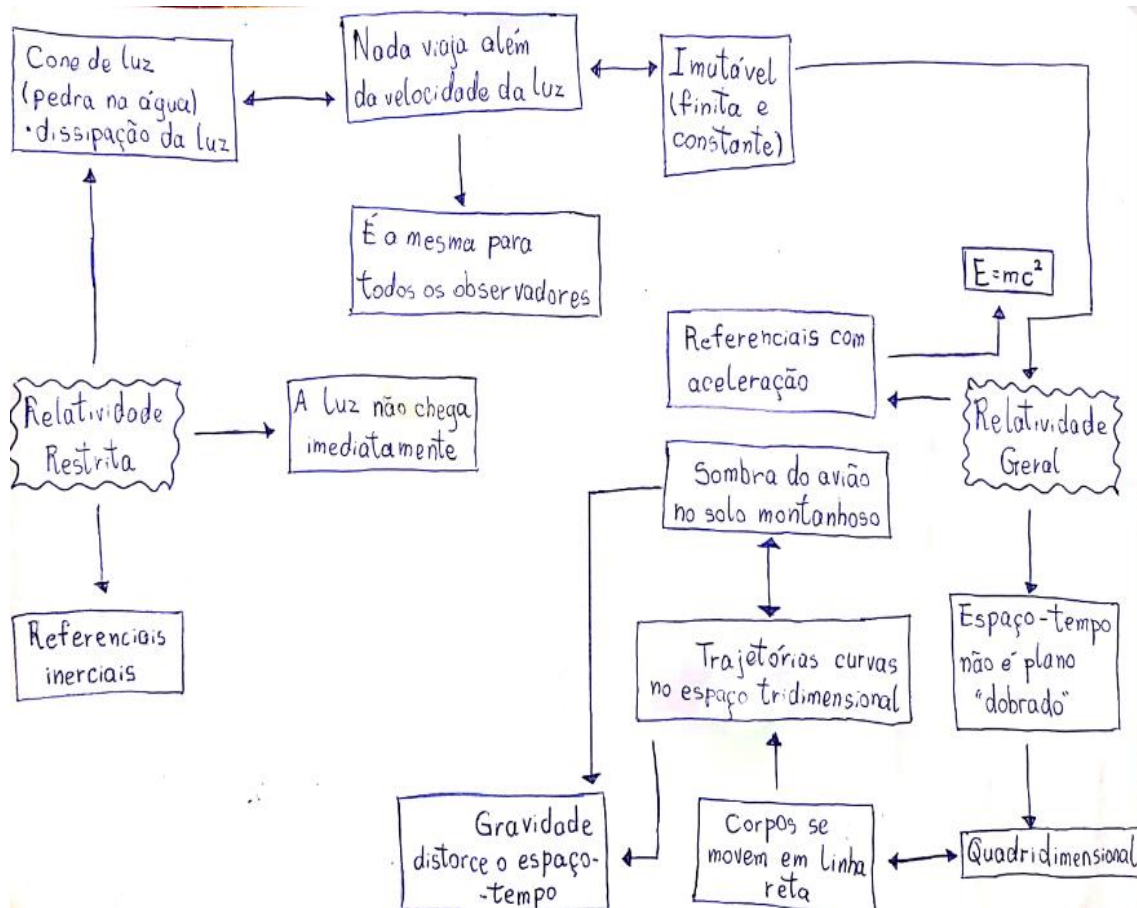


Figura 14: Mapa Mental – I. S.

Os estudantes produziram mapas em dois momentos, um ao final do primeiro ciclo e outro ao completar a atividade, este é um exemplo de mapa produzido no primeiro momento. Na figura 14 observamos que o estudante apresenta muitos conceitos de TRE. Apesar de não haver conectivos que expliquem a relação entre os conceitos dentro das caixas de texto, observa-se que o estudante busca mostrar uma linha de raciocínio que evidencia uma evolução temporal dos conceitos da teoria. Aparentemente, o mapa apresenta uma síntese da leitura do capítulo dois do livro *Uma Breve História sobre o Tempo* (HAWKING, 2015).

É possível que o estudante tenha, com esta atividade, se familiarizado com diversas palavras/conceitos da TRE. Além disso, observa-se que acaba desenvolvendo a competência necessária para sintetizar ideias, o que mostra o aprimoramento das habilidades do pensamento de ordem superior (LIPMAN, 2010).

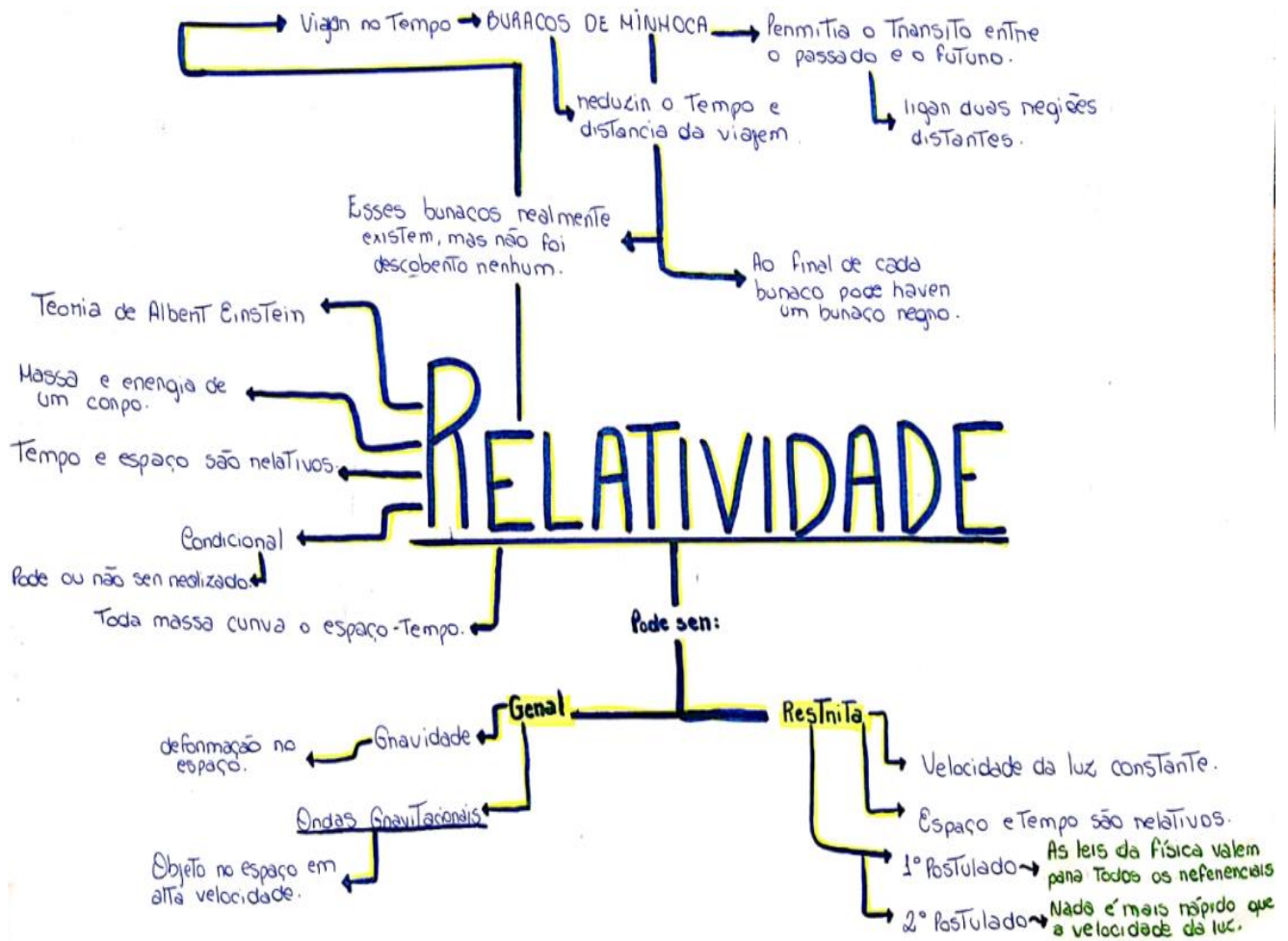


Figura 15: Mapa Mental S.E.

O mapa apresentado na figura 15 foi produzido ao final das atividades. É possível verificar, comparando com os produzidos no início das atividades, que os estudantes já demonstram habilidade em conectar uma quantidade maior de conceitos, além de conseguirem organizar melhor suas ideias. Observa-se que neste mapa já começam a aparecer os conectivos entre os conceitos, o que mostra o desenvolvimento da capacidade de entendimento das relações entre os conceitos.

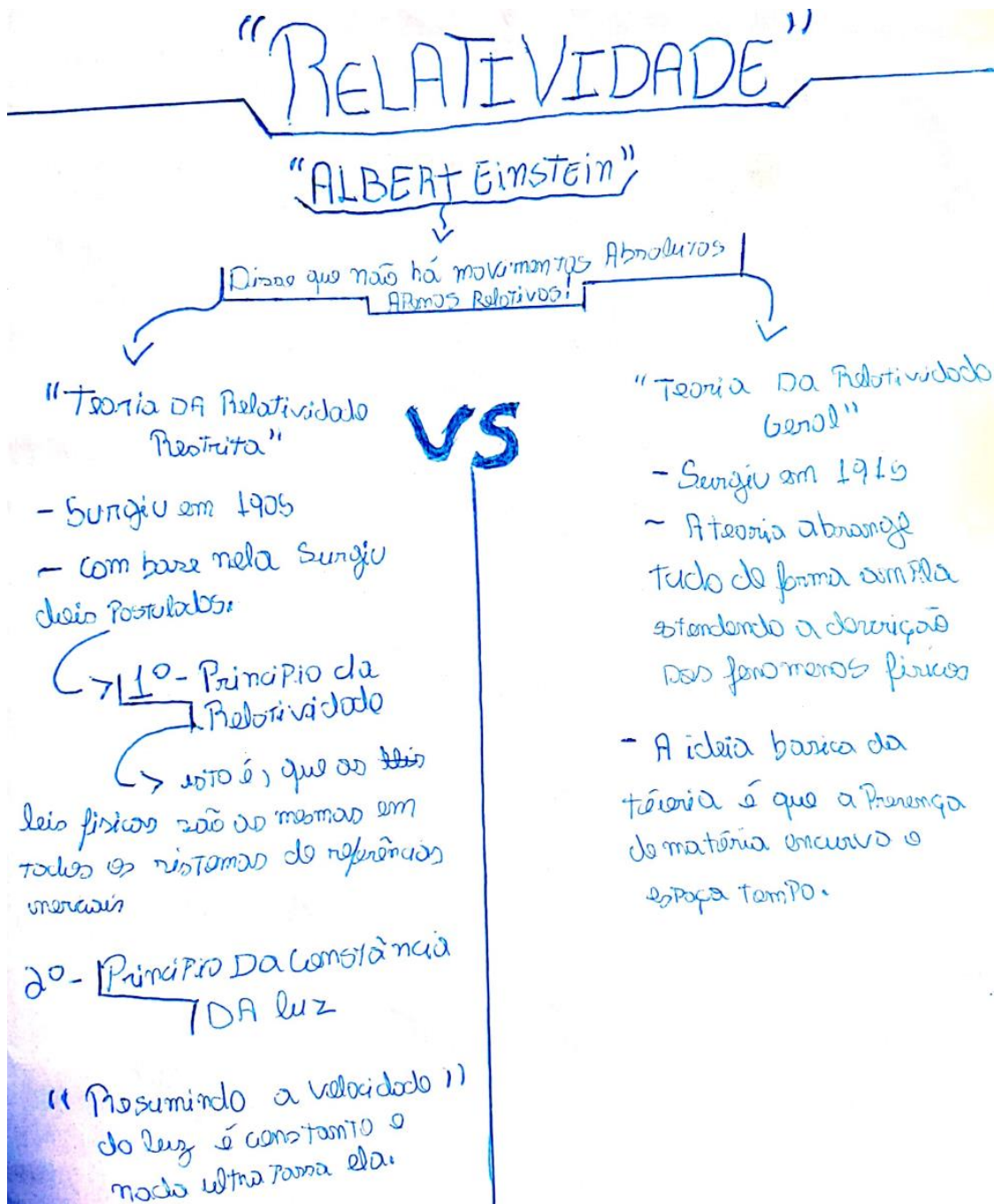


Figura 16: Mapa Mental H.T.1

O mapa apresentado acima mostra como o estudante relaciona TRE e a TRG traçando um paralelo entre as duas, e comparando as principais características entre as duas. Este mapa também foi produzido na primeira etapa da aplicação do produto educacional. A próxima figura mostra a segunda versão do mapa produzido pelo mesmo estudante ao final do curso.

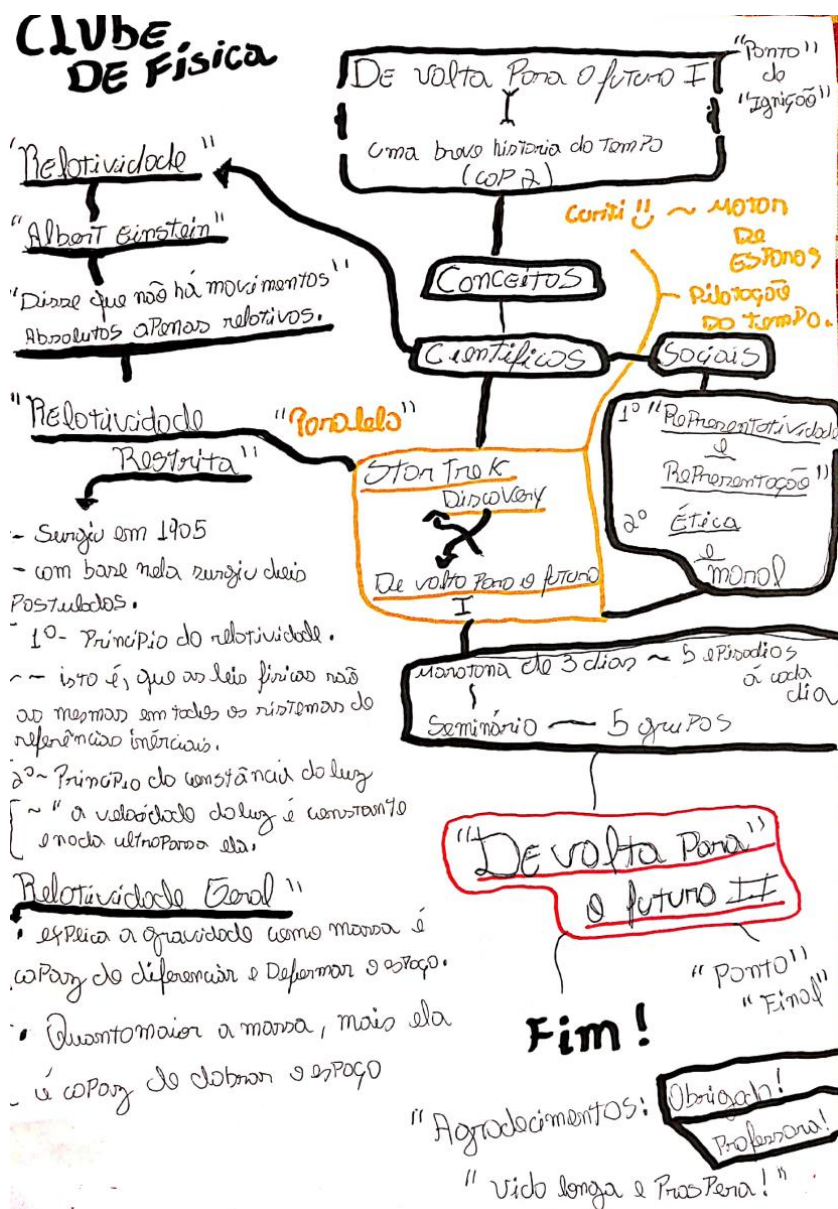


Figura 17: Mapa Mental H.T. 2

O mapa apresentado na figura 17 retrata uma segunda versão do mapa da figura 16. Podemos observar que o estudante ampliou seu vocabulário significativamente. Ao compararmos os dois mapas, observamos que além de constar mais conceitos, aparentemente o estudante se sente mais à vontade para se expressar. Ele agradece, usa bordões da série. No segundo mapa, ele enfatiza a identidade do Clube no alto da folha, o que mostra uma possível sensação de pertencimento, que não estava explícita no primeiro mapa.



Figura 18: Mapa Mental - A.L.

O mapa apresentado acima foi produzido por um estudante do primeiro ano do EM. Verifica-se que a estudante conseguiu conectar alguns conceitos, além disso, observa-se um aprimoramento, pois os comentários nas caixas partem de uma segunda reflexão sobre os conceitos, o que indica uma autocrítica, pois os estudantes estavam cientes que as avaliações seriam qualitativas e os mapas refletem o processo de aprendizagem de cada um.

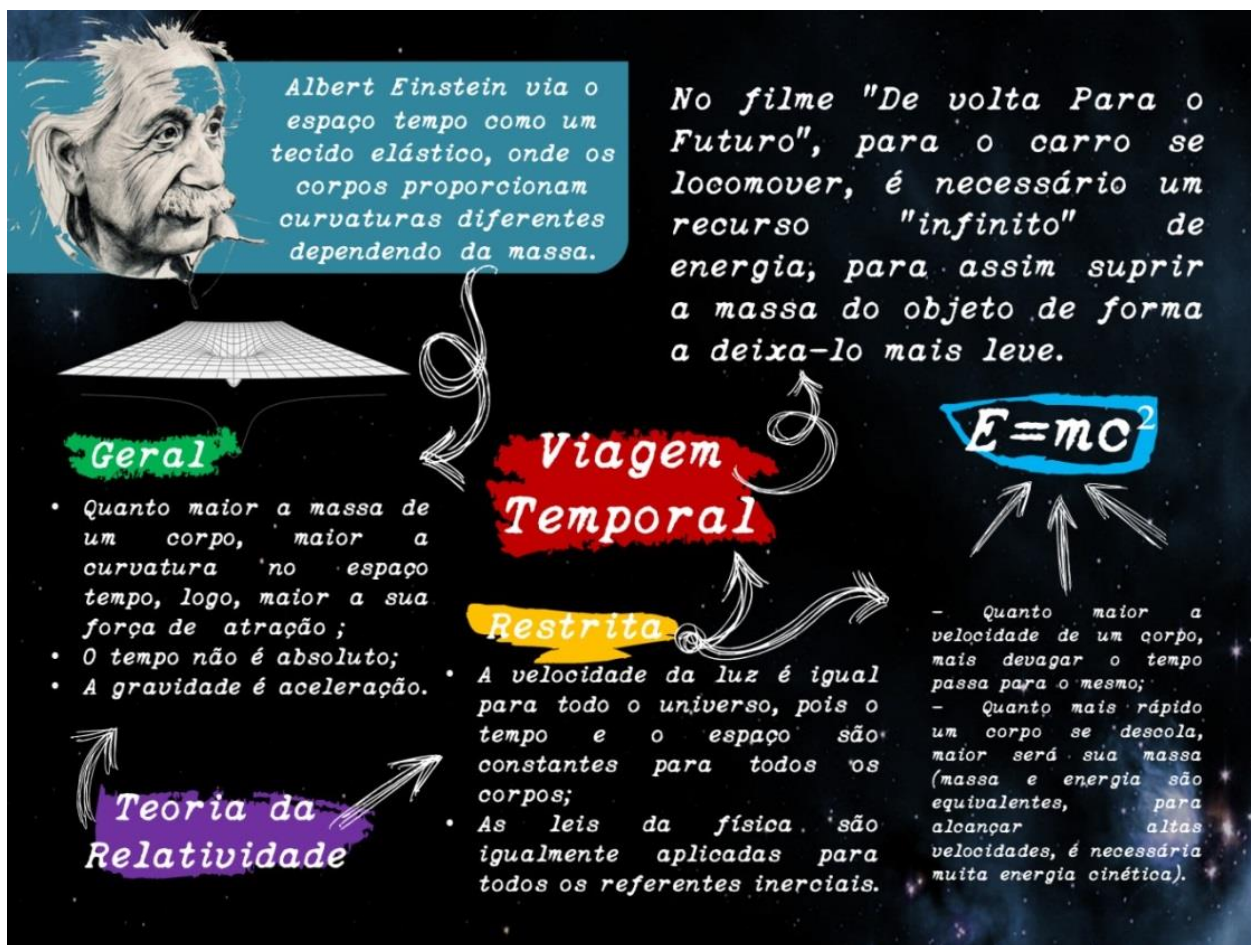


Figura 19: Mapa mental - A. S.

O mapa apresentado acima foi produzido por uma estudante do primeiro ano. A estudante preferiu produzir o mapa em formato digital, durante uma atividade do curso de informática. Este fato evidencia o perfil dos estudantes que se inscreveram no clube: são estudantes que se interessam por temas de ciências, e acabam levando esse interesse para outras áreas vida, além da escola. Isso mostra a importância de se utilizar a FC como recurso didático nas aulas de Física (PIASSI, 2009).

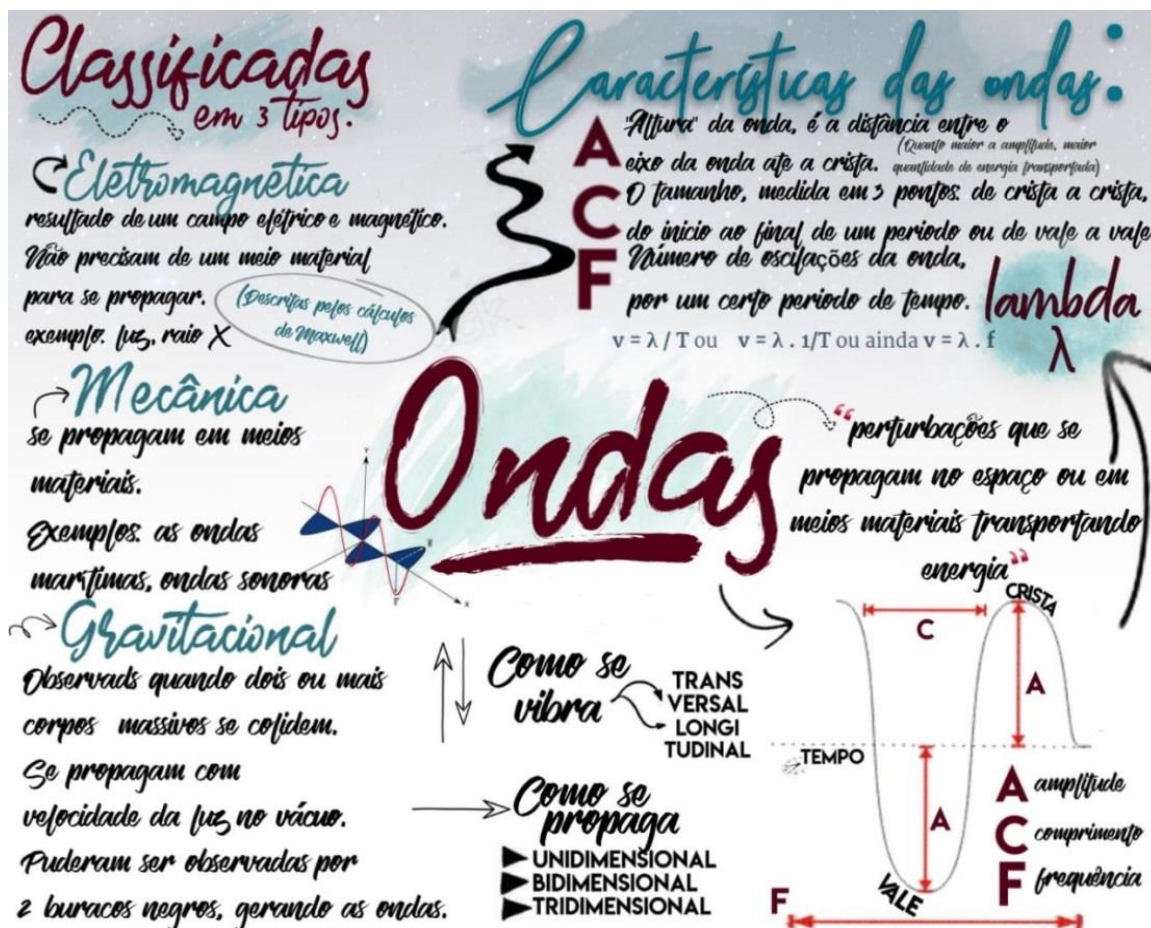


Figura 20: Mapa mental - M.F.

O mapa apresentado na figura 20 foi produzido por um estudante do primeiro ano do EM. O estudante mostrou ao longo do ano certa dificuldade com a disciplina apresentada em sala, bem como apresentou dificuldade em realizar as atividades desenvolvidas no minicurso. Entretanto, solicitou a permissão para produzir um mapa do assunto que mais lhe chamou atenção, e ao invés do tema central do produto, o estudante apresentou o único mapa que tratou somente de Ondas. Este tema foi debatido de forma superficial durante as atividades, porém acabou despertando o interesse deste estudante que realizou uma pesquisa individual. O conteúdo em questão não faz parte do currículo do primeiro ano do EM, contudo, as atividades desenvolvidas no minicurso motivaram a estudante a pesquisar e desenvolveu a autonomia necessária para realizar a pesquisa por conta própria. Outro fato interessante é a listagem dos tipos de ondas. O estudante já apresenta a gravitação como um dos tipos de ondas, aparentemente ele assimilou a ideia que a gravitação também se propaga em ondas.

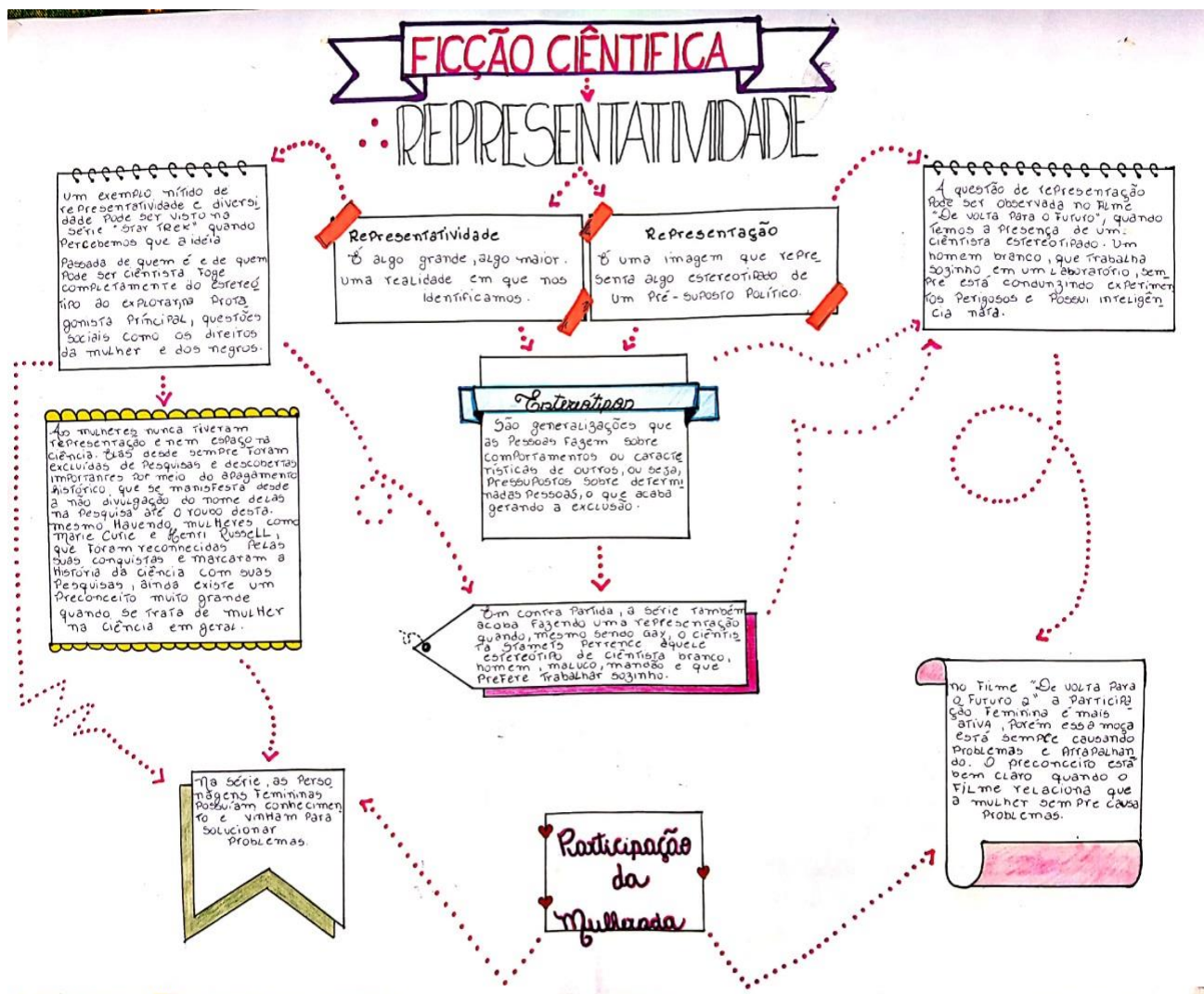


Figura 21: Mapa Mental - G. S.

A figura 21, assim como a figura 20, retrata a síntese de um estudante que se interessou muito mais por um dos temas específicos. Neste caso, a estudante se interessou pelo tema Representatividade e decidiu aprofundar sua pesquisa neste tema. Este é um efeito de sequências de ensino abertas (BAPTISTA, 2010), pois possibilita ao estudante se interessar por diversos temas além do que é exigido pelo currículo vigente.

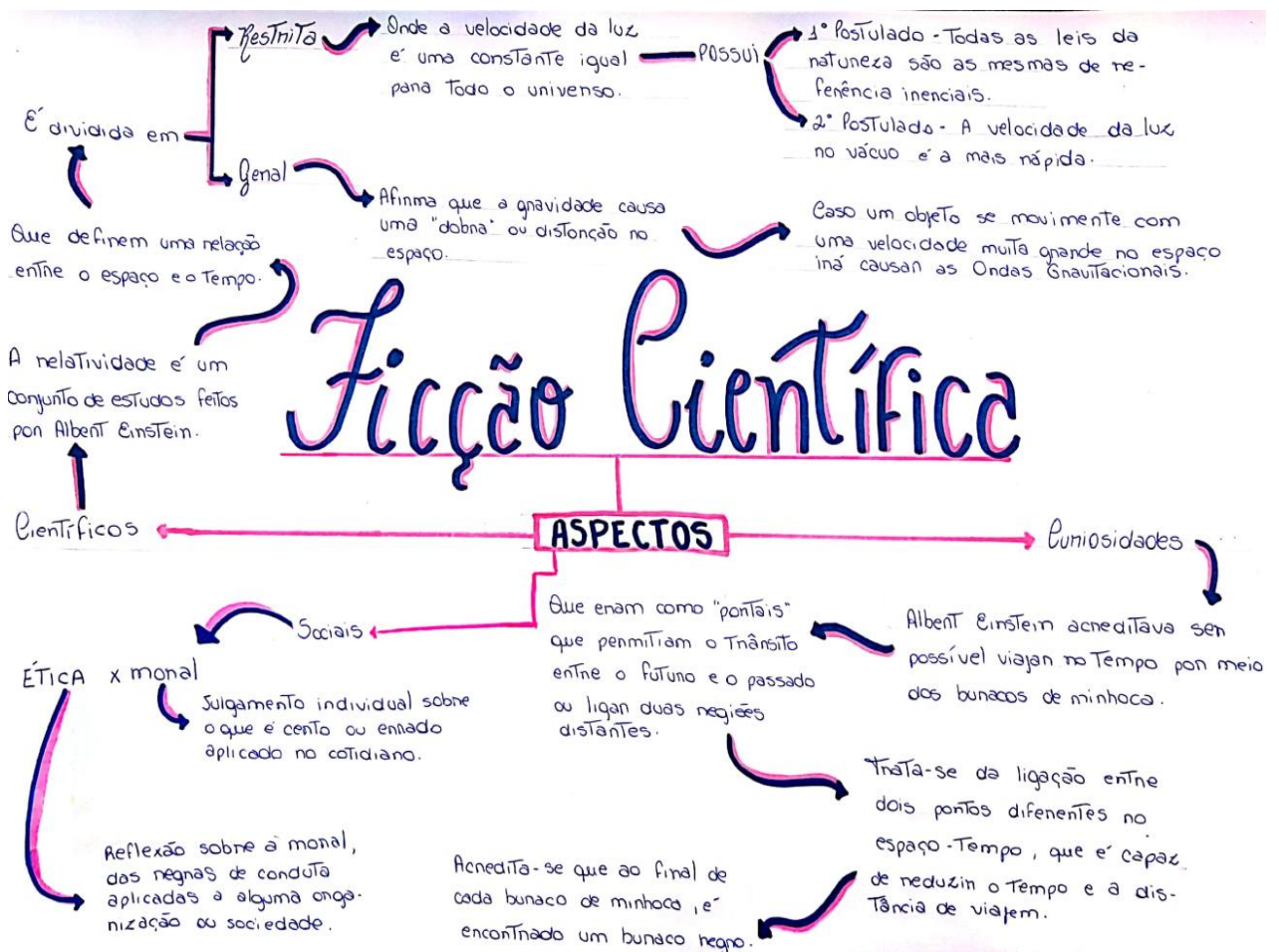


Figura 22: Mapa Mental - S.E.

O mapa acima foi produzido ao fim do minicurso e traz uma síntese dos aspectos das FC, investigados ao longo das atividades. A estudante que produziu este mapa mostra familiaridade com a metodologia (NOVAK, GOWIN, VALADARES, 1996), pois alguns professores já utilizam o método em suas práticas, o que facilitou a aplicação do produto, pois não houve tempo destinado à pesquisa da metodologia pelos estudantes. Verifica-se no mapa que a estudante conseguiu sintetizar diversos conceitos discutidos durante as atividades. Além disso, existe conexão entre os blocos de texto que explica a relação entre eles (NOVAK, GOWIN, VALADARES, 1996).

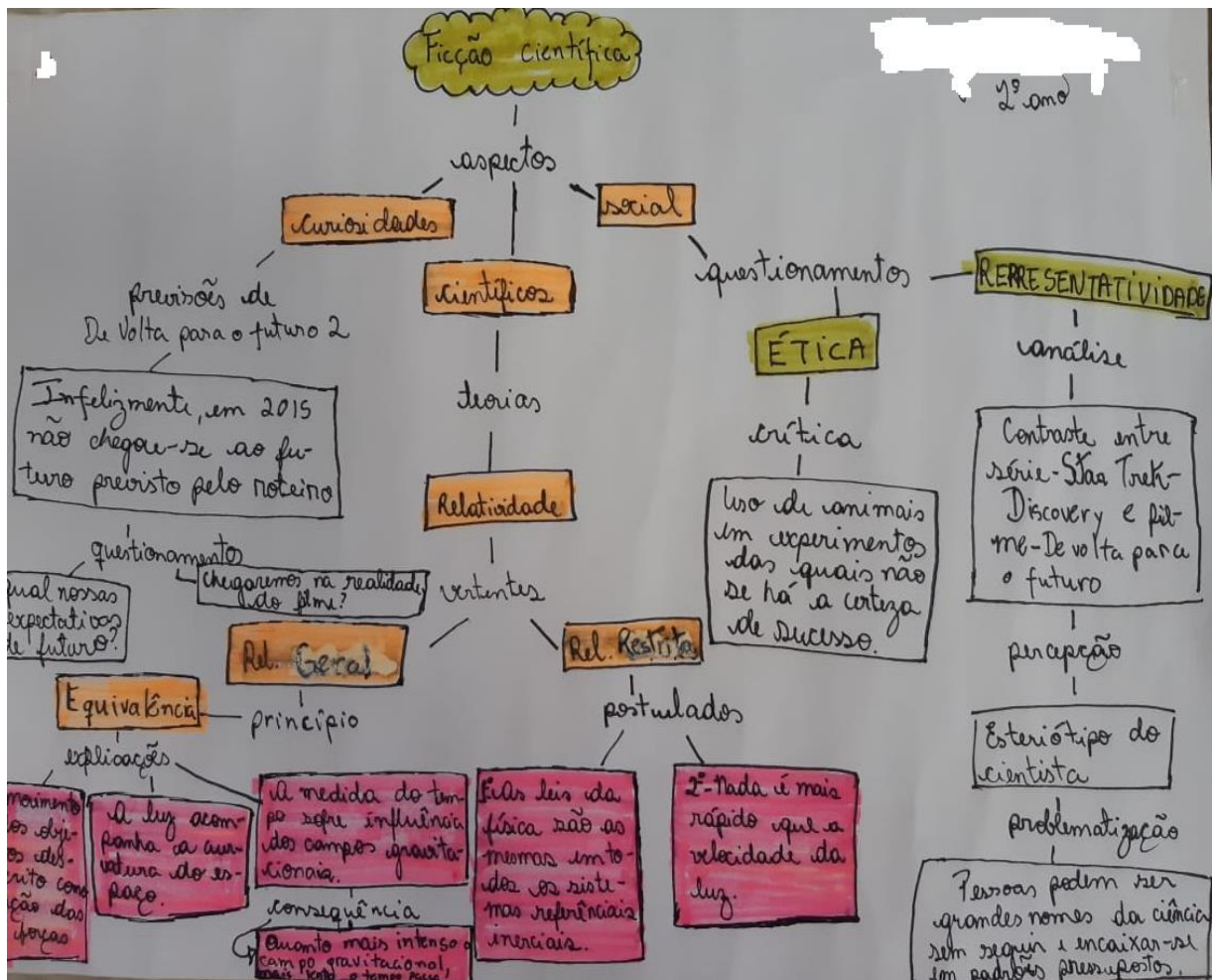


Figura 23: Mapa Mental W.T.

O mapa mental apresentado acima é uma primeira versão do mapa produzido ao final do minicurso. O estudante da 2ª série do EM, entregou o mapa da figura 23, mas ao final da atividade, fez uma autocrítica e solicitou permissão para melhorar este mapa, pois segundo o próprio estudante, o mapa não estava condizente com o seu nível de aprendizado. No dia seguinte o estudante entregou um mapa em um papel de formato A1. Reitera-se que não seria atribuída nenhuma pontuação extra para participação no clube. Contudo, o estudante buscou aprimorar seu desempenho, o que mostra um aprimoramento da habilidade do pensar criterioso. Além disso, ao compararmos os dois mapas é possível verificar a evolução da aprendizagem do estudante.

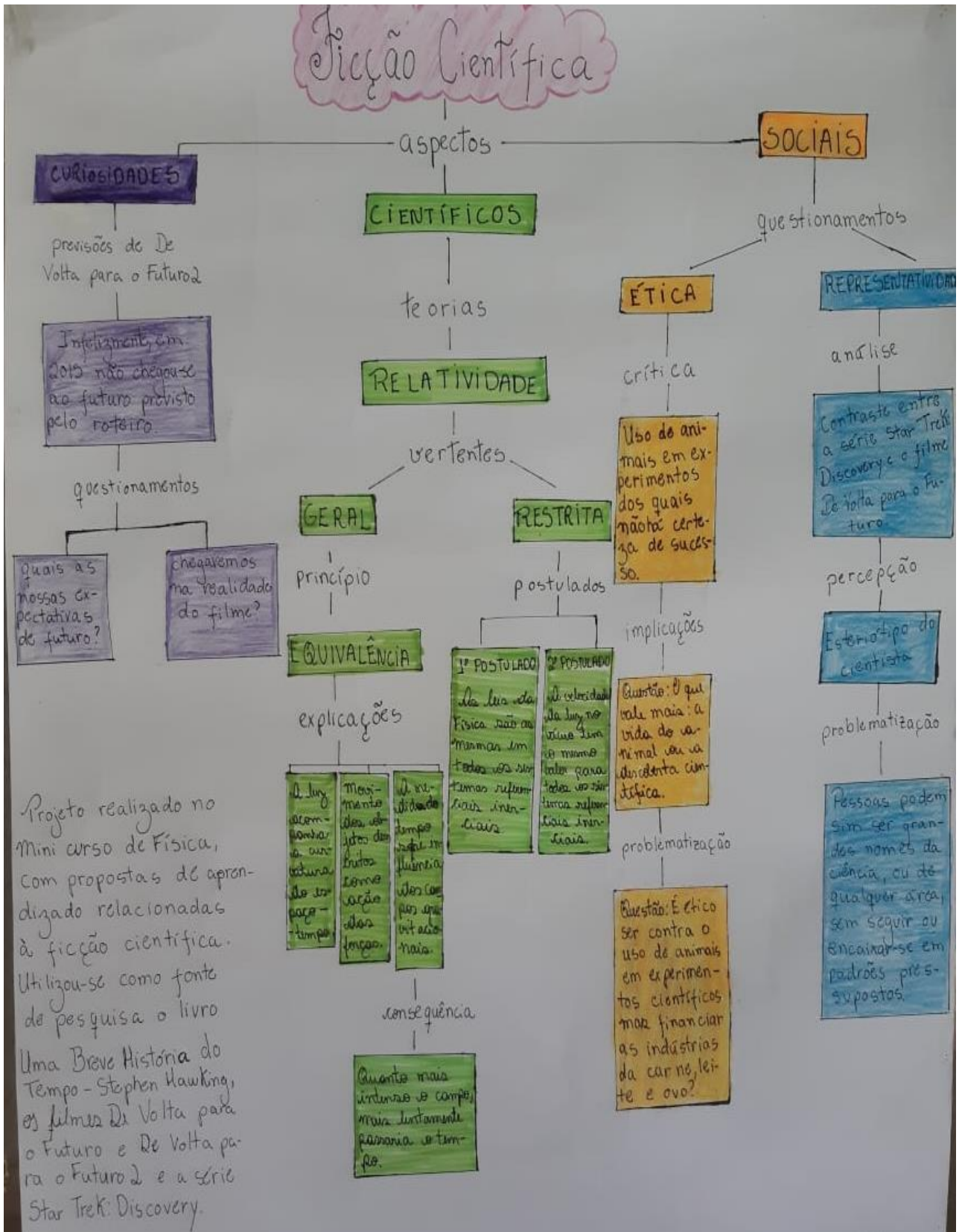
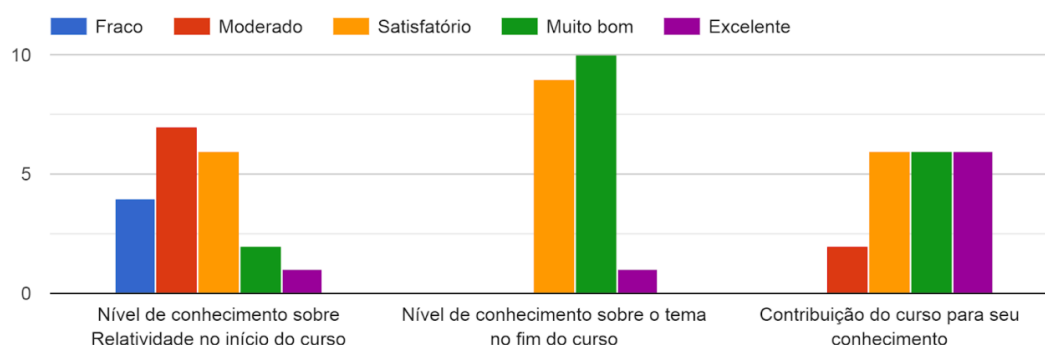


Figura 24: Segunda versão de Mapa mental - W.T.

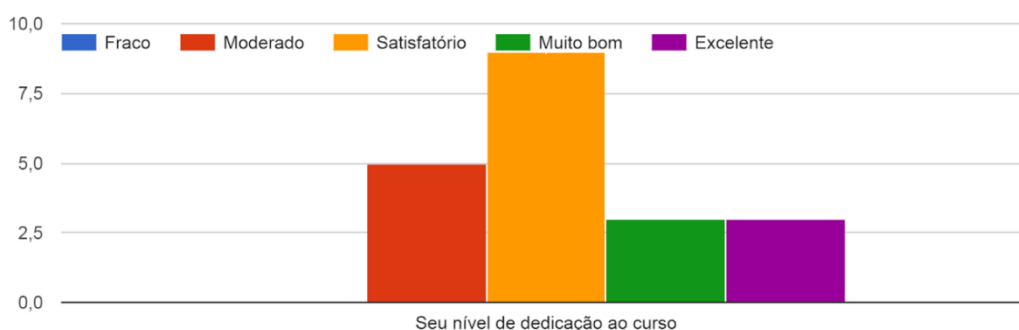
Ao fim do Minicurso os estudantes responderam a uma autoavaliação, aplicada em um questionário online. Os resultados abaixo são fornecidos pela própria plataforma online Formulário Google. Foram três perguntas à cerca seu aprendizado e importância da atividade. Os gráficos abaixo mostram o resultado das questões respondidas pelos estudantes no questionário *Google*:

Como você avalia seu aprendizado?



O gráfico acima mostra que a maioria dos estudantes acredita que as atividades desenvolvidas no minicurso ampliaram de alguma forma seus conhecimentos. A maioria saiu de um conhecimento moderado sobre Relatividade para satisfatório ou muito bom, o que mostra que os estudantes já se interessavam pelo assunto e que puderam ampliar seus conhecimentos a partir das discussões mediadas pelas obras de FC. O segundo gráfico mostra que a maioria dos estudantes julgou sua dedicação ao minicurso como satisfatória. E o terceiro quadro registra a avaliação dos estudantes acerca da atividade.

Como você avalia sua dedicação ao curso?



Quais aspectos/conceitos deste curso foram mais úteis ou valiosos? (18 respostas)
Ética
O conhecimento adquirido
Mapas mentais e os fichamentos, e Buraco de Minhoca 4ever♥
Toda a matéria estudada, tudo que debatemos nos encontros foram interessantes e importantes.
Conhecimento
Aprender sobre a presença feminina, sobre espaço e tempo, coisas que eu nunca ouvi falar e nem imaginei aprender.
Tudo
Todos foram de grande importância
Relatividade geral e restrita, ética na ciência nos filmes e séries.
Na verdade todos foram valiosos para mim, aprendi bastante e sobre a relatividade meu conhecimento que era pouco de ampliou bastante e tirou muitas dúvidas.
Os debates
A introdução na relatividade e uma visão mais ampla na física. Também, a relação ética que tem em filmes e séries sobre principalmente, a exploração animal.
Conceitos de Relatividade de Einstein e estudos de outros físicos/matemáticos e filósofos
As relações das teorias sobre viagens no espaço-tempo
A questão da diversidade das tarefas para não ficar a algo tão chato e exaustivo.
Conhecer a parte ética, científica da física. Descobrir que existem várias mulheres que foram e são muito importantes para o desenvolvimento de pesquisas. Além de aprender o que era os buracos de minhoca, a dobra no tempo...
O método utilizado para ensinar física (com filmes de ficção científica)
Representatividade e ética

Tabela 6: Quadro de Avaliação da Atividade

Cada linha da tabela 6 registra uma resposta à terceira questão da avaliação online. As respostas mostram que os estudantes julgaram como valiosos os aprendizados adquiridos no decorrer do minicurso. Contudo, apresentam ainda, uma satisfação quanto ao método de aplicação. Além disso, é possível observar que eles se interessam pelos vários aspectos da ciência apresentados ao longo das atividades. Este resultado mostra que aplicação do produto educacional pôde proporcionar várias reflexões importantes para o desenvolvimento das capacidades de cognitivas dos estudantes que participaram do minicurso.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho foi promover um espaço não tradicional de aprendizagem, mesmo dentro da estrutura física da escola. Assim, os estudantes que se interessaram e participaram, puderam interagir com colegas de séries e idades diferentes, puderam observar as relações entre a ciência e todas essas áreas, verificando que todas as disciplinas se conectam apesar de serem apresentadas separadamente no contexto escolar.

No caso desta pesquisa, observa-se que espaços não tradicionais que promovam a interação entre os estudantes e podem auxiliar na melhoria da aprendizagem de Física, pois espaços como este favorecem o compartilhamento de ideias entre os alunos, fazendo com que estes exercitem sua capacidade de análise e argumentação, propiciando um melhor desenvolvimento de suas capacidades cognitivas.

Além disso, uma avaliação pensada como formativa, tem a finalidade também de proporcionar oportunidades para uma autoavaliação pelos alunos, na qual cabe ao professor orientar os estudantes no reconhecimento de seus avanços e nas conquistas que ainda precisam ser alcançadas (CARVALHO, 2014).

A utilização de filmes de ficção científica como recurso didático no ensino de Física pode ser uma alternativa na busca pela solução da problemática da contextualização do ensino de ciências, principalmente no que se refere ao comportamento da geração Z. Nesse sentido, reiteram-se as concepções de Piassi (2009), que afirma que a ficção científica, mais do que um possível recurso didático para o ensino de ciências, constitui também um tipo de discurso social sobre a ciência.

Segundo o autor, é possível observar nessas obras, visões, debates e questões relacionadas às ciências em voga no momento de sua produção. Então, abordar ciência a partir delas vai além de procurar conceitos veiculados em filmes ou livros; abordar a ciência desta forma possibilita a investigação de múltiplos aspectos da ciência, inclusive, da própria construção do conhecimento.

O presente trabalho foi elaborado no intuito de proporcionar uma experiência de ensino investigativo. Utilizando, principalmente, a teoria de aprendizagem de Vygotsky, pretendeu-se transformar a sala de aula tradicional em uma comunidade de investigação (LIPMAN, 1995). A partir da utilização de obras de FC, para mediar (VYGOTSKY, 1988) a aprendizagem dos estudantes dos conceitos da Teoria da Relatividade Geral e Especial, além de temas transversais como representatividade e ética.

Foram escolhidas três obras de FC: *De Volta para o futuro I* (1985) e *De Volta para o futuro II* (1989) e a série *Star Trek Discovery* (2018) por apresentarem aspectos importantes sobre ciência. Espera-se que este trabalho possa auxiliar os demais professores de Física a contextualizar conteúdos que compõem a grade curricular da disciplina. E que possa contribuir de maneira positiva em suas práticas, ampliando a possibilidade de se divulgar as teorias mais recentes. Além de possibilitar aos estudantes ver o mundo a partir de um olhar científico.

9. REFERÊNCIAS

BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BAPTISTA, M.L.M. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. 2010. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

BELTRAN, M. H. R. et al. (Org.). **História da ciência e ensino: propostas, tendências e construção de interfaces**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. **O Ensino De Física Moderna Necessita Ser Real? In XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA** (2005). *Disponível em:* www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_oensinodefisicamodernane.trabalho.pdf.

Acessado em 8 março de 2018.

CARLSON, Maura O'Brien; HUMPHREY, Gregg E.; REINHARDT, Karen S. **Weaving science inquiry and continuous assessment: Using formative assessment to improve learning**. Corwin Press, 2003.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. *Disponível em:* edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=1418737. Acessado em 8 março de 2018.

CASTILHO, M. I. Uma introdução conceitual à Relatividade Especial no ensino médio. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO – Mestre em Ensino de Física, Orientada por: Trieste Freire Ricci, IF, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **O conhecimento**. Metodologia Científica. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

DE VOLTA, PARA O FUTURO. Direção de Robert Zemeckis. **Produção: Steven Spielberg. Distribuição: Universal Pictures. Estados Unidos**, 1985.

DIAS, Genebaldo Freire. Educação Ambiental: princípios e prática. **Educação ambiental: princípios e pratica**. Gaia, 1993.

GOOGLE. **It's lit: a guide to what teens think is cool**. *Disponível em:* <storage.googleapis.com/think/docs/its-lit.pdf>. Acessado em 8 março de 2018.

HAWKING, Stephen. **Uma breve história do tempo**. Rio de Janeiro: Editora Intrínseca, 2015.

INTERESTELAR. **Direção Christopher Nolan. Distribuição: Paramount Pictures e Warner Bros Pictures**. Produtor executivo: Kip Thorne. 2014.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário básico de filosofia**. 3ª ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **O conhecimento científico e outros tipos de conhecimento**. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo: Atlas, 2007.

LIPMAN, Matthew. **O pensar na educação**. Trad. Ann Mary Fighiera Perpétuo. Petrópolis: Vozes, 1995.

LOCH, Juliana. **Física Moderna e Contemporânea no Planejamento de Professores de Física de Escolas Públicas do Estado do Paraná**. Curitiba. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LORIERI, Marcos Antônio. Filosofia: fundamentos e métodos. **Filosofia no ensino fundamental**. São Paulo: Cortez, 2002.

MARTINS, Onilza Borges; MOSER, Alvino. Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. **Revista Intersaberes**, v. 7, n. 13, p. 8-28, 2012.

MEDEIROS, Lenice. **Avaliação de Ciências**. PISA, 2015.

MORAES, André. **Como pensa a geração Z (segundo o Google)**. Disponível em: <www.jornalnh.com.br/_conteudo/2017/04/vida/tecnologia/2092766-como-pensa-a-geracao-z-segundo-o-google.html>. Acessado em 8 março de 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagens**, São Paulo: EPU, 1995.

NOVAK, Joseph Donald; GOWIN, D. Bob; VALADARES, Carla. **Aprender a aprender**. 1996.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, mar. 2000.

_____. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC, Secretária de Educação Básica, 2000.

FLICK, Uwe; PARREIRA, Artur. **Métodos qualitativos na investigação científica**. 2005.

PERUZZO, Jucimar; POTTKER, Walmir Eno; PRADO, Thiago Gilberto do. **Física Moderna e Contemporânea das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da física**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

PIASSI, Luís Paulo; PIETROCOLA, Maurício. **Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de 'encontrar erros em filmes'**. Disponível em: <www.revistas.usp.br/ep/article/view/28208>>. Acessado em 8 março de 2018.

POLIDORO, Lurdes de Fátima; STIGAR, Robson. A transposição didática: a passagem do saber científico para o saber escolar. **Ciberteologia–Revista de Teologia & Cultura. Ano VI**, n. 27, p. 153-159, 2010.

RABELO, Marcos Ribeiro. **Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1o ano do ensino médio: uma proposta de inserção**. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. MNPEF. 2015.

RODRIGUES, Auro de Jesus. **Metodologia científica**. 4ª ed., rev., ampl. – Aracaju: Unit, 2011. 212 p.: il. (Série bibliográfica).

SANTOS, Antonio Hamilton dos et al. **As dificuldades enfrentadas para o ensino de ciências naturais em escolas municipais do sul de Sergipe e o processo de formação continuada**. In: EDUCERE - XIII Congresso Nacional de Educação, 2013, Paraná. *Anais*. Disponível em: <educere.bruc.com.br/ANAIS2013/pdf/9474_6573.pdf>. Acessado em 8 março de 2018.

SANTOS, Roberto Baginski Batista. **Relatividade Restrita**, 4ª edição, Ed. USP, 2002.

STAR TREK: DISCOVERY. **Direção: David Semel; Vincenzo Natali. Distribuição: canal CBS**. Estados Unidos. 2017.

SUPPIA, Alfredo Luiz Paes de Oliveira. **A divulgação científica contida nos filmes de ficção**. Cienc. Cult. vol.58 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2006. Disponível em: <cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S000967252006000100024&script=sci_arttext&tlng=es>. Acessado em 8 março de 2018.

TOLEDO, Priscilla Bassitt Ferreira; et al. **O Comportamento da Geração Z e a Influência nas Atitudes dos Professores (2012)**. Disponível em: <gpi.aedb.br/seget/artigos12/38516548.pdf>. Acessado em 8 março de 2018.

VYGOTSKY, Lev. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WELLINGTON, Jerry. **Teaching and learning secondary science**. Londres: Routledge. 2000.

APÊNDICE 1

PRODUTO EDUCACIONAL

Planos de aulas para a aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativo sobre tópicos de Relatividade no Ensino Médio¹

Profa. Gabriella da Conceição Lima²

Prof.^a Dra. Vanessa Carvalho de Andrade³

1 – Desenvolvido no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 1 – Universidade de Brasília (UnB). Contato: fisgabunbi@gmail.com

2 – Professora do Instituto de Educação Superior de Brasília– Colégio IESB de Brasília

3 – Instituto de Física da Universidade de Brasília – UnB

INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi elaborado no intuito de proporcionar uma experiência de ensino investigativo. Utilizando, principalmente, a teoria de aprendizagem de Vygotsky, pretende-se transformar a sala de aula tradicional em uma comunidade de investigação (LIPMAN, 1995). Para tanto, pretende-se utilizar obras de FC, para mediar (VYGOTSKY, 1988) a aprendizagem dos estudantes dos conceitos da Teoria da Relatividade Geral e Especial, além de temas transversais como representatividade e ética. Foram escolhidas três obras de FC: *De Volta para o futuro I* (1985) e *De Volta para o futuro II* (1989) e a série *Star Trek: Discovery* (2018).

O produto educacional é formado por planos de aula que devem nortear o professor na durante a aplicação da sequência didática. Foi elaborado levando em consideração os referenciais teóricos escolhidos e o que se desejaria que os estudantes apreendessem dos conceitos de Relatividade, entre outros conceitos que perpassam as obras. A sequência didática proposta tem a finalidade de introduzir conceitos básicos de Relatividade Especial e Geral, bem como relacionar estes conceitos com outras áreas da física, inclusive fazendo uma comparação entre relatividade especial e geral.

O presente produto educacional se trata de uma sequência didática de ensino investigativo, e neste caso, tratar-se de uma atividade totalmente aberta. Por este motivo, salienta-se que a interação dos estudantes é fator crucial na execução na

aplicação deste. Além disso, no decorrer da aplicação poderão ocorrer modificações. Contudo, o que se pretende com este trabalho é nortear o professor em tarefas da mesma natureza. Ressalta-se que o tipo de atividade apresentada pretende apresentar os conceitos de forma introdutória e contextualizada ao comportamento do grupo ao qual a pesquisa foi realizada. Reitera-se, portanto, que as avaliações serão qualitativas. Segue abaixo uma sugestão de cronograma de aplicação:

Cronograma de Atividades	
Primeiro Encontro	Avaliação
Exibição do filme <i>De volta para o futuro</i> (1985). Registro das questões/comentários sobre o filme.	Registro das questões/sugestões
Segundo Encontro	Avaliação
Discussão das primeiras impressões dos estudantes, divisão das categorias e dos grupos de pesquisa.	Fichamento do capítulo 2 do livro <i>Uma Breve História sobre o Tempo</i> .
Terceiro Encontro	Avaliação
Discussão das questões à luz das teorias, e a partir dos textos.	Mapa Mental
Maratona Assistir todos os episódios da série <i>Star Trek: Discovery</i> durante o fim de semana com comentários no grupo online.	Avaliação: Resenha de, ao menos, um episódio.
Quarto Encontro	Avaliação
Retomada das questões e debate. Reorganização dos grupos e preparação dos seminários.	Participação na produção do seminário
Quinto Encontro	Avaliação
Apresentação dos seminários	Apresentação do Seminário
Sexto Encontro	Avaliação
Exibição do filme <i>De Volta para o Futuro II</i> (1989). E discussão sobre as perspectivas e limites das teorias.	Mapa Mental e auto-avaliação.

1 Plano de Aula primeiro Encontro

1.1 Identificação

Nível	Ensino Médio
Modalidade	Presencial
Tema	Tópicos de Relatividade
Duração	180 minutos – 3h/a

1.2 Objetivo principal

Identificar as questões/situações que possibilitem investigação a partir das teorias físicas apresentadas no filme *De Volta para o Futuro* (1985).

1.3 Metodologia

No início da atividade o professor deve orientar os estudantes a anotarem as cenas ou falas que mais lhe chamem a atenção, deve também explicitar que não é obrigatório que os comentários sejam somente relacionados à Física. Se for possível, disponibilizar papel para as anotações, estes podem ser em cores diferentes para facilitar a separação entre perguntas e comentários. O filme deverá ser exibido na íntegra, mas como tem duração de 116 minutos, após a exibição será necessário fazer um pequeno intervalo, de cerca de dez minutos.

No retorno à sala, o professor deve recolher as questões/comentários que os estudantes anotaram durante a exibição do filme. Além disso, recomenda-se que os alunos possam comentar brevemente suas opiniões sobre o filme. O professor deve organizar as anotações no quadro, para que todos visualizem, caso sejam muitas questões, estas poderão ser disponibilizadas virtualmente. O professor deve orientar os estudantes a levarem no próximo encontro as explicações das questões que eles se sentem capazes de responder.

1.4 Recursos Utilizados

- Data Show;
- Computador;
- DVD do filme;
- Pufes e cadeiras;
- Quadro branco e pincel

1.5 Proposta de Avaliação

A atividade inicial será avaliada através da participação do estudante.

2 Plano de Aula segundo Encontro

2.1 Identificação

Nível	Ensino Médio
Modalidade	Presencial
Tema	Tópicos de Relatividade
Duração	180 minutos – 3h/a

2.2 Objetivos

Organizar as questões, identificar as categorias e dividir os grupos de trabalho.

2.3 Metodologia

A aula deve começar com a discussão das questões que o estudantes são capazes de responder, pois estas já poderão ser retiradas da lista. Espera-se que os estudantes das séries mais avançadas possam auxiliar os colegas das séries iniciais. Todos os encontros deverão ter um pequeno intervalo de cerca de dez minutos. Após o intervalo acontece a divisão das categorias/temas para a pesquisa, além disso os estudantes devem separar as questões nas categorias escolhidas.

Sugerem-se as seguintes categorias: Relatividade Especial, Relatividade Geral, Conceitos diversos, Representatividade e Ética. Reitera-se que as categorias devem ser escolhidas pelo grupo. Cada grupo escolherá um tema para pesquisar, cabe ao professor sugerir a bibliografia para a pesquisa, entretanto, os estudantes devem ter a liberdade de trazer outras fontes de pesquisa. Neste caso, o professor poderá auxiliar o estudante orientando quanto à qualidade da fonte.

2.4 Recurso Utilizados

O quadro abaixo apresenta os links dos textos utilizados neste produto educacional.

Tema	Sugestão de Bibliografia
Relatividade Especial	<p>Texto 1: Espaço e Tempo - Capítulo 2 do livro Uma Breve História sobre o Tempo. Stephen Hawking. 2015</p> <p>Texto 2: Relatividade Restrita. Autor: Roberto Baginski</p> <p>Link: edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/31467/mod_resource/content/1/Apostila_Relatividade_Fisica2.pdf> Acesso em 10/06/2019</p>
Relatividade Geral	<p>Texto 3: Buracos Negros - Capítulo 6 do livro Uma Breve História sobre o Tempo. Stephen Hawking. 2015</p>
Conceitos Diverosos	Material Didático do estudante
Representatividade	<p>Texto 4: Mulheres cientistas em filmes de ficção: implicações para o ingresso de meninas nas carreiras científicas.</p> <p>Autoras: Gabriella Lima, Anne Quiangala, Vanessa Carvalho.</p>
Ética	<p>Texto 5: A Radioatividade e a História do Tempo Presente.</p> <p>Autores: Fábio Merçon, Samantha Viz Quadrat.</p> <p>Link:<www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=qne&cod=historiadaquimicaaradioa> Acesso em 10/06/2019</p> <p>Texto 6: Carta de Einstein a Roosevelt.</p> <p>Link:<operamundi.uol.com.br/politica-e-economia/6895/hoje-na-historia-1939-revelada-carta-de-einstein-a-roosevelt-sobre-bomba-atmica> Acesso em 10/06/2019</p>

2.5 Proposta de Avaliação

A atividade avaliativa deste encontro será um fichamento do capítulo 2 do livro *Uma Breve História sobre o Tempo* (HAWKING, 2015), além de um fichamento do texto sobre o tema do grupo do qual o estudante faz parte. As leituras, bem como os fichamentos deverão ser feitos em casa.

TEXTO 4

MULHERES CIENTISTAS EM FILMES DE FICÇÃO: IMPLICAÇÕES PARA O INGRESSO DE MENINAS NAS CARREIRAS CIENTÍFICAS

Gabriella da Conceição Lima ¹, Anne Caroline Quiangala², Vanessa Carvalho³

¹ Instituto de Educação Superior de Brasília, Ensino Médio, fimgabunbi@gmail.com

² Associação Lecionar Unificada de Brasília, Ensino Médio, quiangala@gmail.com

³ Universidade de Brasília, Instituto de Física, vcandrade7234@gmail.com

Resumo

O presente artigo tem em vista discutir as possíveis causas da discrepância entre a quantidade de cientistas homens e mulheres, bem como a ausência da história de mulheres na ciência ensinada em conformidade com o currículo. Inicialmente, contextualizaremos o apagamento da história de mulheres nas ciências (em especial, exatas), no intuito de compreender e propor soluções para a problemática apresentada. Discutiremos o conceito de “educação inclusiva”, a partir da abordagem histórica no ensino de Física, que também inclua a história das mulheres, pois a inclusão deste tema no currículo é uma importante medida para, não apenas incentivar, mas também para que meninas e mulheres entendam carreiras científicas como um segmento profissional também feminino. Para tanto, tomaremos o conceito de “tecnologia do gênero” para compreender o modo como a representação de mulheres cientistas no cinema constrói e corrobora a imagem estereotipada das cientistas até o presente e culmina na problemática apresentada inicialmente.

Palavras-chave: Mulheres na Física; Ensino de Física; Tecnologia do Gênero;

Qual o impacto do apagamento de mulheres nas ciências?

Se for solicitada a um estudante de ensino médio uma lista contendo de cinco a dez nomes de grandes cientistas, é bem provável que a resposta venha rapidamente, pois Isaac Newton, Einstein, Galileu, Rutherford, Leonardo da Vinci compõem o conteúdo do currículo vigente. Além disso, esses nomes não aparecem somente no âmbito escolar, as obras destes grandes cientistas são difundidas a partir de vários outros veículos de informação. Mas se for solicitado que este mesmo estudante cite ao menos cinco nomes de grandes mulheres cientistas, é provável que não se consiga concluir a lista. Será que não existem mulheres cientistas? Será que existem e não sabemos quem são? Onde estão as cientistas?

Na Grécia antiga as mulheres não eram consideradas cidadãs, além de escravos, animais e estrangeiros. O direito de cidadania, que incluía direito a propriedade e a liberdade de expressão, em Atenas, advinha do fato de ser homem, maior de dezoito anos, livre, natural de Atenas, ser filho de pais atenienses, inscrito nos registros cívicos e cumprir com as obrigações militares. Então eram os cidadãos que representavam politicamente todos os grupos (GUIMARÃES, 2012). Embora a Grécia seja considerada o berço da democracia: Em muitas sociedades, a invisibilidade e o silêncio das mulheres fazem parte da ordem das coisas. É a garantia de uma cidade tranquila. Sua aparição em grupo causa medo. Entre os gregos, é a *stasis*, a desordem. Sua fala em público é indecente (PERROT, 2007).

Um dos primeiros motivos para o apagamento histórico das mulheres, nas diversas áreas do conhecimento, apontado por Michelle Perrot (2007), é o fato de elas atuarem em família, dentro de casa, dessa forma, passam despercebidas, invisíveis. O segundo motivo, apontado por ela, é o silêncio das fontes (grifo da autora). O fato de terem tido acesso tardio à escrita fez com que suas histórias fossem relatadas por homens, o que resulta na ausência ou na representação estereotipada de suas experiências, bem como das visões de mundo plurais.

Se a violência simbólica (apagamento e reducionismo) é uma forma de construção e reafirmação do empírico, da experiência observável, naturalmente se estende para as ciências tanto no molde epistemológico (o que deve ser estudado e de que modo), quanto representativo (quem pode ser cientista, qual voz tem legitimidade). A afirmação em voga “Representatividade é importante” expõe que a construção de imagens (as representações sociais) se dão por meio da continuidade entre representação, identificação e naturalização de que o espaço pode ser ocupado por determinado grupo social (VILLAS BÔAS, 2010).

A constante reafirmação da mídia televisiva de imagens de mulheres negras em funções, exclusivamente, subalternizadas funciona como um dispositivo que consolida essa “verdade”, ao passo que o filme *Estrelas além do tempo* (2016) desafia aquela imagem recorrente ao resgatar as contribuições científicas de três mulheres negras para a corrida espacial. Tal disputa narrativa (somada a outros fatores de ordem material que não ignoramos) é um processo de generatividade que estabiliza os conteúdos (representações) ao longo do tempo, que motivarão jovens garotas negras a seguirem uma carreira científica ou não (idem, ibidem).

Mulheres na ciência: ainda precisamos falar sobre isso?

A ênfase que as marcas passaram a dar ao “politicamente correto” e slogans como “representatividade importa” tem ganhado, cada vez mais, holofotes na mídia de massa a ponto de parecer que passamos por mudanças estruturais profundas. Embora a amostragem possa nos conduzir à hipótese de que há uma mudança radical de mentalidade em curso, o que temos é um processo de acomodação, isto é, um avanço relativo em que as demandas de grupos sociais minorizados são incorporadas pela estrutura dominante (HALL, 2006).

Restringindo ao campo das ciências, tomemos a premissa de Sam Maggs (2017) em seu livro *25 Wonder Women*, no qual ela historiciza a contribuição de “mulheres brilhantes, inteligentes e totalmente radicais [...] que quebraram as barreiras, tornando-se cientistas, engenheiras, matemáticas, aventureiras e inventoras”:

A falta de representatividade é o motivo pelo qual quando eu peço a você que pense em cientistas, a primeira pessoa que lhe vem à cabeça é um homem de cabelos bagunçados e jaleco branco. É por isso que o impacto histórico de mulheres é tradicionalmente explorado em um curso optativo chamado Estudos das Mulheres, ao passo que as aulas obrigatórias sobre impacto histórico dos homens são simplesmente chamadas de História. É por isso que apenas 30% dos funcionários da Google são mulheres, somente 22% dos desenvolvedores de jogos são mulheres, apenas 5% das patentes norte-americanas incluem o nome de uma mulher. Neste tipo de clima social fica fácil crescer pensando que mulheres não se envolvem em tecnologia nem com ciência, medicina ou engenharia (MAGGS, 2017, p. 9-10).

Por mais que Maggs (2017) não distinga os conceitos de representação e representatividade, é importante ter em vista que representação nada mais é que a apreensão do real, delineada por conhecimentos prévios e mediada pela linguagem, de modo que o substitui, enquanto a representatividade é um termo do domínio político que se refere ao poder institucional investido a um representante para defender os interesses políticos de sua base eleitoral. A elasticidade da linguagem permite estender o sentido de “representatividade” para outros âmbitos. Ao propor que “representatividade importa” (idem, *ibidem*), a autora tem em vista argumentar que uma maior participação e visibilidade das descobertas e invenções de mulheres é uma forma de enfraquecer as “barreiras de gênero - historicamente construídas - [que] dificultam, ainda hoje, uma maior participação das mulheres nos espaços de poder” (SCHUMAHER; CEVA, 2015,

p. 257) em especial, o imaginário social do que são espaços predeterminados para homens e mulheres.

Neste sentido, o reduzido número de mulheres, que aparecem em posição de destaques nas carreiras científicas, influencia a manutenção dum imaginário que reforça a ideia de mulheres serem inaptas para a ciência, mais especificamente as ciências exatas, assim como a falta deste referencial naturalize esta ideia para jovens estudantes na educação básica. Esta lacuna entre o fato de existirem mulheres cientistas ao longo da história e a ocultação de tais feitos (estudados à parte) tanto influencia quanto consolida as práticas sociais de ausência. Nas palavras de Denise Jodelet (2001, p. 20): “[...] representações se inscrevem em quadros de pensamentos preexistentes e enveredam por uma moral social [...]”, portanto, a diferenciação sexual (sexismo) e sua articulação da linguagem, arquétipos, performances e hierarquia determinam uma ordenação tal da sociedade em que sexo equivale a gênero e que ser mulher significa estar submetida à “feminilidade metafísica” (LAURENTIS, 1994).

Nesta descontinuidade entre o fato *per se* “mulheres cientistas” e a ocultação, se insere a representação, produtora e reificadora das diferenças, nomeando, significando e hierarquizando. Laurentis (ibidem) denomina essa produção do gênero “tecnologias sociais” e exemplifica como sendo práticas cotidianas, cinema, epistemologia e práticas críticas institucionalizadas. Assim, uma vez que trataremos aqui de cinema *mainstream*, já não falamos da “representação” como fenômeno individualizado, portanto, cabe pontuar que “as representações sociais” são um tipo de conhecimento socialmente construído, instável (porque concorre com outras narrativas elaboradoras do *real*) e comum a dado grupo social (REBENHORT, CAMARGO, 2013).

Ao longo da vida escolar, alunas e alunos de ensino médio tem contato, ao menos, com a trajetória da física nuclear Marie Curie, que alcançou o feito – até então inédito – de ser laureada com dois prêmios Nobel, e ser a primeira professora a ocupar uma Cátedra no Ensino Superior, em Sorbonne (CIRIBELLI, 2006). Apesar de todo o pioneirismo e excelência, não raro, é atribuído à cientista um “estereótipo de rigidez e severidade” (idem, ibidem, p. 113) que, simbolicamente, a subverte. Desta forma, paradoxalmente, a presença de Curie funciona como a afirmação do imaginário de que a carreira de cientista é um ofício masculino, quanto seu final trágico presentifica a narrativa moral de que mulheres questionadoras, subversivas e não conformadas com o

papel de gênero atribuído por seu “sexo biológico” são punidas, desde o Gênesis. Note que temos a junção dos eixos do saber científico com o do senso-comum, que implicam na fabricação das práticas sociais (concretas) difundidas pela comunicação social (LAURENTIS, 1994; JODELET, 2001). Esse sistema de interpretação orienta e organiza as condutas e o modo de transmitir esse “conhecimento”, digamos, por meio da ficção cinematográfica.



Figura 25: Quinta Conferência de Solvay.

A **Figura 1** é um célebre registro da 5ª Conferência de Solvay de 1927, em Bruxelas na Bélgica. Nela observamos a primeira pessoa laureada com dois prêmios Nobel na história, além dos vinte e oito homens. Dentre eles alguns dos nomes mais importantes para a história da ciência, como: Albert Einstein, Niels Bohr, Max Planck entre outros. Além de Marie Curie, ao menos dezesseis dos vinte e nove componentes da foto já possuíam ou iriam receber o prêmio. Desde 1901, o Prêmio Nobel é concedido para destaques em Física, Química, Fisiologia ou Medicina, Literatura e Paz, além de Ciências Econômicas, criado somente em 1968. Em todos esses anos de existência, foram laureadas mais de 896 pessoas ou instituições com o prêmio, destas apenas 48 mulheres, e ainda sim, 36 destes estão no Nobel da Paz (PRESSE, 2017). Também observamos essa discrepância no quadro de professores do ensino superior. Ao acessarmos a página do Instituto de Física da Universidade de Brasília, verificamos que dos 77 professores apenas 14 são mulheres, ou seja, apenas 18% do quadro de professores. Este padrão aparece também em outras áreas, como engenharia, química e matemática (MAGGS, 2017).

Na educação básica nota-se que Curie aparece comumente na Química e acaba passando despercebida pelo ensino de Física, mesmo tendo recebido um Nobel de Física. Além de Curie podemos citar outros nomes que foram muito importantes para o desenvolvimento da área, mas que tiveram suas histórias apagadas, como a astrônoma Jocelyn Bell Burnell que descobriu os primeiros pulsares, mas foi excluída da

premiação na década de 60, tendo este erro reparado somente em 2018, quando ao receber a Prêmio Especial de Inovação em Física Fundamental, do *Breakthrough of the Year*, decidiu destinar o dinheiro da premiação para o fundo de bolsa de estudo para mulheres e minorias. Outras tantas tiveram seus trabalhos usurpados como Cecilia Payne que foi desencorajada a publicar sua tese de doutorado por Henry Russell, na qual concluía que o Sol era constituído predominantemente de hidrogênio, mas quatro anos mais tarde ele mesmo publicou um trabalho que chegava a mesma conclusão.

No filme *Mulher-Maravilha* (2017), a vilã é o total contraponto da protagonista Diana: estético, moral e intelectual. O primeiro dado a respeito da Doutora Veneno (Elena Anaya) é sua feição desfigurada, para antagonizar com a beleza canônica da heroína Diana Prince (Gal Gadot) que representa a ideia Moderna de que “o belo é bom” enquanto o “feio é mau”. A beleza feminina é um dos aspectos da normatividade tributária do discurso sobre diferenciação sexual que molda o imaginário sobre feminilidade, e isso esvazia o potencial intelectual, criativo e inventivo, o que fica evidente na representação de mulheres cientistas. A “anti-feminilidade” apregoada à Doutora Veneno - cujo nome já enfatiza sua carreira - exerce uma função instrutiva à audiência, uma vez que: “O destino da Doutora original [dos quadrinhos] foi cruel, sendo que ela acidentalmente se matou com sua fórmula de 'Reverso” (GUTIERREZ, 2017).

A personagem Doutora Veneno exemplifica os potenciais malefícios para uma mulher na carreira científica. E, tal como Curie, - que é nossa referência de física, porém nos parâmetros curriculares da educação básica é tratada muito mais como química- ela foi afetada acidentalmente pelo que formulou. É observável que nem Curie nem a Dra. Veneno têm contrapontos (nem ficcionais, nem “reais”) que possam relativizar essa mensagem, já que nos filmes recentes de super-heróis da DC/Warner Bros só apresentam homens cientistas (Batman, Flash, Lex Luthor, Silas Stone). Outro exemplo de cientista mulher é a botânica Hera Venenosa (Uma Thurman), em *Batman e Robin* (1997), e ela também apresenta índices de “deformação moral” que naturalizam estereótipos relacionando gênero, laboratórios e prejuízo moral.

Em oposição a esta representação da epistemologia dominante, o fato de a personagem Shuri (Letitia Wright), em *Pantera Negra* (2018) ser uma jovem, negra, bem-humorada, simultaneamente engenheira formada pelo M.I.T, possibilita uma mudança radical no paradigma de quem pode ser cientista e qual o *modus operandi*

mais adequado. Shuri se divertir enquanto faz ciência muda radicalmente o foco da ciência como pura abdição (senão calvário) para a ciência como um caminho (agradável) para a solução de problemas, tal como seria a tecnologia não determinada pelo mercado. Evidentemente, a Marvel apresenta um leque de continuidades como Tony Stark (Homem de Ferro), Hank Van Dyme (Homem Formiga), Bruce Banner (Hulk) e Peter Parker (Homem Aranha), para citar alguns, mas as descontinuidades representadas pelas personagens femininas proporcionam questionamentos mais férteis sobre o lugar da mulher na ciência.

O já citado livro de Sam Maggs (2017) apresenta contribuições, não apenas de pessoas brancas do sexo feminino, como de mulheres lésbicas, bissexuais, trans e travestis, racializadas, nascidas em países em desenvolvimento, de diferentes idades e plasticidades, denunciando o apagamento, a usurpação de patentes por tutores e outros, e a ocultação de suas proezas. Sua contribuição para a disputa narrativa evidencia que, se meninas e mulheres fossem introduzidas à ciência por meio deste livro, sem dúvidas, teriam a chance de se identificar com o estudo formal dos diferentes ramos da ciência, portanto, ainda é necessário discutir o lugar da mulher nas carreiras científicas, em especial na Física.

Educação inclusiva e abordagem histórica

Uma das questões fundamentais teóricas das ciências humanas, interessadas em propor contradiscursos, é se a trajetória, descobertas e invenções protagonizadas por mulheres deveriam ser incluídas no currículo tradicional ou se este deveria ser reescrito. Embora reconheçamos que é necessária uma mudança radical (isto é, na raiz, como afirma a filósofa estadunidense Angela Davis), neste texto, defenderemos uma abordagem realista no que se refere ao modelo atual de parâmetros curriculares focados nos exames de admissão nas universidades, planos de aula e horas-aula de até cinquenta minutos.

Apesar do termo “inclusão” tal como “diversidade” inerentemente proporem mera acomodação dos discursos, não podemos ignorar seus efeitos concretos, como explicitamos na seção anterior (HALL, 2006). Desta forma, propomos a inclusão das contribuições das cientistas para além de Marie Curie que só não foi ocultada devido ao inegável feito científico, somado ao comportamento ético de seu colaborador e marido

Pierre Curie que reconheceu publicamente que Marie Curie era verdadeiramente a autora de seu próprio trabalho. A obra de Sam Maggs (2017) é repleta de narrativas a respeito de cientistas, engenheiras, matemáticas e inventoras que foram usurpadas ou mesmo impedidas de registrar seus feitos devido às leis da época.

Desta forma as contribuições que a História pode trazer ao ensino de Física vêm sendo destacadas por vários estudiosos da área. Não somente da história, mas das HSF (história, sociologia e filosofia). Inclusive, a aproximação dessas disciplinas no âmbito escolar aparece em recomendações e diretrizes governamentais, a exemplo dos Parâmetros Curriculares Nacionais, que recomendam ênfase na interdisciplinaridade e no desenvolvimento de competências importantes para o exercício da cidadania. Além da inclusão nas diretrizes curriculares dos cursos de formação de docentes temas relacionados às problemáticas tratadas nos temas transversais, especialmente no que se refere à abordagem tais como: gênero, educação sexual, ética (justiça, diálogo, respeito mútuo, solidariedade e tolerância), pluralidade cultural, meio ambiente, saúde e temas locais (PCN, 1997).

Assim, se torna evidente a importância da inclusão da história da ciência para o ensino, não somente da história, mas a história das cientistas. Porém, essas recomendações não se tratam de uma mera inclusão da HFS como sendo mais um item do programa do estudo das ciências. Para Matthews (1995, p. 165) essa inclusão deve acontecer através de uma incorporação mais rica e abrangente das questões históricas, filosóficas e sociológicas que permearam a construção da ciência. Buscando novas metodologias pedagógicas que se aproximem de uma educação crítica que coloca o estudante em sintonia com a realidade à sua volta, atuando de forma definitiva na transformação da sociedade da qual ele faz parte.

Incluir a história das cientistas de maneira efetiva no currículo da educação básica, assim como outros temas transversais, é de suma importância para a formação do estudante como cidadão, pois apresentar a História das Mulheres na Ciência pode possibilitar a abertura de novos horizontes para a compreensão de gênero dentro da sociedade contemporânea, além de possibilitar a desconstrução de mitos e estereótipos acerca do papel da mulher na sociedade, fazendo com que as meninas enxerguem na carreira científica uma possibilidade real.

Considerações Finais

Por muito tempo, as mulheres foram menos vistas que os homens nos espaços públicos. Diversas razões socioculturais contribuíram de maneira complexa para este cenário. Um deles decorria do fato de que, por muito tempo, as mulheres estiveram atuando dentro dos lares. O que não quer dizer que não houve contribuição feminina no que diz respeito ao desenvolvimento científico e social da humanidade. O fato de essa contribuição ser doméstica, somado ao fato de que o acesso à escrita aconteceu tardiamente, pois o acesso à educação foi, por muito tempo restrito, fez com que a participação feminina fosse invisibilizada. O fato de a história ser narrada por homens, fez com que a figura feminina fosse ignorada ou descrita de maneira estereotipada, relegando o acesso às suas experiências e visões de mundo.

A área das Ciências Exatas, em especial a Física, ainda é vista como uma área quase que exclusivamente masculina, onde as mulheres, quando aparecem, não são vistas como agentes produtivos capazes de contribuir ativamente na pesquisa e desenvolvimento da área. Este fato é um reflexo dessa cultura criada a partir do apagamento da participação das mulheres cientistas. O reforço cotidiano dos estereótipos de gênero feitos pelos veículos de informação e a indústria cinematográfica corroboram com divisão dos papéis sociais, contribuindo para criar e reiterar a normatização do gênero (LAURENTIS, 1994).

As tecnologias de gênero desempenham papel fundamental para despertar vocações entre as jovens estudantes. A falta de representatividade de mulheres cientistas corrobora com a falta de interesse das estudantes em ingressar nessa área. Pois no Brasil, contrariando a expectativa, o número de mulheres que ingressam no ensino superior, em alguns cursos já supera o número de homens (INEP, 2012), mas, na Física, por exemplo, ainda existe um número reduzido de ingresso feminino, que vai sendo reduzido gradativamente ao longo da carreira. Uma possível alternativa para a inversão deste quadro é apresentar ainda na educação básica as contribuições de cientistas como a Dra Márcia Barbosa, diretora do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que recebeu o prêmio L'Oréal – Unesco para Mulheres na Ciência em 2013 por suas contribuições científicas.

A inclusão da história das cientistas no currículo da educação básica, seguindo a recomendação dos PCN, é de suma importância para a formação do estudante como cidadão, pois possibilita a desconstrução dos estereótipos acerca do papel da mulher na

sociedade, mostrando que a carreira científica é também uma possibilidade. A divulgação das contribuições das cientistas, além de suas histórias, através dos veículos de informação, é um importante instrumento para a inclusão de meninas e mulheres em um leque de possibilidades, que vão além das escolhas profissionais. A história das mulheres cientistas é conteúdo legítimo de divulgação científica, uma vez que diminui a diferença histórica do acesso de meninas e meninos a imagens com as quais ambos os grupos possam se identificar. Isso também se reflete no modo de se relacionar com o contexto no qual as estudantes estão inseridas bem como com o próprio conhecimento científico.

Referências

CIRIBELLI, Marilda Corrêa. **Mulheres Singulares e Plurais: Sofrimento e Criatividade**. Rio de Janeiro: 7Letras, 2006.

GUTIERREZ, Barbara. **Quem é Doutora Veneno? Conheça a vilã do filme "Mulher Maravilha"**. Disponível em: <jogos.uol.com.br/ultimas-noticias/2017/06/01/quem-e-doutora-veneno-conheca-a-vila-do-filme-mulher-maravilha.htm?cmpid=copiaecola>.

GUIMARÃES, Laercio Dias Guimarães; VIEIRA, Ana Livia Bomfim. **O Ideal de cidadania na sociedade da Atenas Clássica** in Revista Mundo Antigo – Ano I, V. 01, N. 02– Dezembro – 2012

HALL, Stuart. **A identidade cultural na pós-modernidade**. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 2006.

JODELET, Denise. Apresentação in JODELET, Denise (org.). **As representações sociais**. Rio de Janeiro: Ed Uerj, 2001.

INEP. **Censo da Educação Superior (2012)**. Disponível em: <portal.inep.gov.br/web/guest/censo-da-educacao-superior>

LAURETIS, Teresa de. A tecnologia do gênero. In: HOLLANDA, Heloísa Buarque de. **Tendências e impasses**. O feminismo como crítica da cultura. Rio de Janeiro: Rocco, 1994.

MAGGS, Sam; FOSTER-DIMINO, Sophia. **Wonder Woman**. São Paulo: Primavera Editorial, 2017.

MATTHEWS, Michael S. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (1997). Disponível em:

<portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>

PERROT, Michelle. **Minha história das mulheres**. Editora Contexto, 2007.

PRESSE, France. **Mulheres representam 5% dos ganhadores dos prêmios Nobel da história**. Disponível em: <g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/mulheres-representam-5-dos-ganhadores-dos-premios-nobel-da-historia.ghtml>.

RABENHORST, Eduardo Ramalho. **(Re)presentar**: contribuições das teorias feministas à noção da representação *in* Estudos Feministas, Florianópolis, 21 (3): 496, setembro-dezembro/2013.

SCHUMAHER, SCHUMA; CEVA, Antônia. **Mulheres no poder**: trajetórias na política a partir da luta das sufragistas do Brasil. Rio de Janeiro: Edições de Janeiro, 2015.

VILLAS BÔAS, Lúcia Pintor Santiso. **Uma abordagem da historicidade das representações sociais** *in* Cadernos de Pesquisa, v.40, n.140, p. 379-405, maio/ago. 2010.

MULHER MARAVILHA. Direção: Patty Jenkins. Produção: Charles Roven. Los Angeles: Warner Brothers, 2017. 1 DVD (141 min), color. Produzido por Warner Video Home. Baseado nos quadrinhos Mulher-Maravilha de William Moulton Marston.

PANTERA NEGRA. Direção: Ryan Coogler. Produção: Kevin Feige. Los Angeles: Walt Disney Studios Motion Pictures, 2018. 1 DVD (134 min), color. Produzido por Marvel Studios. Baseado em Pantera Negra de Stan Lee e Jack Kirby.

BATMAN E ROBIN. Direção: Joel Schumacher. Produção: Peter MacGregor-Scott; Benjamin Melniker; Michael Uslan. Los Angeles: Warner Brothers, 1997. (125 min), widescreen, color. Produzido por Warner Vídeo Home.

ESTRELAS ALÉM DO TEMPO. Direção: Theodore Melfi. Produção: Donna Gigliotti; Peter Chernin; Jenno Topping; Pharrell Williams; Theodore Melfi. Los Angeles: 20th Century Fox, 2016. 1 DVD (127 min), color. Produzido por Fox 2000 Pictures; Chernin Entertainment; Levantine Films; TSG Entertainment. Baseado no livro “Hidden Figures - The American Dream and the Untold Story of the Black Women Mathematicians Who Helped Win the Space Race” de Margot Lee Shetterly.

TEXTO 6 – Carta de Einstein a Roosevelt

Albert Einstein

Old Grove Rd.

Nassau Point

Peconic, Long Island

2 de Agosto de 1939

F. R. Roosevelt

President of the United States

Whiste House

Washington, D.C.

Sr.,

Os recentes trabalhos de E. Fernu e L. Szilard, cujos manuscritos eu tenho recebido, faz com que eu creia que num futuro muito próximo, o elemento urânio possa ser transformado numa nova e importante fonte de energia. Alguns pontos da situação parecem necessitar de muita atenção e, se possível, imediata ação por da parte da Administração. Deste modo acredito ser meu dever levar à sua atenção os seguintes fatos e recomendações.

Nestes últimos quatro meses tornou-se provável, através do trabalho de Loiot na França, assim como de Fermi e Szilard nos Estados Unidos, que é possível dar início a uma reação nuclear em cadeia numa extensa massa de urânio, a partir da qual gerariam enormes quantidades de potência e de novos elementos idênticos ao urânio. Isso é um fato a ser alcançado num futuro bem próximo.

Tal fenômeno poderia ser utilizado na construção de bombas, sendo concebível, eu penso que é inevitável que se construam bombas de um novo tipo poderosíssimas. Uma única bomba deste tipo, transportada por um barco e detonada num porto, poderia destruir completamente o porto em questão, assim como o território que o rodeia. Porém, tais bombas talvez fossem pesadas demais para ser transportadas via

aérea.

Os Estados Unidos possui pouquíssimas minas com urânio de pouco valor e em quantidades moderadas. Há boas jazidas no Canadá e na ex-Checoslováquia, sendo que a fonte mais importante de urânio está no Congo Belga.

Por este motivo, você poderia considerar que é importante manter contato permanente entre a Administração e o grupo de físicos estão trabalhando em reações em cadeia nos Estados Unidos. Uma maneira possível de realizar esta tarefa seria destinar a missão a uma pessoa da sua total confiança que serviria, talvez, de maneira extra-oficial. As suas funções seriam estas:

- Manter contato com o Departamento do Governo, os informando dos próximos desenvolvimentos, e sugerir ações do Governo, tendo atenção ativa aos problemas de assegurar a provisão do minério de urânio aos Estados Unidos.
- Acelerar o trabalho experimental, que no momento acontece sob orçamentos limitados dos laboratórios das universidades. Esses fundos foram adquiridos por grupos privados.

Tomei conhecimento de que, atualmente, a Alemanha proibiu o comércio de urânio das minas da Checoslováquia, as quais foram tomadas pelo governo alemão. É fácil deduzir que a Alemanha tomou tais providências, pois o filho do Sub-Secretário do Estado Alemão, von Weizacker, é responsável pelo Instituto Kraisler Guillermo de Berlim onde alguns dos trabalhos estadunidenses estão sendo copiados.

Seu seguro servidor,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Einstein', written in a cursive style.

3 Plano de Aula terceiro Encontro

3.1 Identificação

Nível	Ensino Médio
Modalidade	Presencial
Tema	Tópicos de Relatividade
Duração	180 minutos – 3h/a

3.2 Objetivos

Discutir as questões à luz das teorias científicas vigentes, embasadas pelas leituras prévias dos textos sugeridos.

3.3 Metodologia

O professor deve conduzir o debate, organizando o tempo de fala de cada aluno, e orientando quanto a relação das questões elencadas anteriormente e a teoria aceita pela comunidade científica, cuidando para que os estudantes não desvirtuem o rumo do debate. Atividades como apresentam dificuldade no planejamento, visto que o debate depende da participação dos estudantes.

3.4 Recurso Utilizados

Espaço para realizar o debate.

3.5 Proposta de Avaliação

Produção de um mapa mental em casa.

4 MARATONA

4.1 Identificação

Nível	Ensino Médio
Modalidade	Distância
Tema	Tópicos de Relatividade
Duração	12,5 horas (no mínimo)

4.2 Objetivos

Identificar as questões/situações que possibilitem investigação a partir das teorias físicas apresentadas na série *Star Trek: Discovery* (2018).

4.3 Recursos utilizados

- Aparelho de TV, Computador ou celular
- Acesso à internet e ao serviço de *streaming*
- Participação no grupo criado em aplicativos de mensagens instantâneas ou fórum de discussão online.

4.4 Metodologia

A ordem em que cada estudante irá assistir os episódios da série depende da disponibilidade de cada um. Entretanto, série pode ser dividida em três blocos com cinco episódios. O professor irá marcar um horário para dar início à atividade e todos devem começar neste horário. O grupo servirá para discutir cada episódio em grupo, mesmo a tarefa sendo à distância. O fato de ser em um grupo online faz com que a interação seja em tempo real a fim de proporcionar a interação entre os estudantes, durante uma tarefa tão demorada.

4.5 Proposta avaliação

Para registro desta atividade o estudante deve produzir uma resenha de, ao menos, um episódio da série.

5 Plano de Aula quarto Encontro

5.1 Identificação

Nível	Ensino Médio
Modalidade	Presencial
Tema	Tópicos de Relatividade
Duração	180 minutos – 3h/a

5.2 Objetivos

Retomar as questões e debater, traçando um paralelo entre filme e série e preparar os seminários.

5.3 Metodologia

O professor deve conduzir o debate, organizando o tempo de fala de cada aluno, e orientando quanto à relação das questões elencadas anteriormente e a teoria aceita pela comunidade científica, cuidando para que os estudantes não desvirtuem o rumo do debate. Na metade do tempo de aula ocorrerá um intervalo, e, na segunda metade da aula, os estudantes se reunirão em grupo para tratar da preparação do seminário na aula seguinte.

5.4 Recurso Utilizados

- Sala de aula.

5.5 Proposta de Avaliação

Participação na produção do seminário.

6 Plano de Aula quinto Encontro

6.1 Identificação

Nível	Ensino Médio
Modalidade	Presencial
Tema	Tópicos de Relatividade
Duração	180 minutos – 3h/a

6.2 Objetivos

Apresentar ao grupo as explicações e reflexões sobre as pesquisas realizadas.

6.3 Metodologia

O professor deve organizar o tempo e a ordem das apresentações dos seminários. Recomenda-se, em média, vinte minutos para cada apresentação, com dez minutos para perguntas, observando o tempo de intervalo entre a terceira e quarta apresentação. Caso não haja questionamentos por parte dos estudantes, o professor deve levantar algumas questões sobre a apresentação.

6.4 Recurso Utilizados

- Data show
- Computador
- Quadro e pincel

6.5 Proposta de Avaliação

Apresentação dos seminários.

7 Plano de Aula sexto Encontro

7.1 Identificação

Nível	Ensino Médio
Modalidade	Presencial
Tema	Tópicos de Relatividade
Duração	180 minutos – 3h/a

7.2 Objetivos

Discutir sobre as perspectivas e limites das teorias.

7.3 Metodologia

Na primeira parte da aula será exibido o filme *De Volta para o Futuro II* (1989). Após o filme terá um intervalo de dez minutos. Na segunda parte da aula o professor deve conduzir o debate acerca dos limites das teorias, perspectivas de desenvolvimento tecnológico e o papel da ficção científica.

7.4 Recurso Utilizados

- Data show
- Computador
- DVD do filme

7.5 Proposta de Avaliação

Produção de um mapa mental em sala e responder a um questionário (online) autoavaliativo em casa. Sugerem-se as seguintes questões:

- Como você avalia seu aprendizado?
- Como você avalia sua dedicação?
- Quais aspectos/conceitos deste curso foram mais úteis ou valiosos?

Sugestões/Comentários

A aplicação de uma sequência de ensino aberta é uma tarefa desafiadora para os professores. Este tipo de sequência depende da interação dos estudantes e não são fáceis de controlar, pois no decorrer do debate podem acabar se desviando dos assuntos principais da aula. Sendo assim, ao optar por uma sequência deste tipo o professor deve se dispor compartilhar os aprendizados com os estudantes, de forma dialógica, pois em vários momentos terá que lidar com suas limitações.

Nesse sentido, este trabalho se propõe a indicar algumas direções para a aplicação deste tipo de atividade. Entretanto, replicar o método implica em lidar com adversidades e imprevistos, pois cada contexto representa um tipo de interação específica de uma realidade. Para nortear outras atividades semelhantes, segue abaixo algumas sugestões de filmes e séries que apresentam aspectos interessantes ao contexto escolar.

Filmes:

Perdido em Marte (2015);

Interstelar (2015);

Homem-Formiga (2015);

Homem-Formiga e a Vespa (2018);

Capitã Marvel (2019);

Vingadores – Ultimato (2019);

Moana (2017)

Uma Dobra no Tempo

A gente se vê ontem (2019)

Homen Aranha no Aranhaverso (2019)

Pantera Negra (2018)

Estrelas Além do Tempo (2016)

Séries:

The Expanse (2016 a 2018)

Dark (2017 a 2019)

Star Trek: Discovery (2018 a 2019)