

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

LEONARDO VICENTE DUARTE

DILATAÇÃO TEMPORAL E DOUTOR ESTRANHO

Uma Proposta de Ensino de Física por meio de um Filme do Universo Cinematográfico
Marvel

Araranguá

2021

LEONARDO VICENTE DUARTE

DILATAÇÃO TEMPORAL E DOUTOR ESTRANHO

Uma Proposta de Ensino de Física por meio de um Filme do Universo Cinematográfico
Marvel

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal
de Santa Catarina – Câmpus Araranguá, como parte
das exigências para obtenção do título em Licenciado
em Física.

Orientador: Mestre Israel Müller dos Santos

Araranguá

2021

Duarte, Leonardo Vicente
D812d Dilatação temporal e Doutor Estranho: uma proposta de ensino de física por meio de um filme do universo cinematográfico Marvel / Leonardo Vicente Duarte ; orientador: Israel Müller dos Santos. -- 2021. [59] f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá, 2021.

Inclui bibliografias

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Dilatação do tempo. 3. Cinema. 4. Relatividade geral (Física). I. Santos, Israel Müller dos. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Curso de Licenciatura em Física. IV. Título.

CDD 530.07

DILATAÇÃO TEMPORAL E DOUTOR ESTRANHO

LEONARDO VICENTE DUARTE

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção de graduação e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Araranguá, 20 de agosto de 2021.

Caroline da Silva Garcia - Mestra

Cesar Luiz Moreira da Fonseca Marques - Mestre

"Dedico este trabalho a duas pessoas extraordinárias, Amilton da Silva Duarte e Glória Vicente Duarte, meus queridos e amados pais".

AGRADECIMENTOS

A meus pais, por todo suporte, carinho, atenção e paciência me fornecidos durante toda minha vida;

A minha irmã, pelo incentivo em continuar, independente das adversidades;

A minha companheira, pelo apoio e pelas palavras de motivação, que se tornaram indispensáveis para mim nessa reta final;

Aos amigos, pela parceria e presença em momentos difíceis e momentos de alegria;

Ao IFSC e toda a comunidade acadêmica, pela transformação proporcionada através de minha formação;

A meu orientador, Israel Müller dos Santos, pela orientação, paciência e profissionalismo dignos de uma liderança.

“Imagination will often carry us to worlds that never were. But without it we go nowhere”
Carl Sagan

RESUMO

A pesquisa aqui relatada buscou elaborar, avaliar e disponibilizar uma sequência didática, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na epistemologia de Paul Feyerabend. A intenção foi levar a alunos do ensino médio questões acerca de Física Moderna e Contemporânea. Este trabalho utilizou o filme *Doctor Strange* (Doutor Estranho), da companhia *Marvel Entertainment*, como organizador prévio na tentativa de despertar predisposição para aprender Física. As discussões giram em torno dos temas Dilatação Temporal, Teoria da Relatividade Geral e Restrita. Para tal, se propõe uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com a situação-problema: “seria possível viajar no tempo?” Para além do ensino de Física, toda a discussão é permeada por questões de cunho filosófico que permitem também uma educação sobre ciência. A produção do trabalho, a UEPS e todo material necessário para sua implantação foram disponibilizados em uma página na *web* (rede mundial de computadores).

Palavras-chave: Dilatação Temporal; Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; Cinema.

ABSTRACT

This research aimed to elaborate, evaluate and make available a didactic sequence, based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning and Paul Feyerabend's Epistemology. The intention was to take high school students' questions about Modern and Contemporary Physics. This work used the movie Doctor Strange, by the company Marvel Entertainment, as a previous organizer in an attempt to awaken a predisposition to learn Physics. Discussions approach the themes Temporal Dilation, Theory of Relativity General and Theory of Relativity Restricted. For this purpose, a Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) is proposed with the problem-situation: "would it be possible to travel in time?" In addition to the teaching of Physics, the entire discussion is permeated by philosophical issues that also allow for an education on science. The production of the work, the PMTU and all the material necessary for its implementation were made available on a web page.

Keywords: Temporal Dilation; Physics Teaching; Meaningful learning; movies.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
DESENVOLVIMENTO	17
Referencial Teórico	17
Referencial Educacional e Epistemológico	17
Dilatação Temporal	19
Metodologia	22
Etapa (i)	23
Etapa (ii) e (iii)	23
Etapa (iv)	25
Etapa (v)	26
Resumo do Planejamento	27
Implementação da Sequência Didática	28
Das observações	29
Da regência	31
ANÁLISE DOS INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	40
Dos Questionários Iniciais e Finais.	41
Aluno 1	41
Aluno 2	42
Aluno 3	43
Aluno 4	45
Aluno 5	46
Diário de Bordo	48
Síntese dos dados	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A - Questionário Inicial	58
APÊNDICE B - Questionário Final	59

INTRODUÇÃO

O ensino voltado para reprodução de conteúdo, a preocupação excessiva por provas de admissão, a retenção de conceitos científicos estagnados nos currículos, a ideia de que a ciência é imutável e de que não há o que se questionar, são formas que vêm sendo criticadas em trabalhos e pelo meio docente em geral (SANTOS, 2019). Sendo assim, houve aqui a tentativa de distanciar-se de tais aspectos, considerados por muitos como nocivos para a educação.

Para tal, buscou-se neste trabalho empenhar-se em despertar no estudante, através de uma inspiração cinematográfica, a vontade de aprender conteúdos Física Moderna e Contemporânea (FMC) de forma significativa. Como **objetivo central**, avaliou-se o préstimo do filme *Doctor Strange* (Doutor Estranho), da companhia *Marvel Entertainment*, como organizador prévio em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Almejou-se também o desenvolvimento de uma sequência didática e materiais potencialmente significativos, desenvolvidos especialmente para este trabalho.

Os materiais e conteúdos abordados possuem ligação direta com a cinematografia escolhida e foram apresentados a uma turma do terceiro ano do ensino médio. Como consequência, analisou-se a eficácia dos materiais através da busca por indícios de Aprendizagem Significativa.

Os indícios surgem somente se alguns requisitos forem cumpridos. A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), desenvolvida por David Ausubel, valoriza a Aprendizagem com entendimento e com capacidade de transferência (MOREIRA, 2010). Ela também preconiza acerca das condições para que aconteça a Aprendizagem Significativa. A primeira é que a natureza do material disponibilizado precisa se relacionar “de maneira não-arbitrária com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz” (MOREIRA, CABALLERO, RODRÍGUEZ, 1997, p. 2), que seria o material potencialmente significativo. Segundo Feyerabend (2006), para o bem da própria ciência, é necessária a valorização das diversas formas de conhecimento. Portanto, na construção desse tipo de material não se buscou desvalorizar a forma como o estudante entendia o tema a ser abordado, mas sim esquadrihar possíveis maneiras de conectar a gnose do indivíduo com a nova informação apresentada. A segunda condição é que o aluno tenha predisposição em aprender ao invés de apenas memorizar, pois sem essa predisposição não importa quão

potencialmente significativo o material seja (MOREIRA E MANSINI, 2006). Dentre as duas condições apontadas como necessárias por Ausubel, talvez, a predisposição em aprender seja a mais difícil de ser alcançada. Como coloca Watanabe *et al.* (2012), os alunos não se vislumbram como potenciais participantes do empreendimento científico por acreditar que ele é reservado para uma minoria privilegiada.

A falta de interesse dos estudantes com a ciência pode ser entendida pela falta de afinidade com o esforço científico, “outro fator que contribui para o desinteresse nas aulas de ciências são termos complicados que dificultam a aprendizagem” (REZENDE, PAIXÃO, VIEIRA, 2012, p.4). Sendo assim, parece útil buscar maneiras de despertar a predisposição para aprender Física em alunos do ensino médio. A opção por abordar temas que permeiam os conteúdos de Astronomia, envolvendo FMC, se mostra útil quando se leva em consideração os argumentos de Langhi e Nardi (2014). Os autores elencam os argumentos, apresentados pelos pesquisadores em ensino de astronomia, que justificam a importância de ensinar sobre tópicos do tema. Entre eles destacam-se: que o ensino de astronomia contribui para discussões de história e filosofia da ciência e de temas ligados à ciência, tecnologia e sociedade; que ela é um elemento motivador e que pode auxiliar na alfabetização científica e na discussão de concepções alternativas.

Outro ponto motivador dessa pesquisa deriva da argumentação de Brockington e Pietrocola (2005) de que há necessidade de atualização dos programas de Física na educação básica, principalmente para incluir temas relacionados à FMC. Os autores reconhecem as dificuldades para elaborar propostas concretas para que os conteúdos da temática cheguem à sala de aula, tais como a complexidade intrínseca destes tópicos e a insegurança inerente a qualquer mudança no domínio escolar. Ainda, grande parte dos professores estão cercados por um cenário pedagógico que permite pouca flexibilidade. Sendo assim, optou-se por encontrar também um assunto de FMC para ser abordado na proposta didática. Para a escolha do tema, é necessário ressaltar que a pesquisa parte da visão de aproximar o conhecimento prévio dos alunos de conceitos fisicamente aceitos, de forma a valorizar o que os alunos já sabiam sem desmerecer suas preferências.

Advindo da **justificativa**, pareceu acertado conhecer quais cinematografias e tópicos de Física são mais difundidos e conhecidos pelo público em geral. Segundo Silva e Almeida (2005), pode-se destacar que os assuntos preferidos entre os jornalistas de divulgação científica estão relacionados à Astronomia e Astrofísica, muitos deles diretamente ligados à

FMC. Para adentrar em tais assuntos, optou-se por um filme de super-herói da franquia *Marvel Studios*, que a partir dos anos 2000 despertou um grande interesse do público, principalmente jovem (SANTOS, 2019, p. 11). De acordo com Liam Burke (2015), é possível caracterizar “a primeira década do século XXI como um momento de nítida efervescência das adaptações de quadrinhos, ou uma Era de Ouro do Filme de Quadrinhos” (Burke L., 2015, p.23 apud GONÇALVES, 2017, p.13).

O móbil que alega a escolha do filme de fantasia *Doutor Estranho* (2016) está no superpoder que *Steve Ditko* e *Stan Lee*, criadores das histórias em quadrinhos Marvel, deram ao personagem. No filme, o médico cirurgião *Stephen Vincent Strange*, mais conhecido como Doutor Estranho, após sofrer um grave acidente e perder parte dos movimentos das mãos, procura ajuda espiritual na tentativa de voltar a exercer sua profissão. Durante sua busca, ele encontra uma anciã que lhe apresenta segredos sobre o universo. Entre eles está um livro proibido que contém técnicas para manipulação temporal. Na tentativa de proteger o mundo do mal, o personagem utiliza essas técnicas para voltar e avançar no tempo, além de criar o que eles chamam de *looping temporal*.

Mexer com o tempo, sem ferir os princípios físicos, pode se tornar uma tarefa difícil até mesmo para o mundo da fantasia. Os problemas que envolvem o *Princípio da Causalidade*, por exemplo, abrem um leque de possíveis assuntos que podem ser problematizados com os estudantes. Para tal, optou-se pelas concepções básicas necessárias para se trabalhar com a temática como: as características da luz, paradoxos temporais, além dos conceitos de Relatividade Geral e Restrita. Ao se referir a concepções básicas, espera-se que o leitor não as confunda como sendo de fácil compreensão, mas sim de natureza essencial/basilar. O intuito foi possibilitar um suporte de conceitos físicos que fornecesse aos alunos condições para uma visão crítica das cenas, que, por sua vez, tiveram o propósito de abordar o tema de forma mais atrativa.

Logo, a **questão** temática que a pesquisa pretende avançar é: seria viável, para despertar a predisposição em aprender temas de FMC, utilizar o filme *Doutor Estranho*, da franquia *Marvel*, como organizador-prévio e como ideias âncoras para a organização sequencial? Para tanto, se sugere uma UEPS com discussão *de e sobre* ciência, com intuito de aproximar o aprendizado do mundo real.

A preocupação em falar sobre ciência, vai além de simplesmente propagá-la, pois a principal intenção aqui foi trazer significado para os temas. O conteúdo de Dilatação

Temporal foge do cotidiano das pessoas, o que o torna abstrato. Entretanto, não significa que esse fenômeno seja uma ficção, pois a ciência é o estudo da realidade.

A melhor parte de ler sobre ciência é que cada página, cada personagem, cada lugar, cada situação descrita, cada explicação, tudo é real! Tudo que estamos lendo faz parte do mundo em que vivemos e, assim, descobrir mais sobre ciência é descobrir mais sobre nós mesmos. (SANTOS, 2019, p.50)

Entender a importância de falar sobre ciência, não elimina o tempo necessário para preparações de aulas com esta visão. O dia a dia das escolas pode dificultar o trabalho do professor que se preocupa em trazer tais discussões para a classe.

Ademais, tendo em vista as dificuldades enfrentadas por docentes para levar os tópicos de FMC para a sala de aula, disponibilizou-se todo material potencialmente significativo na rede mundial de computadores. Procura-se possibilitar assim uma maior difusão dos dados e materiais adquiridos com a realização deste trabalho.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão sobre a autenticidade, da pesquisa realizada neste trabalho, foi verificada através da busca por artigos dos seguintes periódicos: Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Experiências em Ensino de Ciências, Física na Escola, Aprendizagem Significativa em Revista, e por ultimo, Revista do Professor de Física. Os locais de busca foram escolhidos pela sua classificação de tipos de pesquisa, restringindo-se aos periódicos dos últimos dez anos (de 2011 a 2021). Os descritores pesquisados foram: trabalhos que discutam sobre “Dilatação Temporal no Ensino de Física” e uso de “filmes de super-heróis no Ensino de Física”. Como resultado, não foram encontrados trabalhos que abordam temas de dilatação temporal no ensino, bem como trabalhos que utilizem filmes super-heróis como organizadores prévios.

Por fim, vale lembrar que, é de conhecimento do autor, que dois, dos três, trabalhos derivados do projeto de pesquisa intitulado **Vingadores da Física**¹ já foram apresentados e aprovados, atestando ainda mais a relevância desta pesquisa. O primeiro aprovado foi a dissertação de mestrado “Física Nuclear e de Partículas e o Filme Homem de Ferro 2: Uma Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa” (SANTOS, 2019) e a monografia “Relatividade Geral e Buracos de Minhoca: Uma Proposta de Ensino e Divulgação Científica por meio do Super-herói Thor” (NUNES, 2020).

Para além, buscou-se, na Etapa (i) desta monografia, trabalhos que atestam a importância de desenvolver este tipo de pesquisa. Contando com contribuições como a de Pietrocola (2005), que indica a necessidade de inclusão dos temas nos programas de educação básica; De Langhi e Nardi (2014), ao apresentarem a importância da astronomia e astrofísica para auxiliar na alfabetização científica; Silva e Almeida (2005) atestando o sucesso dos temas de FMC em sessões de divulgação científica de jornais e revistas; além de Burke (2015), Gonçalves (2017) e mais recentemente Santos (2019) ao mostrarem a ascensão dos quadrinhos nos últimos anos. Tais trabalhos fortaleceram a hipótese, feita antes do início da

¹ A iniciativa **Vingadores da Física** foi um projeto desenvolvido pelo autor deste trabalho, em união com outros colegas e professores, do curso de Licenciatura em Física, do IFSC - Campus Araranguá. Tal projeto buscou atestar a relevância dos filmes de super-heróis da franquia *Marvel Entertainment*, como organizadores prévios para o ensino de Física.

pesquisa, de que era possível conseguir bons resultados relacionando o tema de Dilatação Temporal e o filme Doutor Estranho.

DESENVOLVIMENTO

Referencial Teórico

Referencial Educacional e Epistemológico

O trabalho procurou articular os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel com a epistemologia de Paul Feyerabend, usando como metodologia as UEPS. Segundo a Teoria de Ausubel, a existência de *materiais potencialmente significativos e predisposição à aprender*, são fatores indispensáveis para que ocorram aprendizagens significativas (MASINI e MOREIRA, 2008). Ao trazer a epistemologia de Feyerabend, tornou-se possível “se afastar de uma visão cumulativa de ciência, podendo abordá-la como uma **construção humana** coletiva” (SANTOS, 2019, p. 15, grifo nosso) e como tal não está imune a erros. Para que fosse possível unir as idéias acima, pensou-se na criação de uma UEPS capaz de garantir os princípios da TAS. A tentativa buscou gerar passos confiáveis que despertasse no aluno a dúvida daquilo que lhe é dito, tentando estimular a necessidade de compreender o tema ao invés de acreditar em uma verdade absoluta.

Para Paul Karl Feyerabend a valorização de outros conhecimentos, além do científico, é de extrema importância para possibilitar um pensamento livre, beneficiando assim a própria ciência. Nascido em Viena, na Áustria, em 1924, ele tornou-se um dos mais influentes epistemólogos do século passado (PRESTON *et al.*, 2000), ele viveu em diversos países como Reino Unido, Estados Unidos, Nova Zelândia, Itália e faleceu em Zurique, na Suíça, no ano de 1994. Suas ideias causam bastante desconforto nos que ele chamou de “lobos científicos” (DAMASIO e PEDUZZI, 2015). De acordo com Damasio (2015), muitas das críticas que o autor recebe ainda hoje, derivam da falta de compreensão de sua epistemologia. Entre estas interpretações equivocadas estão: a de que o anarquismo epistemológico leva a ciência ao caos, que a tese central da epistemologia de Feyerabend é o vale tudo, que a defesa da irracionalidade na ciência descaracteriza o empreendimento científico e de que o relativismo não explica o progresso da ciência (DAMASIO e PEDUZZI, 2017).

Uma das características da epistemologia de Feyerabend é a valorização da diversidade cultural. Ele defende a apreciação das diferentes maneiras pelas quais os

humanos podem viver com a natureza e que concordam plenamente com o pluralismo da própria ciência. Mesmo que se possa aprender muito com as ciências, também se pode com as religiões, humanidades e tradições antigas, por exemplo. “Nenhuma área é unificada e perfeita, e poucas são repulsivas e completamente desprovidas de mérito” (FEYERABEND, 2006, p. 214). Considerando a ciência tal qual Feyerabend descreve, não há motivos para se desconsiderar o que há fora dela. Muitas tradições não científicas têm sucesso “no sentido de permitir que os seus membros vivam uma vida moderadamente rica e realizada” (FEYERABEND, 2006, p. 261). Para ele, as abordagens não científicas também recebem uma resposta positiva que evidencia, inclusive, o quanto o desenvolvimento do conhecimento transcende a suposição de uniformidade e singularidade de excelência científica; a natureza, por certo, é muito mais complexa que na crença dos “lobos científicos”. Para desfrutar de tal filosofia, dentro da sala de aula, foi necessário uma cuidadosa organização fundamentada.

As UEPS foram propostas por Moreira (2011) como sequências didáticas fundamentadas, sobretudo, na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. Para o autor, as UEPS podem auxiliar a mudar o quadro que a escola vigente expõe em que são apresentados aos alunos os conhecimentos que eles devem saber e os estudantes copiam, memorizam e reproduzem nas avaliações. Este modelo de narrativa é aceito desde professores e alunos, até pais e diretores.

A construção das UEPS envolve aspectos sequenciais. Inicialmente define-se o tópico específico a ser abordado, seguido da proposta de uma situação que leve os alunos a expor seus conhecimentos prévios. A seguir, se propõe uma *situação problema* em nível inicial em que se leve em consideração os conhecimentos prévios e que antecede a introdução das questões a serem discutidas. Uma opção para as situações-problema podem ser *organizadores prévios*, que neste trabalho se caracteriza na apresentação de um filme. Tais organizadores possibilitam a abordagem dos temas de forma não direta, permitindo ao estudante a chance de realizar um exercício mental capaz de organizar todas as informações que já ouvira falar sobre, bem como a oportunidade de ele mesmo problematizar aquilo que vê e escuta. Logo após, as UEPS sugerem retomar os aspectos mais gerais e estruturantes das questões discutidas em nova abordagem, em um nível mais alto de complexidade, por meio de novas situações-problemas. Por fim, a avaliação deve ser planejada para procurar indicativos de Aprendizagem Significativa.

A forma de avaliar possíveis aprendizagens que resultem em significado ao indivíduo, está na definição do que aqui foi chamado de **evolução conceitual**. De acordo com Moreira e Greca (2003), definir de fato o que é uma evolução de conceito não é uma tarefa fácil. “Tantas foram as tentativas de responder questões desse tipo, isto é, respeito à mudança conceitual” (MOREIRA e GRECA, 2003, p. 2), que os autores consideraram os anos oitenta, para as pesquisas em didáticas de ciências, como sendo a “década da mudança conceitual”. O artigo *A Mudança Conceitual: Análise Crítica E Propostas À Luz Da Teoria Da Aprendizagem Significativa*, publicado em 2003, é uma adaptação dos trabalhos apresentados no III Seminário Internacional sobre Concepções Alternativas e Estratégias Educacionais em Ciências e Matemática”, Ithaca, Cornell, de 1993. Nele, Moreira e Greca concluem que “está na hora, em definitivo, de abandonar o termo *mudança conceitual* e modelos que a sugerem como *substituição conceitual*” (MOREIRA e GRECA, 2003, grifo do autor). Pois, estudos envolvendo tais nomenclaturas, indicam uma troca de estrutura, com se ao momento da aprendizagem, o indivíduo rejeitasse sua antiga forma de compreensão e adquirisse uma inteiramente nova. Sendo assim os termos:

“[...] evolução, desenvolvimento, enriquecimento conceitual e discriminação de significados são ideias mais promissoras porque não implicam mudança de conceitos ou de significados. Por outro lado, elas implicam aprendizagem significativa” (MOREIRA e GRECA, 2003, p. 13).

O que torna assertivo, na visão dos autores, considerar a evolução conceitual, um indício de Aprendizagem Significativa.

Dilatação Temporal

O tema específico do trabalho é a Dilatação Temporal, tal conteúdo permeia as áreas de Astronomia, Astrofísica e mais notadamente FMC. O estudo do tempo está diretamente relacionado com o espaço físico. A ideia de passado, presente e futuro aqui, é vista de forma cuidadosa. O famoso físico Albert Einstein foi um dos grandes contribuidores para entendê-lo. Neste ramo ainda busca-se por muitas respostas, mas Teorias já sinalizam possíveis descobertas futuras. A Dilatação Temporal já é um fato científico, como mostram experimentos realizados com relógios atômicos. Esse fenômeno pode ser melhor entendido através da Teoria da Relatividade.

Segundo a 6ª edição (2014) do livro “Física Moderna”, tradução do livro “*Modern Physics*”, de Paul A. Tipler (1933), até o início do século XX a gravidade era entendida segundo as leis de Isaac Newton. Para ele, a gravidade era uma força causada pela massa dos objetos, ao qual fazia com que eles se atraíssem, sendo assim o objeto com mais massa atrai com maior intensidade e por esse motivo estamos presos na Terra, pois ela possui uma massa imensamente maior que a nossa, nos atraindo para seu centro. Para Newton, este mesmo efeito segura os planetas em torno do Sol, sua interpretação é de que a gravidade agia como uma força de ação imediata, independente da distância entre os corpos. Mas para Albert Einstein, havia um problema ao considerar algo mais rápido que a luz, fazendo-o imaginar que a gravidade poderia funcionar de um modo diferente (TIPLER, 2014, p. 9).

De forma resumida e simplificada, Einstein imaginou o espaço tridimensional e a dimensão temporal juntas em uma espécie de tecido cósmico. Segundo ele, esse tecido preenche todo o universo que nos rodeia e pode ser deformado na presença de outros corpos. Enquanto maior a massa, maior a deformação. O físico chamou esta espécie de “tecido” de espaço-tempo. Ao imaginar o sistema planetário, podemos considerar o Sol como sendo uma imensa esfera massiva que deforma/curva o tecido. Ao sentirmos a força gravitacional, estamos sentindo a curvatura do espaço-tempo. Logo, diferente das idéias de Newton, os planetas giram em torno do Sol, não porque são atraídos por uma força, mas sim por seguirem a curvatura gerada por esse imenso corpo celeste no tecido cósmico. Logo a gravidade não pode mais ser considerada como uma força de ação imediata, mas sim o efeito da curvatura do espaço-tempo sobre os corpos.

A Teoria da Relatividade Geral por sua vez, baseou-se no Princípio da Equivalência, A ideia gira em torno da incapacidade de conseguirmos discernir um movimento acelerado de uma ação gravitacional (TIPLER, 2014). O que significa dizer que, estar parado sobre a superfície da Terra ou viajar pelo espaço com uma aceleração aproximada de $9,8 \text{ m/s}^2$ gera a mesma sensação de deformação no espaço-tempo .

Os estudos envolvendo este tema já trouxeram algumas confirmações. Uma delas é de que o tempo pode ser acelerado ou desacelerado, isso dependerá da velocidade do observador em relação ao observado. Tais perturbações vão muito além de meras percepções temporais, tal fenômeno é capaz de alterar até mesmo a velocidade do desenvolvimento biológico por exemplo, o que nos indica que o tempo é realmente relativo (TIPLER, 2014, p. 19). Sendo assim, como em filmes de ficção, parece razoável imaginar que a viagem no tempo é algo

possível. Este é o principal questionamento dentro da temática. Seria possível viajar no tempo? Podemos ver coisas que já ocorreram ou que ocorreram no futuro?

Algumas destas respostas ainda geram dúvidas no meio científico, mas já temos algumas respostas. Como exemplo primário temos a luz de outras estrelas, uma forma de ver um passado tão distante que antecede até mesmo o surgimento da vida na Terra (GAMOW, 1944). As distâncias dentro do campo da astronomia são tão grandes que a luz, mesmo tendo a maior velocidade possível, leva tempo para sair de sua estrela natal e chegar até nossos olhos. Logo o que vemos são como as estrelas eram quando aqueles fótons partiram dela rumo a uma viagem cósmica. Mesmo no mundo cotidiano, tudo que vemos à nossa volta são detecções de luz de acontecimentos do passado. Porém, o deslocamento de pequenas distâncias associadas à imensa velocidade da luz gera um intervalo de tempo tão pequeno que podemos desprezá-lo.

As explicações de Albert Einstein na formulação das Teorias da Relatividade Geral e Relatividade Restrita, vão muito além das generalizações feitas acima. Vale lembrar que, como apontado por Martins (2005), ele não foi o criador de todo o estudo, diversos cientistas já pensavam sobre o problema. “Costuma-se pensar que a teoria da relatividade especial foi criada por Albert Einstein, em 1905. No entanto, quando Einstein era uma criança e ainda não sabia ler nem escrever, já se discutia um dos principais efeitos relativísticos” (MARTINS, 2005, p. 1). As diversas contribuições, de cientistas anteriores a ele, possibilitaram que o famoso físico sintetizasse as idéias em suas Teorias.

Após a publicação dos trabalhos de Albert Einstein, o físico Paul Langevin, em resposta às Teorias da Relatividade, propõe um exercício mental interessante conhecido por **paradoxo dos gêmeos**². Tal proposta é conhecida por trazer um problema à relativização do tempo. Langevin propôs a seguinte situação: imagine que exista dois irmãos gêmeos idênticos. Enquanto ainda são jovens, um deles parte para uma viagem espacial em uma espaçonave que viaja a velocidades muito próximas à velocidade da luz. Alguns anos se passam e o irmão viajante volta para a Terra e encontra seu irmão gêmeo, que está muito mais velho que o gêmeo viajante. Segundo Paul A. Tipler (2014), a Teoria da Relatividade Restrita, proposta por Albert Einstein em 1905, foi baseada em dois postulados. O primeiro afirma que as relações matemáticas que governam os fenômenos físicos têm a mesma forma

² “O **paradoxo dos gêmeos**: Talvez um dos mais famosos paradoxos da relatividade restrita, seja o paradoxo dos gêmeos, também conhecido como paradoxo do relógio” (TIPLER, 2014.p. 29)

em todos os referenciais inerciais. O segundo garante que “a velocidade da luz no vácuo tem valor c , qualquer que seja o movimento da fonte” (TIPLER, 2014. p. 9). Sendo assim, tal situação se tornaria um paradoxo, pois, no referencial da terra, o irmão viajante se afastaria a uma velocidade próxima à da luz. Já para o gêmeo dentro da nave, é a Terra quem se afasta próxima a velocidade c . Como não há um referencial privilegiado, quem estaria correto? Segundo Tipler (2014), o paradoxo é solucionado quando se assume que os efeitos gerados por grandes acelerações são os que mais influenciam nas distorções do espaço-tempo.

Por fim, pareceu interessante dividir cronologicamente o conteúdo trabalhado com a turma. Ele se inicia com a exposição das principais características da luz, como: sua velocidade, sua constância e formas de propagar-se. Em seguida, analisamos quais outras informações e conclusões podemos chegar utilizando estas características. Para tal, foi problematizado o tempo de comunicação entre a Terra e as diversas estrelas. Outro ponto abordado foram as estranhezas geradas ao atingirem grandes velocidades. Logo após, as Teorias da Relatividade Geral e Restrita foram discutidas na tentativa de entender algumas dessas coisas, com elas novas visões sobre a gravidade, o espaço e o tempo ficaram à disposição dos alunos. Mas as Teorias também foram questionadas ao discutirmos as implicações do paradoxo dos gêmeos. Para além, apostamos no despertar da predisposição a aprender Física, incentivada com este trabalho, nos alunos.

Metodologia

A pesquisa já tendo claros seus objetivos, sua questão chave, suas fundamentações (teórica, educacional, epistemológica e metodológica) e o assunto a ser abordado, o próximo passo era o desenvolvimento detalhado da proposta. Para tanto, a metodologia utilizada envolveu sete etapas: (i) Revisão bibliográfica; (ii) Planejamento e elaboração da UEPS; (iii) Construção do material potencialmente significativo; (iv) Preparação de uma página educativa na rede mundial de computadores para disponibilizar a proposta didática; (v) Implementação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (vi); Análise dos dados a serem coletados e; (vii) Publicação de um ou mais vídeos na rede mundial de computadores.

Etapa (i)

A ideia inicial partiu da vontade de trabalhar a educação de forma diferente, tendo como direção duas paixões dos envolvidos no trabalho, quadrinhos e Astronomia. Por isso, para a etapa (i) não almejava-se fazer um estado da arte dos indicadores pesquisados, como a realizada previamente para a verificação de inovação do trabalho. A intenção era encontrar trabalhos que pudessem reafirmar ou não a relevância da proposta, além da possibilidade de auxiliar no desenvolvimento da ideia mostrando aspectos relevantes que foram inicialmente não destacados pelas propostas do projeto.

As pesquisas trouxeram uma série de motivos que justificaram o trabalho. Entre eles estão as contribuições de Pietrocola (2005), mostrando a necessidade de inclusão dos temas nos programas de educação básica; De Langhi e Nardi (2014), trazendo a importância da astronomia e astrofísica para auxiliar na alfabetização científica; Silva e Almeida (2005) ao trazerem dados que identificaram o sucesso dos temas em sessões de divulgação científica de jornais e revistas; Burke (2015) e Gonçalves (2017) ao mostrarem a ascensão dos quadrinhos; Mais ressentimento com Santos (2019) que apresenta o sucesso da franquia Marvel entre os públicos, principalmente jovem; E por fim Feyerabend ao valorizar as diferentes formas de conhecimento. Essa etapa foi fundamental para a etapa (ii), que foi o planejamento da abordagem do projeto e a materialização da UEPS, que por sua vez necessitava do material instrucional que constitui a etapa (iii).

Etapa (ii) e (iii)

Para facilitar a compreensão da montagem e ordem de acontecimentos dos momentos dois e três, é possível afirmar a terceira como sendo uma subetapa da segunda. Sendo assim, tornou-se necessário o desenvolvimento dos materiais potencialmente significativos para que a UEPS pudesse ser de fato concluída.

A seleção de um filme que ligasse o superpoder à temática de Astronomia e FMC foi o primeiro passo na construção de materiais potencialmente significativos. O filme que mais pareceu se encaixar com a ideia da proposta foi do super-herói *Doctor Strange* (Doutor Estranho), — personagem capaz de manipular o tempo, viajando para o passado e futuro, mas

também descobre o superpoder de criar *loops* temporais — Após à escolha, o trabalho se concentrou em confeccionar os materiais que viriam a ser utilizados dentro da UEPS.

A parte inicial desse tipo de sequência didática concentra-se no levantamento de conhecimentos prévios. Para isto, foram elaboradas perguntas gerais como: 1) É possível viajar no tempo? Se a resposta for *sim*, como? 2) O que de fato é viajar no tempo? 3) Podemos ver coisas que aconteceram no passado ou que ocorrerão no futuro? 4) O que você já ouviu falar sobre buracos negros? 5) É possível viajar na velocidade da luz? 6) O que você já leu, assistiu ou presenciou alguém comentando sobre a Teoria da Relatividade? 7) Do que se trata a Teoria da Relatividade? Vale ressaltar que a listagem de perguntas, não teve o intuito de obter respostas cientificamente aceitas sobre o assunto, mas sim uma tentativa de estimular os alunos a apresentarem quais informações eles possuíam antes da implementação da UEPS. Em conformidade com o aporte filosófico adotado, houve aqui o cuidado para garantir a não desvalorização das diferentes formas de conhecimento, sem julgá-las como certas ou erradas. A preparação de aulas que possibilitasse uma possível Aprendizagem Significativa, só foi possível após a análise do questionário inicial.

A partir do retorno obtido com as perguntas, o próximo passo, ainda dentro da UEPS, é um momento chamado de revisão. A metodologia usada consistiu em arquitetar, por meio da construção de apresentações de slides, imagens que ajudassem a compreensão dos assuntos que viriam a ser discutidos. Como por exemplo, a seleção de vídeos comparativos, para auxiliar a compreensão dos tamanhos e distâncias abordados durante a realização da unidade de ensino. Em seguida, foram desenvolvidas perguntas geradoras de problemas de nível inicial e em de níveis mais altos de complexidade.

A situação-problema inicial consiste em nortear o estudo com problemas chaves. Inicialmente esperava-se que os alunos fossem capazes de compreender quais assuntos e eventos estão ligados com a temática de Dilatação Temporal. Para tal, buscou-se debater as principais características da luz e de que forma nosso corpo a detecta. Em níveis mais altos de complexidade, buscou-se analisar com os estudantes os problemas que poderiam ocorrer ao atingir velocidades próximas à da luz. Para auxiliar na análise de Aprendizagem, foi elaborado um questionário final, como forma de avaliação individual.

A elaboração da avaliação individual necessitou de perguntas mais específicas que as do questionário inicial. Para o projeto, ela teve o papel de apoiar na busca por indícios de Aprendizagem Significativa.

Tais perguntas foram: 1) No filme, Doutor Estranho, o super herói manipula o tempo, viaja para o passado, futuro e cria um *loop* temporal. De acordo com a comunidade científica, podemos ver coisas que aconteceram no passado ou que ocorrerão no futuro? Justifique. 2) Se você estivesse se movendo numa espaçonave em alta velocidade em relação a Terra, você notaria alguma diferença em sua pulsação? E na pulsação das pessoas que ficaram na Terra? 3) A Dilatação Temporal significa que o tempo de fato passa mais lentamente em sistemas que estão em movimento, ou o tempo apenas parece passar mais lentamente? Por que isso acontece? 4) Quando olhamos para o céu noturno, vemos uma grande quantidade de estrelas, muitas das quais se encontram a dezenas e até a centenas de anos-luz de distância da Terra. Na verdade, estamos observando as estrelas como elas eram há dezenas, centenas ou até milhares de anos, e algumas delas podem nem mais existir atualmente. Esse fato ocorre por quê? 5) De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de $0,999 c$ para um planeta de uma estrela situada a 10 anos-luz de distância. Ele passa 2 anos neste planeta e retorna para casa a $0,999 c$. Ao chegar na Terra, quando você observa seu amigo, ele pareceria mais velho, mais novo ou com a mesma idade que você? Por que isso acontece?

Etapa (iv)

Uma vez desenvolvida a parte pedagógica do projeto, procurou-se disponibilizar a proposta para demais professores e interessados. Para tanto, na etapa (iv) se construiu uma página educativa (Figura 1) na rede mundial de computadores. Todo o material produzido nas etapas (ii) e (iii) estão disponíveis no site [VF Doutor Estranho](https://leonardovduarte.wixsite.com/vfdoutorestranho)³. Este último material não possui a intenção de trabalhar o conteúdo escolhido, mas sim uma tentativa de despertar a curiosidade no alunado.

³ <https://leonardovduarte.wixsite.com/vfdoutorestranho>

Figura 1. Página inicial do site desenvolvido para disponibilização e divulgação do trabalho.



Fonte: Captura de tela, do site, feita pelo autor, 2021.

Etapa (v)

Para a etapa (v), concentrou-se na escolha de uma escola e turma para realização do projeto. Com intenção de contribuir para o ensino público, optou-se por uma turma do terceiro ano do ensino médio de uma escola da rede estadual de ensino. Vale ressaltar que a realização desta parte do trabalho não ocorreu necessariamente posterior às etapas citadas acima, pois a construção da UEPS foi pensada já levando em consideração o local no qual ela foi implementada.

Resumo do Planejamento

Tabela 1. Planejamento dividido em encontros.

Data	<u>01/04/2019</u>	<u>08/14/2019</u>	<u>15/04/2019</u>	<u>22/04/2019</u>	<u>29/04/2019</u>	<u>06/05/2016</u>
Tema(s)	- FMC.	- FMC.	- FMC.	- FMC.	- FMC.	- FMC.
Saber(es) / Conteúdo(s)	- Teoria da Relatividade; - Dilatação Temporal.	- Dilatação Temporal.	- Dilatação Temporal; - Características da luz.	- Dilatação Temporal; - Teoria da Relatividade.	- Teoria da Relatividade; - Dilatação Temporal; - Características da luz.	- Teoria da Relatividade; - Dilatação Temporal; - Características da luz.
Objetivo(s)	- Predispor a aprender.	- Predispor a aprender; - Expor os conhecimentos prévios.	- Descrever algumas características da luz; - Refletir acerca do paradoxo em grandes velocidades.	- Refletir acerca do paradoxo em grandes velocidades; - Identificar possíveis problemas ao viajar no tempo.	- Expor indícios de Aprendizagem Significativa da temática.	- Expor indícios de evolução conceitual.
Roteiro	- Apresentação do projeto Vingadores da Física; - Exibição do filme Doutor Estranho como organizador prévio;	- Finalização da exibição do filme; - Reflexão sobre a Física presente no filme; - Realização do questionário individual;	- Revisão da aula anterior; - Características da luz; - Apresentação do paradoxo dos gêmeos.	- Revisão da aula anterior; - Exemplos de situações com problemas temporais; - Apresentação da Teoria da Relatividade Geral e Restrita.	- Resolução do paradoxo dos gêmeos. - Realização do questionário/avaliação final.	- Devolução dos questionário final e inicial; - Aula integradora final; - Demonstração do telescópio.

Fonte: Autoria própria, 2019.

Implementação da Sequência Didática

O trabalho foi implementado durante a realização da disciplina de *Estágio III*, do curso de Licenciatura em Física do IFSC. A unidade foi pensada de modo que completasse uma carga horária de 12 horas/aula de regência. Para abordar tais temáticas no início do ano letivo da rede estadual, foi necessário negociar com o docente titular. Pois, apesar da regulamentação oficial não exigir, havia uma tendência da escola em cobrar que os assuntos fossem apresentados na ordem sugerida na Base Nacional Comum Curricular (BNCC)⁴. A disposição dos conteúdos de FMC, mais especificamente sobre Teoria da Relatividade, aparecem apenas no final do documento (BRASIL, 2018). Entretanto, a implementação ocorreu no início do ano letivo, por isso a necessidade de acordo com o professor. Feito isso, para a disciplina de Estágio III, iniciou-se uma fase de observação que antecedeu a regência.

Derivada das aulas de Física, ministradas pelo professor titular da classe, do período vespertino, a observação ocorreu em um total de dois encontros, com duas horas/aula cada. Nesse tempo, foi possível traçar um breve perfil do ambiente e características da sala. Respeitando as exigências da disciplina de Estágio III, esse momento possibilitou a coleta de informações que auxiliaram na atualização da sequência didática, sempre na tentativa de aproximar e adaptar a metodologia à realidade da escola, mais especificamente da turma.

Nos encontros iniciais da regência, almejou-se perquirir por subsunçores para que a UEPS pudesse ser realizada seguindo as orientações e organização descritas por Moreira (2011). A sequência foi dividida em seis encontros, com uma duração de duas horas/aula cada. Vale ressaltar que o planejamento preocupou-se em encaixar a quantidade de aulas disponíveis na carga horária exigida pela disciplina de Estágio III. Outro ponto importante é que tal encaixe não teve o intuito de mantê-la “engessada”. Pelo contrário, sua montagem visou possibilitar adaptações à realidade de tempo e cotidiano de outras salas de aula. Lembro ainda que todos os recursos, aqui utilizados, estão disponíveis no site⁵ presente na rede mundial de computadores.

⁴ Acesso à BNCC realizado em março de 2019.

⁵ <https://leonardovduarte.wixsite.com/vfdoutorestranho>

Das observações

A primeira aula observada ocorreu no dia 11 de março do ano de 2019. Durante a primeira e segunda aula do período vespertino, fui apresentado à classe pelo docente. Em seguida, me sentei ao fundo da sala, na tentativa de minimizar os efeitos de minha presença como observador. Logo no início, o professor informou sobre os assuntos estudados na aula anterior, o tema era eletricidade. Devido a fala extremamente rápida do professor, foi feita uma rápida introdução sobre a matéria, quase em tom de brincadeira. Ao observar algumas risadas, pude perceber que os alunos possuíam uma interação amigável com o docente. Isso se mostrou positivo, pois “um evento educativo, [...] é também acompanhado de uma experiência afetiva” (MOREIRA et al., 1997, p.13).

Ao iniciar com as formas de eletrização, o educador buscou realizar perguntas aos alunos, como se buscasse desenvolver o segundo passo dos aspectos sequenciais da UEPS, “2. criar/propor situação(ões) – discussão, questionário” (MOREIRA, 2011, p. 3). Nesse momento os estudantes pareceram confusos. Provavelmente a intenção do docente tenha sido fazê-los pensar a respeito do tema. Em seguida, ele solicitou exemplos de eletrização por contato. A classe relutou em responder imediatamente, mas assim que os primeiros exemplos surgiram, demonstraram maior segurança em arriscar. O docente apresentou o conteúdo de forma dialogada/oral; também fez uso, em alguns momentos, do quadro branco para tentar ilustrar o conteúdo, demonstrando uma tentativa de facilitar a compreensão da temática. Entre franzidas de testas e algumas caretas, aos poucos, os estudantes sinalizaram ter compreendido a proposta de discussão.

Em continuidade, o professor mostrou alguns exemplos do dia-a-dia que, segundo ele, funcionam através do conceito de eletrostática. Entre os exemplos, ele citou a existência de um carregador de celular ao qual faz uso deste princípio. — No carregador, o aparelho é aproximado de uma base ligada à rede elétrica e apenas com a proximidade, o celular começa a carregar. — O docente ainda informou a dificuldade de se conseguir uma boa eficiência neste processo, mas alertou que o problema possivelmente será resolvido no futuro, apontando a possibilidade de que talvez o problema seja resolvido por um aluno ali presente. Apesar do exemplo funcionar através de um efeito chamado indução eletromagnética, os estudantes demonstraram interesse pelo assunto. Esse despertar torna-se indispensável, pois “a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender” (MOREIRA et al., 1997,

p.13). Além disso, a tentativa de contextualização das temáticas auxiliam na geração de significado real para aquele que se pretende ensinar. Segundo Ausubel (1963), apenas desta forma o conceito será incorporado pelo sistema cognitivo. Após citarem alguns outros exemplos, a sala, juntamente com o docente, passou a aglutinar-se em algumas conversas paralelas, tornando o ambiente bem barulhento.

Em um primeiro momento tive a impressão de uma certa desordem, pois vários estudantes conversavam entre si ao invés de dirigirem-se ao docente. Entretanto, ao refletir sobre o que ocorreu, avaliei o momento como positivo, pois os assuntos que surgiram pareceram trazer reflexões para além dos conteúdos de Física. Após alguns minutos, o professor chamou a atenção para que a turma se concentrasse nele. O conteúdo de eletrostática foi retomado citando um experimento.

O encontro se encaminhou para o fim e um último exemplo simples foi apresentado, juntamente com uma lista de exercícios. De forma improvisada e simples, ele eletrizou uma régua de plástico no próprio cabelo e atraiu pedacinhos de papel picado colocados sobre a mesa. Em seguida, enviou uma lista de exercícios através de um aplicativo (app) de conversas pelo celular chamado *WhatsApp*. Visto que todos os estudantes possuíam smartphones e interagem em um grupo no app, este me pareceu um bom exemplo de uso benéfico da tecnologia na educação. Os estudantes tiveram a oportunidade de acessar a lista naquele instante e, mesmo faltando apenas alguns minutos para o fim da aula, deram início a resolução.

O segundo encontro da observação, ocorreu na semana seguinte, durante a segunda e terceira aula do período vespertino. No dia em questão, os estudantes pareciam agitados, comportamento que não havia sido observado até então. Enquanto a classe se organizava, a chamada foi realizada. Entre conversas cruzadas, pude perceber que eles debatiam sobre um possível representante estudantil para a turma e imagens para a confecção de camisetas personalizadas, cultura essa observada em turmas de terceiro ano (terceirão) de algumas escolas da região. O docente então chamou a atenção de todos, com a intenção de dar início a aula. Lembrei naquele momento da fala de alguns professores que tive na faculdade, ao qual alertavam que as questões envolvendo a sala de aula vão muito além do conteúdo a ser ministrado. O docente teceu alguns comentários, mas logo encerrou o assunto dando início ao que havia programado para aquele dia.

A aula começou com uma revisão do conteúdo da aula anterior. Na sequência, a correção dos exercícios propostos no último encontro foi realizada. O docente apresentou também dicas de como solucionar problemas de Física em geral. A correção foi feita no quadro branco, onde ele fez uso das dicas apresentadas. Dos 20 alunos presentes no dia, alguns pareceram interessados nas resoluções, outros apenas copiaram. Quando observou que ainda havia dúvidas, ele realizou uma revisão mais detalhada.

Durante a revisão e correção do conteúdo, alguns exemplos e conceitos foram escritos no quadro branco de forma pouco organizada. Vários estudantes interromperam a explicação para tentar entender o que estava sendo escrito, aquilo pareceu atrapalhar o ritmo da aula. O quadro branco é uma boa ferramenta para o ensino, mas necessita de organização ao escrever na lousa. Isso possivelmente auxiliaria os alunos para uma maior compreensão do tema, evitando assim interrupções.

O andamento da preleção, do segundo encontro observacional, pareceu prejudicado. Os assuntos da turma e interrupções tomaram uma parte considerável do tempo e faltando apenas vinte minutos para o fim da aula, o docente acelerou a fala para finalizar a correção. O discurso atropelado do professor pareceu ter deixado os alunos confusos. Em alguns momentos, chegou a arrancar algumas risadas da classe e até dele mesmo. Segundo Piaget (1977), para a construção do conhecimento, é necessário um tempo de **acomodação**, para que a nova ideia seja incorporada pelo indivíduo. Como já faltava pouco tempo, não demorou muito e o sinal tocou, finalizando as observações.

Da regência

A observação possibilitou ter uma boa ideia do ambiente ao qual a UEPS foi implementada. Após uma detalhada análise do Projeto Político Pedagógico (PPP), pude encontrar o possível público do qual provém os estudantes da escola. A análise trouxe maior clareza da turma e prováveis subsunçores aos quais buscou-se anexá-los os conhecimentos da temática escolhida para a regência. Segundo Morreria (1997), “a nova informação é corroborante ou diretamente derivável dessa estrutura de conhecimento que Ausubel chama de subsunçor” (MOREIRA et al., 1997, p. 4). Fazendo uso de tal estrutura, realizei um

planejamento inicial, na tentativa de aumentar as chances de atingir o objetivo de proporcionar uma Aprendizagem Significativa, desde o primeiro dia de regência.

O encontro 1 foi marcado pela parte inicial da UEPS, intitulada **situação inicial**. Esse momento teve o intuito de fazê-los pensar a respeito do tema **viagem no tempo**. A aula começou com uma apresentação pessoal e a explicação de minha presença lá. Na situação inicial, foi exibido o filme Doutor Estranho, da companhia *Marvel Entertainment*. O aparelho de data-show, reservado anteriormente para ser utilizado no laboratório de mídias, possibilitou a projeção do filme. Ao iniciar o **organizador prévio**, logo percebi que talvez os estudantes tiveram dificuldade para visualizar o filme com qualidade, pois as imagens do longa-metragem são escuras. Sendo assim, o aparelho utilizado não favoreceu neste aspecto.

Este fato não pareceu atrapalhar o principal motivo de utilizar o organizador prévio, gerar predisposição a aprender. No início os estudantes pareciam um pouco agitados, porém com o começo do filme a turma ficou em silêncio. No decorrer do organizador, alguns alunos pareceram estar dispersos, mas a grande maioria se manteve em silêncio, olhando para a projeção. Questões externas, como o abre e fecha da porta do laboratório, barulho de obras e gritos nos corredores da escola, pareciam perturbar a inserção na cinematografia.

No decorrer das cenas, percebi uma breve euforia no momento em que o personagem principal é submetido ao que o filme chama de “projeção astral”. As cenas com efeitos especiais pareceram despertar a atenção e até mesmo algumas risadas, derivadas do momento em que o personagem pergunta se a anciã havia lhe dado alguma droga alucinógena. Passaram-se alguns minutos e um dos estudantes ficou agitado, chegando a perturbar outros colegas que lhes chamaram a atenção para que ele ficasse em silêncio. Após isso, o aluno começou a mexer no aparelho celular. Talvez o desinteresse fosse proveniente da retaliação dos colegas. Neste momento, tentei reparar se outros alunos estavam dispersos. Acabei percebendo que ele não era o único a mexer no celular. Devido aos sorrisos e olhares trocados entre os discentes, pude perceber que conversavam, entre si, por mensagens. Já outros conversavam baixinho, parecendo estar comentando sobre o filme. Avaliei esta última como positiva, pois era um possível sinal de que o tema lhes interessava. Mais alguns minutos se passaram e uma nova perturbação foi gerada por crianças correndo no pátio da escola.

Os diversos barulhos, durante a exibição do filme, geraram certo impacto no uso do organizador. Notei que a cada perturbação do silêncio, alguns alunos dispersaram. Apesar das

tentativas de imergi-los na proposta, foi notável que a sala de aula possuía limitações. Tais quebras de silêncio não pareceram causar grande prejuízo à atividade.

As cenas prosseguiram trazendo novas demonstrações de interesse. Uma delas foi quando o super herói descobriu um feitiço capaz de manipular o tempo. Na cena ele verbaliza algumas palavras e gesticula com as mãos fazendo uma maçã, que estava sobre a mesa, ficar velha ao ponto de apodrecer e retorna a ficar nova. Esta cena pareceu ter gerado empolgação, pois diversos alunos sorriram demonstrando animação. Alguns chegaram a verbalizar expressões como: “Nossa!”, “Que massa!”, “Que doido!” e “Ô agora sim!” As gírias, deferidas pelos alunos, possuem um significado regional para expressar uma satisfação inesperada. A atenção nas cenas, após isso, era geral, todos pareciam atentos para ver o que aconteceria a seguir. O filme foi pausado 5 minutos antes do fim da aula. No momento da pausa o filme estava em uma cena de ação, o que fez alguns estudantes expressarem falas como: “Ah, logo agora?”, “Ba, essa parte é massa!” ou “Agora que tava massa!” Neste contexto, as gírias expressaram frustração pelo fim do filme (ROCHA, 2006). Para o leitor interessado, há um livro chamado Araranguário⁶, no qual é possível familiarizar-se com o linguajar local. Observei nesse momento um considerável interesse de vários estudantes. A classe então foi informada que o restante do organizador prévio seria exibido na próxima aula.

Na semana seguinte, todos os materiais necessários já se encontravam prontos, pois a intenção era finalizar esta etapa naquele encontro. Quando entrei na sala, alguns alunos já se anteciparam perguntando se iríamos terminar o filme naquele dia. Respondi que sim. Reparei que a atividade diferenciada pareceu lhes agradar. Alguns estudantes ofereceram-se para montar o equipamento, aceitei a ajuda e rapidamente pude dar continuidade ao organizador prévio.

O filme foi retomado e todos ficaram em silêncio por bastante tempo. Isso me chamou a atenção pois estavam muito mais calmos e atentos do que no encontro anterior. Teria o filme surtido efeito de despertar-lhes o interesse ou seria apenas um dia atípico? De forma discreta, sem que os alunos percebessem, perguntei ao professor titular se ele havia percebido que os alunos estavam diferentes. Ele respondeu que sim e com um sorriso disse: “Acho que gostaram!”.

⁶ **Araranguário** - Dicionário de jargões araranguenses. Escrito pelo Dr. Ézio Camilo Rocha em 2006, atualizado em 2020.

No decorrer da cinematografia, um estudante se impressionou com a cena em que a personagem secundária (anciã), cai de um prédio e morre. Com classificação indicativa de 12 anos, o filme não traz cenas fortes, apenas um momento melancólico. Em meio as expressões de pena do personagem, avaliei o momento como sendo de intensa conectividade com o organizador prévio. A atenção era geral e permaneceu desta forma até o fim do longa-metragem.

O filme acabou e logo me direcionei a frente da classe, acendi as luzes e perguntei se haviam gostado. Muitos responderam que sim, as expressões pareciam positivas. Em seguida, um aluno perguntou: “o professor, é possível acontecer isso?” Esta era exatamente a pergunta que eu esperava. Apenas respondi: “não sei, o que você acha?” Ele rapidamente respondeu: “Acho que sim!” Neste momento direcionei a pergunta do estudante para a turma. Dando início a captura de possíveis subsunçores.

A atividade posterior ao organizador prévio tinha como objetivo verificar quais informações os estudantes já possuíam sobre o tema. Para auxiliar nessa captura, lhes forneci um questionário inicial (APÊNDICE A) elaborado previamente. Vale lembrar que as questões não possuíam a intenção de obter respostas corretas, mas sim a tentativa de capturar possíveis subsunçores capazes de criar pontes entre o conhecimento existente e o que se pretendia ensinar (MOREIRA et al., 1997, 2011). Para isso, foi disponibilizado o restante do tempo de aula. Algumas perguntas feitas no questionário eram extremamente genéricas, possibilitando amplas respostas. A classe pareceu ter compreendido a intenção da atividade. As respostas foram variadas e algumas delas muito bem elaboradas.

A aula se encaminhou para o fim. Nesse momento, um discente perguntou sobre a possibilidade de levar o questionário para casa. Respondi que não era permitido, pois como já comentado, a intenção era observar quais informações eles já possuíam sobre o tema. Nas questões 6 e 7 obtive poucas respostas. Alguns pela falta de tempo, outros informaram verbalmente nunca terem ouvido sobre o assunto. Tomei nota destes comentários e em seguida o sinal soou e deu fim ao segundo encontro. As respostas foram recolhidas e posteriormente analisadas para o encontro seguinte.

O terceiro encontro foi marcado pela apresentação de uma situação problema inicial. Ao entrar na sala, os estudantes logo perguntaram sobre o questionário aplicado na aula anterior. Alguns possivelmente possuíam a dúvida se tal atividade resultaria ou não em uma nota. Para acalmá-los, informei novamente que este não era o intuito da atividade. Dei início

à aula com a leitura do questionário, sempre lançando a pergunta para todos da classe. Na análise prévia do material obtido, observei que parte do alunado já tinha ouvido falar sobre o assunto. Sendo assim, diversos deles já possuíam suas próprias respostas para algumas daquelas perguntas. Apesar de alguns afirmarem não saber do que se tratavam tais perguntas, responderam aquilo que possivelmente lhes fazia sentido. Logo na primeira questão não houve consenso entre a turma. Na pergunta 2, a maioria deles preferiu não arriscar a resposta na frente de todos, porém um estudante forneceu uma resposta muito próxima da desejada. Os colegas pareciam confiar nele, possivelmente pelo seu bom desempenho na escola.

Os debates ocorridos no início do encontro 3, ficaram sem respostas naquele momento. Elas só foram construídas com o decorrer das aulas seguintes. A inquietação oriunda da dúvida foi vista de forma positiva, pois trouxe **indícios de predisposição a aprender**. Após uma boa conversa sobre a possibilidade, ou não, de viajar no tempo, perguntei a eles se o que foi visto no filme poderia acontecer na vida real. A maioria afirmou que não. Outros verbalizaram comentários do tipo: “Ah depende!” ou “Igual no filme não!”. Este momento foi crucial para imergi-los na continuação da sequência didática.

O item seguinte foi a apresentação do conteúdo. Como forma de gerar outra situação problema, mostrei para a classe o exemplo chamado paradoxo dos gêmeos, uma situação hipotética onde 2 irmãos gêmeos realizam um experimento de Dilatação Temporal. Após a situação problema, a classe foi exposta a temática em si. Nela foram apresentadas algumas características básicas da luz como: velocidade, capacidade e meios de propagação, diferença entre emissão e reflexão e dualidade onda/partícula. Nesse momento identifiquei que alguns estudantes não atribuíam uma velocidade finita para a luz. Não foi possível verificar se tais alunos imaginavam a luz como algo instantâneo ou apenas nunca haviam pensado a respeito. Quando questionados se a propagação da luz seria instantânea ou não, foi necessário explicar o conceito de instantaneidade. Apesar do planejamento prévio, os debates e apresentação do tema levaram mais tempo que o esperado. Faltando pouco mais de 10 minutos para o fim da aula, perguntei a eles o que aconteceria se ligassem uma lanterna e hipoteticamente corresse mais rápido do que a luz. Novamente as respostas foram variadas, entretanto por conta do tempo, tomei a decisão de apresentar o assunto de relatividade geral e restrita no encontro seguinte.

No encontro 4, a intenção foi criar uma situação problema com nível mais alto de complexidade, através da apresentação da Teoria da Relatividade Geral e Restrita. Ao

iniciar a aula, fui surpreendido por uma prova de calendário, o que acarretou numa redução no cronograma. Após a prova, o encontro se iniciou com uma rápida revisão dos assuntos vistos anteriormente. Ao perguntar sobre o questionamento deixado no encontro anterior, percebi que nenhum dos estudantes havia tentado respondê-lo. Dado o interesse visto nos encontros anteriores, provavelmente a não realização da atividade tenha sido um reflexo da preocupação com a prova ocorrida no dia em questão. Optei por não responder naquele momento. Em seguida, com o auxílio de slides, apresentei um breve contexto histórico sobre os estudos do tempo, até chegar nos postulados de Albert Einstein sobre a Teoria da Relatividade Geral e Restrita. Muitos pareciam confusos e ao perguntar quem entendeu, ninguém levantou a mão. Retomei a apresentação em slides e ao ler o segundo postulado — nele a velocidade da luz no espaço vazio (vácio) tem mesmo valor C (299.792.458 m/s) em todos sistemas de referência, independe do movimento do corpo emissor —, os questioneei sobre o problema da lanterna, apresentado na aula anterior. Ainda sem obter nenhuma resposta, apresentei lhes uma situação de Física clássica, em que dois observadores, postos em referenciais diferentes, observam o mesmo evento — Um observador dentro de um trem em movimento e outro parado do lado de fora, em uma estação — e ao relacionar com o exemplo da lanterna, perguntei: se fossemos capazes de ultrapassar a velocidade da luz, veríamos nós mesmos ligando a lanterna? Alguns logo disseram não ser possível, pois dado o que havia sido apresentado naquela aula, nada pode ser mais rápido que a luz. Este foi considerado um possível **indício de Aprendizagem Significativa**. Outro justificou que não seria possível, pois quanto mais rápido fossemos, mais rápido a luz ficaria. Nesta segunda justificativa, os próprios estudantes corrigiram o colega informando que o 2º postulado garante que isso não é possível. Ele verbalizou: “Não dá, a velocidade da luz é sempre igual!” Neste momento pensei em corrigi-lo adicionando a palavra “vácio” em sua frase, mas devido algumas expressões de confusão, optei em continuar ouvindo a classe. A turma pareceu concordar com o colega que fez o apontamento. Muitos chegaram à conclusão de que não seria possível tal exemplo. A classe demonstrou interesse pelo debate, em alguns momentos a empolgação era perceptível devido a frases como: “Que doidera!”, “Aaa desisto ah! ah! ah! (risadas)”. Outra resposta que me chamou a atenção neste momento foi: “Por isso que para estudar Física tem que ser louco!” Tal frase pareceu representar o estereótipo criado sobre a sanidade de profissionais da Física. Na humilde tentativa de não fortalecer tal estereótipo, afirmei que esta era a parte divertida, pensar situações problemáticas. Completei ainda: “Que

graça teria o mundo se já tivéssemos a resposta para tudo”. Após uma rápida divagação, um estudante retomou a discussão afirmando que se os postulados fossem verdadeiros, seria impossível viajar para o passado. Aportei este comentário como sendo mais um indício de Aprendizagem Significativa. Respondi que sim! Mesmo sem apresentar o princípio da causalidade, tema que reforça esta afirmativa, informei-lhes que atualmente, de acordo com as Teorias mais aceitas pela comunidade científica, não seria possível viajar para o passado. Deixei outra dúvida no ar ao perguntar se seria possível viajar para o futuro. Alguns rapidamente afirmaram que seria algo relacionado com a gravidade. Um estudante fez a seguinte colocação: “Se a gente entrar em um buraco negro, a gente vai pro futuro!” Perguntei por que ele achava isso, o aluno então respondeu: “Não sei, eu vi em um filme que eles vão pro buraco negro para salvar a Terra!” Ele fazia menção a outro filme chamado Interestelar, o qual aborda questões sobre Física Moderna, entre elas a Dilatação Temporal. Achei o comentário interessante, pois não identifiquei tais subsunções na análise do questionário inicial, nem no debate pós organizador prévio. Em resposta, em acordo do Tipler (2014), afirmei que de fato uma provável viagem para o futuro necessitaria de uma imensa aceleração e que gravidade de um buraco negro poderia nos proporcionar isto. Após uma breve explicação sobre o nascimento e morte das estrelas, pude descrever algumas características deste cadáver estelar (seu provável surgimento, o chamado **horizonte de eventos** e uma ideia simplificada do termo **singularidade**)⁷. Debates os problemas a serem enfrentados ao se aproximar de tal corpo celeste. Sem muitos detalhes, conversamos sobre um efeito chamado **espaguetificação** e o horizonte de eventos como limite de escape da luz. Faltando pouco tempo para o fim da aula, conversamos sobre a luz que vemos das estrelas e as imensas distâncias por ela percorrida, exemplo do cotidiano onde é possível observar o passado. A aula já havia acabado quando um aluno se dirigiu até minha mesa e fez a seguinte pergunta: “Se a luz das estrelas é o passado, então tudo que a gente vê é passado?” Sem maiores explicações, respondi que ele estava certo. Apesar da simplicidade da frase de afirmação, possivelmente o estudante se referia a velocidade finita da luz, resultando em um intervalo de tempo para a luz refletir em um objeto e chegar até nossos olhos. Este foi mais um forte indício de Aprendizagem Significativa. Como a aula já havia acabado, me dirigi

⁷ Tais conceitos podem ser encontrados de forma detalhada no livro **Nascimento e Morte do Sol**, de George Gamow, publicado em 1944.

para a turma e lhes informei que no próximo encontro terminaríamos o debate do tema e na sequência seria realizada uma avaliação individual final.

O quinto encontro foi marcado por uma enxurrada de perguntas. Foi perceptível a ansiedade da turma, possivelmente proveniente do aviso de que, naquele dia, seria aplicada uma avaliação final. Ao entrar na sala, alguns estudantes já se direcionaram para a mesa do professor verbalizando perguntas presentes no questionário inicial. Alguns demonstraram uma certa irritação, afirmando que nem todas as perguntas possuíam uma resposta concreta. Solicitei aos alunos que estavam envolta da mesa que sentassem em seus lugares, pedindo calma para a turma.

Ao começar a aula, solucionei o paradoxo dos gêmeos. Com o auxílio de slides, fazendo uso do 1º postulado de Albert Einstein, foi possível apresentar o problema deste exemplo. Percebi que os estudantes já sabiam qual dos dois irmãos iria parecer mais velho, entretanto não pelos motivos aceitos cientificamente. Observei também que alguns alunos só entenderam a situação paradoxal naquele momento. Faltando 1h para o fim do encontro, organizei a turma e entreguei a avaliação individual. Durante o teste, 3 estudantes tentaram coletar respostas dos colegas sem que fossem flagrados. Entretanto, seguindo uma dica do professor titular, me posicionei ao fundo da sala para supervisioná-los. Dessa forma, segundo o docente oficial, as investidas de “colar” do colega ao lado seriam dificultadas. Mesmo assim, ao observar estes alunos que tentavam as investidas, reparei que 2 dos 3 não tinham frequentado grande parte da sequência e possivelmente por este motivo não possuíam as informações necessárias para realização da avaliação. O tempo oferecido, pareceu ter sido suficiente para a conclusão das questões. O último estudante entregou a prova faltando pouco mais de 5 minutos para o fim. Recolhi as avaliações e lhes informei que o encontro seguinte seria o último, no qual faria a correção da avaliação e uma revisão geral de tudo que havíamos estudado até ali.

A semana que antecedeu o último encontro foi destinada para correção do questionário final e comparação com o questionário inicial. No dia do encontro, ao entrar em sala de aula, os alunos logo se direcionaram para a frente da sala perguntando sobre as notas da prova. Pedi para que eles sentassem e expliquei o que veríamos naquele dia.

As avaliações foram entregues e uma apresentação em forma de slides foi exposta. Junto com toda a turma, as 5 questões foram respondidas/debatidas uma a uma. Após esclarecer algumas dúvidas, mostrei a eles alguns recortes sobre os conteúdos vistos em

nossos encontros. As características da luz, apresentadas no início, foi um dos recortes da apresentação, assim como os postulados da Teoria da Relatividade Geral e Restrita, trazendo a principal diferença entre elas. Além da apresentação, mais dois vídeos foram exibidos. Um para auxiliar na compreensão do paradoxo dos gêmeos e outro como uma tentativa de ilustrar de que forma corpos massivos poderiam curvar o espaço-tempo. Ao fim dos vídeos, solicitei que os estudantes devolvessem as avaliações, para que fosse possível o arquivamento. Foi oferecido um intervalo de tempo para esclarecimento de dúvidas. Por fim, perguntei para a turma como havia sido a experiência para ele. De forma verbal, a devolutiva foi muito satisfatória. Alguns chegaram a verbalizar que, apesar de o conteúdo ser difícil, a abordagem utilizando o filme e sem a pressão de uma resposta exata, havia sido mais tranquila. Outros atentaram sobre a ausência de cálculos e que isto tinha deixado as aulas mais interessantes, segundo suas palavras: “Assim a física fica legal!” Agradei a classe pelo acolhimento e ao professor titular pela permissão da aplicação deste trabalho. Faltando pouco mais de 10 minutos para o fim da aula, apresentei de forma breve como a luz das estrelas chega aos telescópios e seu caminho até nossos olhos. O sinal soou marcando o fim da regência.

ANÁLISE DOS INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ao analisar os indícios de Aprendizagem Significativa, é necessário verificar se houveram condições para que esta Aprendizagem ocorra. Uma delas é a predisposição a aprender, a qual foram encontrados indicadores na realização do organizador prévio. Durante a exibição do filme *Doutor Estranho*, pude perceber o entusiasmo da turma. Um desses momentos ocorreu logo nas primeiras cenas — momento em que o personagem principal vai em busca de uma cura para recuperar os movimentos das mãos, ele atravessa o mundo e encontra uma anciã, que lhe apresenta uma visão de um universo infinito e místico —, as imagens cinematográficas pareceram despertar os estudantes. Alguns expressaram uma espécie de espanto com a cena oralizando um “Uoou” e “Aaaaa, que massa⁸!”. Um deles chegou a virar-se para o professor titular da turma, que naquele momento, assistia a aula ao fundo da sala. O aluno oralizou “Chegou é!⁹ Isso é verdade professor?” O docente informou que essa pergunta deveria ser feita ao ministrante da aula. Tal questionamento trouxe sinais de que possivelmente o estudante tinha poucas informações a respeito do assunto.

As expressões, respostas e atenção da classe trouxeram indicativos de que possivelmente a maioria dos alunos tenha se interessado no tema. Apesar desta informação não garantir que houvesse predisposição a aprender, o organizador escolhido demonstrou ter cumprido com o papel de fazê-los pensar a respeito do assunto de Dilatação Temporal. No fim do filme, as dúvidas que surgiram, trouxeram mais indicadores de que era do interesse da maioria dos estudantes aprender a temática proposta. Isto certamente auxiliou na tentativa de gerar predisposição a aprender. Seja pela cinematográfica hollywoodiana, o sucesso das histórias de super-heróis ou os temas de FMC, o organizador prévio pôde ser considerado decisivo na imersão dos alunos aos conteúdos estudados. O momento seguinte ao longa-metragem também foi de extrema importância para as análises que se seguiram.

O questionário inicial, as anotações feitas no diário de bordo e a avaliação final, foram as formas utilizadas para buscar sinais de evolução conceitual, pois “elas implicam aprendizagem significativa” (MOREIRA e GRECA, 2003, p.13). A sequência didática foi montada com o intuito de trazer, em cada um de seus momentos, uma evolução gradativa dos conceitos abordados. Para se analisar tal evolução, levou-se em consideração a filosofia de

⁸ **Massa**: gíria regional para demonstrar satisfação.

⁹ **Chegou é!**: gíria regional para expressar admiração.

Feyerabend (2006) de não depreciação das diferentes formas de compreensão já existentes. Ao apresentar as novas informações, munido de materiais potencialmente significativos (questionários, vídeos e apresentações em slides, preparadas para possibilitar conexões das novas informações, com base no que eles externam saber sobre o assunto), permitiu-se que os estudantes pudessem adaptar a informação criando uma estrutura cognitiva modificada. A valorização das diferentes formas de conhecimento ocorreu ao permitir que o indivíduo, aos poucos, obtivesse a conclusão daquilo que mais fez sentido para ele. Para avaliá-los, foi necessário levar em consideração a ocorrência de faltas por parte de diferentes alunos. Foi comum, durante a realização da UEPS, que a turma estivesse incompleta. Para uma maior eficácia e segurança dos dados coletados dos questionários, foram selecionados apenas os estudantes que participaram de todos os encontros de forma integral.

Dos Questionários Iniciais e Finais.

Nesta etapa foram selecionados cinco estudantes, diferenciados entre aluno 1 (A1), aluno 2 (A2), aluno 3 (A3), aluno 4 (A4) e aluno 5 (A5). Esta seção foi destinada para apresentar um comparativo entre os questionários inicial e final, na tentativa de identificar possíveis evoluções conceituais sobre os temas. Nas anotações do diário de bordo não acompanham os nomes, por este motivo, não foi possível identificar quais foram os estudantes que apresentaram possíveis evoluções conceituais. Entretanto, o comparativo dos questionários iniciais e finais marcam bem tais evoluções.

Aluno 1

Ao analisar possíveis sinais de evolução conceitual do A1, foram destacados alguns pontos. No questionário final, as respostas são mais elaboradas. Antes da aplicação da UEPS, quando questionado sobre a possibilidade de ver o passado e futuro, ele respondeu apenas “sim”. Já no questionário final ele escreveu: “Sim, pois a luz das estrelas que vemos ao anoitecer já saiu do destino há muito tempo, portanto conseguimos ver o passado”. A resposta foi apresentada de forma mais elaborada, trazendo inclusive um exemplo. Além disso, o estudante reforça este exemplo na justificativa da questão 4. “Porque a luz das estrelas leva muito tempo para chegar na terra, por causa da distância entre os 2 corpos”. Para chegar a tais

respostas foi necessário que o estudante compreendesse que a luz possui uma velocidade finita.

Ao analisar a pergunta 2 (Q2) do questionário final, o estudante trouxe novamente uma resposta mais elaborada que a anterior. Visto que, no questionário inicial, ele não respondeu às questões 6 e 7 — referentes aos conhecimentos de relatividade —, aqui A1 trouxe detalhes que chamaram minha atenção para uma provável Aprendizagem Significativa. Um ponto a se destacar em seu desenlace, é a utilização da Terra como referencial. Ele afirmou que a pulsação sanguínea das pessoas que ficaram no planeta seria normal, se comparada a do viajante em alta velocidade. É possível que tal afirmação tenha surgido de sua compreensão de que a Dilatação Temporal é um efeito que ocorre ao atingir grandes velocidades. A justificativa utilizada na questão 3 reforça esse julgamento: “De fato passa mais lento, por causa da velocidade que modifica o espaço-tempo fazendo passar mais lento”. Como visto, o estudante associou, de forma direta, a presença de modificações no espaço-tempo a grandes velocidades. Outra observação interessante foi a forma como ele uniu espaço e tempo, como sendo uma coisa só.

Quando questionado sobre o paradoxo dos gêmeos (questão 5), o A1 trouxe uma resposta parcialmente correta. Apesar de ter acertado, qual gêmeo ficaria mais velho, a justificativa usada por ele não resolve o paradoxo. A devolutiva dele foi: “[...] por causa da velocidade ser próxima da luz ocorre mudanças no relógio biológico do cara que viajou anos-luz”. Para resolver o problema relativístico seria necessário acrescentar que o principal fator responsável pelo retardo temporal são os efeitos de aceleração e desaceleração, sofridos pelo irmão viajante. Mesmo assim, foi notável sua compreensão de que velocidades próximas à da luz causam distorções no espaço-tempo. Vale ressaltar que as mudanças no relógio biológico, citadas por ele, reforçam a existência de evolução conceitual.

Aluno 2

O segundo estudante avaliado, não respondeu às questões 2, 6 e 7 do questionário inicial. As respostas dos itens 1, 3, 4 e 5 foram genéricas, ele apenas escreveu a palavra “sim”, sem apresentar quaisquer justificativas. Duas possíveis razões me vieram à mente. A primeira é a de que o organizador prévio não tenha gerado no aluno o estímulo necessário para que ele respondesse às questões. Outra é de que ele talvez possuísse pouco

conhecimento sobre a temática. A segunda opção foi fortalecida ao perceber que ele não expressou negatividade durante a exibição do filme. Seja qual tenha sido o motivo, vale frisar que, houve aqui uma dificuldade de capturar subsunçores. Mesmo assim, ao observar o questionário final, foi possível verificar, mesmo sutilmente, indícios de evolução conceitual.

Na questão 1, do questionário final, observei que o A2 não apresentou evolução conceitual. Apesar da resposta ser positiva, quanto à possibilidade de ver coisas que aconteceram no passado, ele trouxe uma justificativa ilusória. A confusão, entre ficção e realidade, foi perceptível quando o aluno utilizou uma cena do filme para embasar sua resposta. O estudante escreveu: “[...] por causa do buraco negro. Dentro do livro, ao ver o filme podemos observar que viaja no tempo”. É possível que a pergunta não tenha sido interpretada da maneira desejada na elaboração do questionário, visto que as respostas seguintes aproximaram-se mais dos conhecimentos aos quais se teve a intenção de desenvolver.

Na questão 2, apesar da resposta conter problemas, houve um indicativo de evolução conceitual. Segundo a justificativa do aluno, as pessoas que ficaram na Terra não sentiriam diferença de pulsação sanguínea, pois sua **velocidade** em relação a Terra seria nula. Mesmo tornando a Terra um referencial privilegiado (condição não existente na visão relativística), o estudante relacionou velocidade com Dilatação Temporal, o que sinalizou uma evolução nos conceitos estudados.

Na questão 3, o A2 fez uma nova confusão ao não deixar claro se ele acredita que os efeitos relativísticos são uma ilusão ou um fenômeno físico. Em sua resposta ele afirmou: “[...] temos a impressão que o tempo de fato passa mais lentamente [...]”. Não foi possível definir se houve a compreensão esperada referente aos conteúdos de Dilatação Temporal.

Na última pergunta do questionário final, o estudante utilizou novamente a palavra **impressão**. Sua resposta foi: “[...] porque ele viaja ao tempo, no futuro, assim ficando mais velho, essa é a impressão”. Os pontos destacados sinalizaram que o segundo aluno não conseguiu expressar evoluções conceituais significativas.

Aluno 3

As respostas obtidas através do questionário inicial do A3 possibilitaram encontrar diversos subsunçores. Foi possível notar que ele já tinha ouvido falar sobre os conteúdos que seriam apresentados, visto que suas respostas foram mais elaboradas que as dos demais

estudantes. Logo na questão 1 do questionário inicial, ele justificou não ser possível viajar no tempo devido a falta de tecnologia. Quando questionado sobre conhecimento da temática de buracos negros, o estudante afirmou já ter ouvido falar a respeito, inclusive trouxe um exemplo do que seria esse corpo celeste.

Ao examinar o questionário final, percebi que ele não havia respondido a primeira pergunta. Visto que no questionário inicial ele respondeu a questão 3, que referia-se ao mesmo tema, é possível que o aluno tivesse condições para respondê-la.

Na questão 2 do questionário final, foram encontrados indícios de evolução conceitual. Nela o A3 demonstrou compreender que a Dilatação Temporal varia dependendo do referencial do observador. Isso pôde ser observado quando ele escreveu: “[...] pois a pessoa que estaria na nave não sentiria mudança por conta da sua velocidade [...]”. Visto que as questões 6 e 7 do questionário inicial, que tratavam do mesmo tema, não foram respondidas pelo estudante. É possível afirmar que houve evolução conceitual, pois de fato, no problema proposto, o viajante não percebe a diferença de sua pulsação sanguínea por não haver diferença de velocidade entre observador e observado.

Na questão 3 não foi possível garantir uma evolução do conceito. Mesmo assim, o A3 trouxe uma justificativa interessante ao fim de sua resposta. Ele afirmou: “Apenas parece, a única diferença é a velocidade que será aplicada, a velocidade modifica a sensação de tempo, no caso se for vista de dentro da nave não seria perceptível”. A parte em negrito reforçou a questão anterior. Entretanto parece ter ocorrido uma pequena confusão ao afirmar que o tempo **apenas parece** mudar. Sendo assim, não foi possível afirmar se ele compreendeu a Dilatação Temporal como um fenômeno físico. As palavras “apenas parece” e “sensação” trouxeram essa dúvida. Cabe reforçar que a Dilatação Temporal não é apenas uma sensação, mas sim um fato, um fenômeno físico.

A resposta elaborada da quarta questão, deixou clara a evolução conceitual. Se observarmos a pergunta 3 do questionário inicial, o aluno teve dúvidas se seria possível ver coisas que aconteceram no passado. Entretanto aqui, ele não só garante a possibilidade, como também traz um exemplo. O estudante escreveu: “Esse fato ocorre pois a luz emitida de uma estrela seria vista com atraso de tempo, percorreria pelo vácuo no espaço”. Aqui também foi possível verificar que o estudante reconheceu que a luz possui uma velocidade finita, gerando atraso na observação de objetos muito distantes.

Na questão 5 também existiu uma forte mostra de evolução conceitual. Aqui o A3 respondeu que o irmão gêmeo viajante pareceria mais novo ao retornar. Além disso, ele afirmou que a pessoa que ficasse na Terra sofreria mais pelas condições biológicas em relação à pessoa que viajou no foguete. Apesar do aluno não solucionar o paradoxo, considero sua resposta uma grande evolução conceitual, visto que o estudante não respondeu a pergunta 7 do questionário inicial, ao qual refere-se a Teoria da Relatividade.

Aluno 4

Ao analisar as respostas do questionário inicial do A4, observei que ele já havia ouvido falar sobre o assunto. As respostas foram longas, porém pouco elaboradas e confusas. Ficou claro no questionário inicial que o estudante confundia diversos temas, relacionando de forma errônea conteúdos de reflexão, luz, distância da luz, velocidade da luz, entre outras ideias como percepção de tempo e assuntos relacionados à Física de partículas. Essa desordem de conteúdos dificultou a captura de possíveis subsunçores desse aluno.

Na primeira questão do questionário final, apesar da pequena resposta, o quarto aluno avaliado demonstrou evolução dos conceitos trabalhados. Uma delas refere-se ao que ele chamou de “[...]proximidade da luz[...]”. Possivelmente referindo-se à proximidade da **velocidade** da luz. O estudante trouxe essa mesma linguagem nas respostas seguintes. Desta forma pareceu válida a interpretação de que o discente associou velocidades próximas à da luz com Dilatação Temporal.

A resposta da segunda questão possivelmente foi prejudicada pela dificuldade de interpretá-la. O aluno fez relações entre adrenalina e pulsação sanguínea, dando a entender que a adrenalina, gerada pelas altas velocidades, aumentariam a pulsação cardíaca de quem estaria na espaçonave e não os efeitos relativísticos, como esperado. Apesar da resposta elaborada, o estudante não conseguiu demonstrar aqui a compreensão do conceito físico estudado.

Na questão 3, apesar da confusão com as palavras, alguns detalhes chamaram a atenção. Em sua resposta, ele apresentou como justificativa o que chamou de “ponto de vista”. O aluno escreveu: “Depende do ponto de vista o tempo parece ser mais lento. Pois cada um esteve em um referencial diferente aí muda sua opinião”. É possível aqui, que ele estivesse tentando esboçar a ideia de que a percepção do tempo muda dependendo do referencial do observador, quando traz as palavras “referencial diferente”. Entretanto os

dizeres “opinião” e “ponto de vista” impossibilita afirmar com certeza que essa fosse sua intenção.

Na questão 4 e 5 há outro problema, visto que o A4 apontou as mudanças científicas como causadoras do atraso da chegada da luz. Na quarta questão, ele respondeu: “[...] algumas delas [as estrelas] ao passar do tempo foi sumindo pelo fato da ciência ir mudando também em alguns aspectos”. Tal resposta remete a uma tentativa de sinalizar que a ciência não é estática. Cabe lembrar que este pensamento vai ao encontro das idéias, relacionadas a história e filosofia da ciência, apresentadas em sala a qual defende que “nenhuma área é unificada e perfeita” (FEYERABEND, 2006, p. 214). Por outro lado, não houve como saber aqui se o estudante desconhece o conceito de velocidade finita da luz ou se simplesmente não compreendeu o questionamento feito. A resposta da quinta questão pareceu trazer o mesmo problema, pois apesar de informar corretamente qual o irmão ficaria mais novo, o aluno novamente trouxe a ideia de “proximidade da luz”. Não foi possível identificar se com a frase “[...] e como ele ficou muito perto da luz [...]” o aluno estava se referindo a muito próximo da **velocidade** da luz.

A fins de conclusão, é possível afirmar que, na avaliação dos questionários, o quarto aluno analisado apresentou pouca evolução conceitual. Outra interpretação é de que o estudante não conseguiu transcrever seu entendimento sobre o assunto.

Aluno 5

Ao analisar as respostas do questionário inicial do A5, percebi que ele já possuía uma boa base de informações a respeito do tema. Não foi difícil encontrar subsunçores, pois o estudante apresentou boa comunicação escrita. Algumas das respostas apontaram proximidade com o tema. Nas perguntas 6 e 7, as quais indagaram sobre Teoria da Relatividade, o estudante relatou já ter ouvido falar sobre o assunto quando escreveu: “[...] apresentações que eu presenciei e estudo [...]”. Em suas palavras, a Teoria da Relatividade é “[...] a deformação do espaço gerado pela massa de um corpo [...]”. Ele ainda completou: “[...] seria uma deformação do espaço gerado pela massa de um corpo, gerando um campo gravitacional”.

No questionário final também houve facilidade de identificar evolução conceitual. As respostas foram bem elaboradas e acompanhadas de exemplos para contextualização. Logo na primeira questão o estudante, além de ter afirmado ser possível ver o passado, citou o

exemplo da luz das estrelas. Ele escreveu: “sim, vemos o passado ao olhar pro céu, já que a luz das estrelas percorre muitas distâncias [...]”. Tal resposta trouxe indicativos de evolução conceitual visto que, diferente do questionário inicial, onde ele apenas afirmou “Sim é possível”, aqui o A5 contextualizou sua justificativa.

Na segunda pergunta, apesar de sua resposta não parecer clara (possivelmente pela complexidade de interpretação e abstração exigidos nesta questão), há detalhes que merecem destaque. Ao ter escrito, “[...] as pessoas da Terra não, pois seu estado de velocidade permanece constante”, o estudante sinalizou compreender que os maiores causadores das perturbações temporais são os efeitos gerados por grandes acelerações e desacelerações, um sinal de possíveis evoluções nos conceitos.

Nas perguntas 3, 4 e 5 do questionário final, além da resposta esperada, o aluno trouxe exemplos e até referências apresentadas durante a realização da UEPS. Em resposta à terceira pergunta o A5 afirmou: “realmente passa mais lentamente [...]”, além disso utilizou o primeiro postulado da Teoria da Relatividade para embasar sua afirmação. Na questão 4, ele escreveu: “pois a velocidade da luz, mesmo no vácuo, não compensaria a distância, assim demoraria e demora mais tempo para vermos a luz das estrelas”. Nessa resposta o aluno justificou com suas próprias palavras, trazendo indícios de Aprendizagem Significativa. Em sua última resposta, além de acertar qual irmão gêmeo fica mais velho, o estudante foi o único a fornecer a resposta correta que soluciona o paradoxo dos gêmeos. Ele reportou: “[...] pois com o aumento da velocidade dilatária o tempo, fazendo esse passar mais lento”. A palavra aumento trouxe um forte sinal de que houve, mais uma vez, evolução no conceito associado a uma Aprendizagem Significativa.

Ao analisar os questionários, pude perceber sua importância para um *feedback* da própria UEPS. Com eles, foi possível detectar evoluções conceituais e até mesmo indícios de Aprendizagem Significativa. Reforço novamente que esta seção não teve o intuito de gerar uma nota com base em erros e acertos, mas sim de auxiliar na revelação de novas informações associadas aos subsunçores já existentes. Aqui, também foi detectada a dificuldade de interpretação dos estudantes na questão 2 do questionário final, indicando a necessidade de uma melhor formulação da pergunta, sempre com intuito de facilitar a abstração já necessária para tais conteúdos. Segundo Moreira (2011), para que se aumentem

as chances de sucesso de futuras aplicações da UEPS, sua atualização é de extrema importância.

Diário de Bordo

Para o diário de bordo foram selecionadas frases ditas pelos alunos, que se destacaram durante a realização da sequência didática. Devido ao cronograma e montagem das aulas, não foi possível anotar todos os comentários verbalizados pelos estudantes, mesmo assim alguns foram capturados. Muitas das anotações foram feitas durante o andamento das aulas, impossibilitando a identificação dos indivíduos. Mesmo assim, a coleta de dados foi suficiente para encontrar fortes indícios de predisposição à aprender, bem como evoluções conceituais associadas a aprendizagens significativas.

Partindo do organizador prévio, retomei trechos da descrição dos encontros. Durante momentos de inserção, os estudantes demonstraram, diversas vezes, empolgação durante a exibição do filme. Um desses momentos foi quando, nas cenas, o super-herói descobriu um feitiço, em tal momento os alunos expressaram frases como: “Nossa!”, “Que doido!” e “Oh, agora sim!”. A atenção de todos após esses comentários foi nítida. Ao fim deste mesmo encontro, durante uma cena de ação, quando o filme foi pausado, ouvi comentários como: “Aaah, logo agora?”; “Baah, essa parte é massa!” ou “Agora que tava massa!”. Como já apresentado na seção 2.3.2., as gírias regionais, proferidas pelos alunos, sugerem afinidade com a atividade/filme. Esta afirmativa se fortaleceu no encontro seguinte, ao qual os estudantes mostraram-se ainda mais interessados, atentos e em silêncio. Outros acontecimentos que atestaram a eficácia do organizador prévio, são os comentários ao fim da cinematográfica. Quando os questioneei se tinham gostado, muitos responderam que sim, outros verbalizaram: “Baah que massa!” e “Que doideira!”, um deles ainda se antecipou perguntando: “O professor, é possível acontecer isso?” se referindo ao filme assistido. Esta última frase, fortalece a hipótese de que o longa-metragem é um bom instrumento para despertar interesse pelo tema, deixando pontes que auxiliaram na busca por atestar que a UEPS foi capaz de despertar a predisposição a aprender.

Com a continuidade da sequência didática, mais especificamente durante a etapa de revisão, foram encontrados indícios de Aprendizagem Significativa. Tal evidência surgiu no momento em que a turma foi exposta a um novo questionamento: se ultrapassarmos a

velocidade da luz, ao acendermos uma lanterna, correndo na direção que ela aponta, veríamos nós mesmos ligando a lanterna (essa pergunta teve um auxílio visual que explicava a cena hipotética)? Muitos alunos responderam rapidamente que não seria possível, pois de acordo com o que viram na etapa de revisão, nada pode ser mais rápido que a luz. Porém, um aluno respondeu que enquanto mais rápido fossemos, mais rápido a luz ficaria (situação clássica). Outro rapidamente explicou ao colega que (em acordo com o segundo postulado da Teoria da Relatividade de Albert Einstein) esta afirmação não seria verdadeira. Segundo suas palavras “Não dá, a velocidade da luz é sempre igual!”. Após oralizar a frase o estudante se dirigiu a mim e fez a seguinte observação: “Tá professor, mas se o postulado tá certo, então é impossível viajar para o passado!”, apenas respondi que ele estava certo. Com tais comentários pude perceber fortes indícios de Aprendizagem Significativa. Ainda no debate, consegui falar um pouco sobre a luz das estrelas, a qual observamos o passado. Foi quando ao fim da aula outro aluno se dirigiu até minha mesa e perguntou: “Se a luz das estrelas é o passado, então tudo que a gente vê tá no passado!”. Apesar da simplicidade das palavras, a complexidade por trás da frase mostra que, tal conclusão só é possível se o estudante compreender que a luz possui uma velocidade finita, conceito este trabalhado nas aulas.

Os momentos seguintes ficaram marcados pelos debates e entusiasmo dos alunos. Frases como: “Que doidera!” e “Aaa desisto ah! ah! ah! (risadas)” indicaram que a classe estava empolgada/empenhada em trazer significado a seus próprios questionamentos. Em sintonia com os referenciais educacionais e filosóficos, adotados neste trabalho, a necessidade de obter significado para aquilo que não lhes fazia sentido, só foi possível dando liberdade para que os estudantes fossem capazes de questionar a ciência e a si mesmos. Ainda na tentativa de gerar significado para suas dúvidas, um dos alunos afirmou: “Se a gente entrar em um buraco negro, a gente vai pro futuro!”. Como visto na descrição da regência, ele fazia menção a outro filme chamado Interestelar, o qual aborda questões sobre Física Moderna e Contemporânea, entre elas a Dilatação Temporal. Ao buscar informações que foram adquiridas anteriormente a aplicação da UEPS, o aluno trouxe sinais de que possivelmente ele fez ligações entre a informação nova e seus conhecimentos preexistentes. Segundo Moreira et al. (1997), um dos maiores potenciais didáticos dos organizadores prévios está em estabelecer “relações explícitas entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno já adequado para dar significado aos novos materiais de aprendizagem” (MOREIRA et al., 1997, p. 18). No encontro seguinte ocorreu a aplicação do questionário final e devido ao

tempo e atenção exigida, não houveram verbalizações que merecem destaque. No último encontro, cabe salienta a devolutiva dos estudantes. Apesar dos dados obtidos indicarem quais momentos foram cruciais para obtenção objetivos do trabalho, pareceu assertivo verificar com os próprios estudantes, quais pontos eles consideram positivos e negativos. Provavelmente devido a insegurança ou gentileza dos alunos, não houveram apontamentos negativos. Um dos comentários considerados positivos foi que, segundo o aluno, apesar de o conteúdo ser difícil, a abordagem utilizando o filme e sem a pressão de uma resposta exata, havia sido mais tranquila. Outros sinalizaram que a ausência de cálculos teria deixado as aulas mais interessantes, segundo suas palavras: “Assim a física fica legal!”. Segundo Rezende et al. (2012), os termos complicados das aulas de ciências é outro fator que contribui para o desinteresse dos alunos, dificultando assim a Aprendizagem.

Os levantamentos feitos nesta seção mostram o grande potencial desta UEPS. Mesmo com temas considerados complexos por grande parte dos estudantes e professores, é possível despertar predisposição à aprender. Além de obter evoluções conceituais que possibilitam uma Aprendizagem Significativa.

Síntese dos dados

Os dados obtidos com a aplicação da UEPS mostraram que os objetivos foram alcançados. A análise dos dados demonstraram que o organizador prévio cumpriu seu papel de auxiliar na predisposição a aprender. Segundo Moreira (2006), tal condição torna-se indispensável no processo de ensino aprendizagem. De acordo com o autor, só ocorre Aprendizagem Significativa, se esta condição for satisfeita. Para ele, não basta apenas querer ensinar, é preciso que a estrutura cognitiva do indivíduo queira aprender o tema. As risadas e comentários durante o filme, os questionamentos e debates ocorridos durante a realização da sequência didática, sem esquecer os indicativos de ocorrência de Aprendizagem Significativas citas na seção anterior, atestaram sua eficácia.

Os indícios de Aprendizagem Significativa ficaram mais explícitos no diário de bordo. Os debates e questionamentos dos alunos foram essenciais para a análise e só fazem sentido se houver a valorização das diferentes formas de conhecimento. Segundo Feyerabend (2006), para o bem da própria ciência, é necessário admitir que ela esta suscetível a erros, sendo assim possível que os estudantes a questionem. A troca de informações e debates

ocorridos entre os alunos, fortalece a ideia de que a ciência é uma construção coletiva. A elaboração das respostas e as conclusões e questionamentos espontâneos, vindo dos estudantes, sinalizaram que possivelmente houve a realização de exercícios mentais para compreender o tema. Moreira (2006) afirma que, isso só é possível quando o indivíduo aprende de forma significativa. De acordo com o autor, o aprendizado precisa gerar significado. Esse tipo de ensino se distancia do que Ausubel (1982) chamaria de uma aprendizagem mecânica.

Os questionários iniciais e finais possibilitaram um comparativo de antes e depois da realização da sequência. Como já apontado, essa foi apenas uma das formas de se buscar indícios de Aprendizagem Significativa. Ao analisar os questionário do A1, não foram identificados subsunçores inicialmente. Ao fim, pode-se afirmar que o estudante adquiriu uma evolução em seus conceitos, com respostas muito mais elaboradas que de início. Para o A2 a situação foi diferente, visto que desde o questionário inicial o aluno não demonstrou proximidade com o tema. No questionário final, ele não conseguiu expressar nas respostas notórias evoluções conceituais, capazes de atestar aprendizagens significativas. As respostas se mantiveram confusas em muitos momentos. O terceiro estudante avaliado demonstrou a maior evolução conceitual dentre os demais. Apesar de seu questionário inicial ter demonstrado uma grande confusão dos conceitos, ele abriu espaço para uma maior captura de subsunçores. No questionário final as respostas mais elaboradas, os exemplos citados, a utilização das próprias palavras para explicar os fenômenos, apresentaram uma real Aprendizagem Significativa. Na análise do A4, às confusões entre os conceitos apresentados no questionário inicial se repetiu no questionário final. Sendo assim, não foi possível afirmar através dos questionários se o quarto aluno analisado demonstrou evolução conceitual. Em contrapartida, ao analisar o primeiro questionário do A5, notei uma grande quantidade de informações, o que trouxe sinais de que ele já tinha ouvido falar do conteúdo. Após a realização da UEPS, suas respostas foram apresentadas de forma mais elaborada e anexadas a exemplos, apontando visíveis evoluções conceituais, atestando assim uma Aprendizagem com significado.

Dos cinco estudantes aptos para a avaliação integral de seus questionários, dois não conseguiram apresentar, nessa etapa, indicativos de evolução nos conceitos. Os outros três, demonstraram resultados satisfatórios para a pesquisa. Suas respostas ressaltaram que houve

um enriquecimento em seus conceitos. Segundo Moreira e Greca (2003), tais enriquecimentos estão diretamente ligados a aprendizagens significativas.

A análise dos dados ressalta o potencial educativo desta sequência didática. As frases e questionamentos, apresentados no diário, deram uma mostra do poder de abordagem como esta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui relatado pode ser considerado exitoso. O objetivo central foi avaliar o préstimo, como organizador prévio, do filme *Doutor Estranho*, da companhia *Marvel Entertainment*. Os dados coletados confirmaram as hipóteses de que tal filme seria capaz de auxiliar na geração predisposição a aprender os conteúdos de Física propostos. Como já comentado, o sucesso dos filmes de super-heróis da companhia, como organizadores prévios, já vem sendo atestada por trabalhos anteriores a este. O primeiro deles, é a dissertação “Física Nuclear e de Partículas e o Filme *Homem de Ferro 2: Uma Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa*” (SANTOS, 2019), do curso de mestrado profissional, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Outro trabalho é a monografia “Relatividade Geral e Buracos de Minhoca: Uma Proposta de Ensino e Divulgação Científica por meio do Super-herói Thor” (NUNES, 2020), do curso de Licenciatura em Física, do IFSC - Campus Araranguá. Este trabalho, em união com os citados acima, forma a iniciativa intitulada “Vingadores da Física”, desenvolvida por estudantes e professores do curso de Licenciatura em Física, do IFSC - Campus Araranguá, para fins de pesquisa e ensino.

Os dados obtidos com o diário de bordo e questionários inicial e final, mostraram que a UEPS desenvolvida foi capaz de proporcionar aos estudantes evoluções conceituais, sinalizando que houve Aprendizagem Significativa. Tendo em vista que este trabalho valoriza a aprendizagem com entendimento e com capacidade de transferência (MOREIRA, 2010), a proposta foi considerada bem-sucedida.

Ainda, a fim de não restringir a proposta a um contexto específico em que atuam os autores deste trabalho, disponibilizou-se na rede mundial de computadores todo o material potencialmente significativo necessário para a implementação da sequência por outros educadores científicos. Este material está disponível em versão que pode ser editada pelos professores, de acordo com a realidade particular que cada profissional está inserido. Essa opção se mostrou útil no próprio estudo que este artigo relata, pois foi necessário inserir discussões não previstas inicialmente.

Por fim, cabe a ressalva que não se procurou por metodologias infalíveis. Existe aqui a intenção de aprimoramento da UEPS a cada nova implementação. Para tal, se faz necessário a busca por pesquisas focadas em mudar a educação científica, que apresentem o empreendimento científico mais alinhado com a moderna filosofia da ciência, e, além disso,

procurem construir de fato ambientes em que possa ser construída uma Aprendizagem Significativa de e sobre ciência. A contribuição deste trabalho é um pequeno passo que pode ajudar neste sentido.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.P. (1963). **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BROCKINGTON, G.. PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.
- DAMASIO, F. PEDUZZI, L.O.Q. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a teoria da aprendizagem significativa crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 61-83, 2015.
- DAMASIO, F. PEDUZZI, L.O.Q. Consideração sobre a alcunha atribuída a Paul Feyerabend de pior inimigo da ciência e suas implicações para o ensino de ciências. **Alexandria**, v. 10, n. 1, p. 329-351, 2017.
- FEYERABEND, P. K. **A conquista da abundância – uma história da abstração versus a riqueza do ser**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2006.
- FEYERABEND, P. K. **Matando o tempo – uma autobiografia**. São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- GAMOW, G. **Nascimento e Morte do Sol: Evolução Estelar e Energia Sub-atômica**. 1430. Porto Alegre: Livraria do Globo, 1944.
- GONÇALVES, V. A. M. **Super-heróis no cinema uma trajetória histórica**. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO – Intercom, 2017, Curitiba. Anais. Curitiba: 2017.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.14, n.3, p. 41-59, 2014.
- MARTINS, R. A. **A dinâmica relativística antes de Einstein**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, p. 11 - 26, 2005.
- MASINI, E.A.S., MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor Editora, 2008.
- MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. p. 19-44, 1997.

MOREIRA, M. A. A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10-17, 2004.

MOREIRA, M.A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

MOREIRA, M.A. Unidades de enseñanza potencialmente signifivos – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

MOREIRA, M.A. & MASINI, E.A.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Centauro, 2006.

NUNES, G. E. **Relatividade Geral E Buracos De Minhoca: Uma Proposta De Ensino E Divulgação Científica Por Meio Do Super-herói Thor**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação. Licenciatura em Física. Araranguá. 2020.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio das estruturas cognitivas**. Lisboa: Dom Quixote, 1977.

PRESTON, J.; MUNEVAR, G; LAMB, D. **The Worst Enemy of Science? Essays in Memory of Paul Feyerabend**. Oxford University Press, 2000.

REZENDE C. N.; PAIXÃO J. F. P.; VIEIRA T. S. VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, ISBN 978-85-62830-10-5, Palmas, **Principais Motivos Pelo Pouco Interesse No Estudo De Ciências**, Tocantins, 954. 2012.

ROCHA, Ézio Camilo - **Araranguário: dicionário de jargões araranguaenses**. 1º ed. Araranguá. Otomar Gráfica e Editora LTDA. 2009.

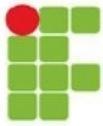
SANTOS, I. M. **Física nuclear e de partículas e o filme homem de ferro 2: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa**. Dissertação (MNPEF) — Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 155-179, 2005.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2014.

WATANABE, G. *et al.* The students' view about what it is a scientist. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v. 6, n. 1, p. 359-363, 2012.

APÊNDICE A - Questionário Inicial



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ

Escola de Aplicação do Projeto: E.E.B. Prof.^a Maria Garcia Pessi

Disciplina de Física

Professor: Leonardo Duarte

Série / turma: 3° - 04 (vespertino)

Nome: _____ **Data:** ___/___/___

Questionário Inicial

1. É possível viajar no tempo? Se a resposta for *sim*, como?
2. O que de fato é viajar no tempo?
3. Podemos ver coisas que aconteceram no passado ou que ocorrerão no futuro?
4. O que você já ouviu falar sobre buracos negros?
5. É possível viajar na velocidade da luz?
6. O que você já leu, assistiu ou presenciou alguém comentando sobre a Teoria da Relatividade?
 1. Do que se trata a Teoria da Relatividade?

APÊNDICE B - Questionário Final



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ

Escola de Aplicação do Projeto: E.E.B. Prof.^a Maria Garcia Pessi

Disciplina de Física

Professor: Leonardo Duarte

Série / turma: 3° - 04 (vespertino)

Nome: _____ **Data:** ___/___/___

Avaliação (Relatividade e Dilatação Temporal)

1. No filme Doutor Estranho, o super-herói manipula o tempo, viajando para o passado, futuro e cria um loop temporal. De acordo com a comunidade científica, podemos ver coisas que aconteceram no passado ou que ocorrerão no futuro? Justifique.
2. Se você estivesse se movendo numa espaçonave em alta velocidade em relação a Terra, você notaria alguma diferença em sua pulsação? E na pulsação das pessoas que ficaram na Terra?
3. A Dilatação Temporal significa que o tempo de fato passa mais lentamente em sistemas que estão em movimento, ou o tempo apenas parece passar mais lentamente? Por que isso acontece?
4. (UFRN) Quando olhamos para o céu noturno, vemos uma grande quantidade de estrelas, muitas das quais se encontram a dezenas e até a centenas de anos-luz de distância da Terra. Na verdade, estamos observando as estrelas como elas eram há dezenas, centenas ou até milhares de anos, e algumas delas podem nem mais existir atualmente. Esse fato ocorre porque?
5. (UDESC, 2015) De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de $0,999c$ para um planeta de uma estrela situada a 10 anos-luz de distância. Ele passa 2 anos neste planeta e retorna para casa a $0,999c$. Ao chegar na Terra, quando você observa seu amigo, ele pareceria mais velho, mais novo ou com a mesma idade que você? Por que isso acontece?