

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

**ENSINO DE FÍSICA E A ABORDAGEM INVESTIGATIVA:
ESTUDO SOBRE APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES NO ENSINO BÁSICO**

Lucas Henrique Silvestrin

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos.

Rio Claro (SP)

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

LUCAS HENRIQUE SILVESTRIN

ENSINO DE FÍSICA E A ABORDAGEM INVESTIGATIVA:
ESTUDO SOBRE APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES NO
ENSINO BÁSICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Rio Claro - SP

2020

S587e

Silvestrin, Lucas Henrique

Ensino de física e a abordagem investigativa: : estudo sobre aplicações e possibilidades no ensino básico / Lucas Henrique Silvestrin. -- Rio Claro, 2021

55 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Ensino Metodologia. 2. Física (Ensino médio). 3. Relatividade (Física). I. Título.

LUCAS HENRIQUE SILVESTRIN

ENSINO DE FÍSICA E A ABORDAGEM INVESTIGATIVA:
ESTUDO SOBRE APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES NO
ENSINO BÁSICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)

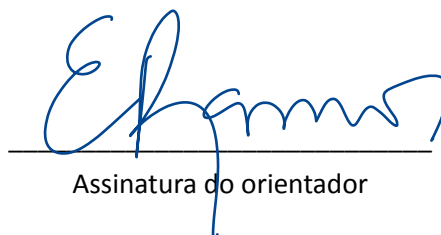
Prof. Dr. Paulo César de Almeida Raboni

Profª Dra. Bernadete Benetti

Rio Claro, 02 de Março de 2021.



Assinatura do aluno



Assinatura do orientador

RESUMO

Exploramos nesta pesquisa qualitativa a metodologia de ensino conhecida como Ensino Investigativo, que procura criar um ambiente em que o aluno possa ter uma participação mais ativa durante a aula, construindo o conhecimento por meio da busca de soluções para problemas apresentados pelo professor. Nesta abordagem, o professor como mediador do processo, aproxima os alunos da prática científica, assim como da linguagem utilizada no meio. A partir do estudo dessa metodologia, construímos uma proposta de uma SEI (Sequência de Ensino Investigativo) que pretende trabalhar os tópicos referentes à Teoria da Relatividade, conteúdo importante pouco trabalhado no ensino básico. Com esta SEI, devido ao desafio de se trabalhar conceitos como o da velocidade da luz, discutimos possibilidades de se construir um ambiente investigativo com essa temática, fazendo uso de problemas não experimentais, recorrendo a experimentos mentais capazes de trazer aos alunos o tema, e assim passando a refletir sobre o conteúdo com maior familiaridade com os termos e a linguagem, tal qual a proposta da abordagem do Ensino Investigativo.

Palavras-Chave: Ensino por Investigação, Ensino de Física, Metodologias de Ensino, Problemas não experimentais, Teoria de Relatividade

ABSTRACT

In this qualitative research we explored the teaching methodology known as Investigative Teaching Method or Inquiry, which seeks to create an environment where the student can have a more active participation during the class, building the knowledge through the search for solutions to problems suggested by the teacher. In this approach, the teacher as a mediator of the process, brings students closer to scientific practice, as well as the language science uses. From the studies of this methodology, we built a proposal for a SEI (Sequential Investigative Teaching) which intends to work on the topics related to the Theory of Relativity, a very important content not used as much as it could in secondary school. With this SEI, due to the challenge of working with concepts such as the speed of light, we discuss possibilities on how could we can create an investigative environment with this theme, using non-experimental problems and mental experiments that are capable of bringing a better perception to the students about the theme, then reflecting on the content which got more familiar to them, as suggested by the inquiry approach.

Key-Words: Inquiry, Physics Teaching, Teaching Methodology, Non-experimental problems, Theory of Relativity

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
3. PERCURSO METODOLÓGICO DE PESQUISA	10
4. ENSINO INVESTIGATIVO	11
4.1. A construção de uma sequência didática	13
4.2. Sequência didática	14
5. TRABALHO EM GRUPO	17
6. USO DE PROBLEMAS PARA O ENSINO	19
6.1. Tipos de problema	20
6.2. Experimentos Mentais	23
7. RELATIVIDADE E ENSINO INVESTIGATIVO: UMA PROPOSTA	25
7.1. O contato com a Relatividade	26
7.2. Trabalhando a Relatividade em uma SEI - Introdução	27
7.2.1. Atividade Introdutória - Os postulados da teoria da relatividade restrita ..	28
7.3. O conceito de Espaço-Tempo	31
7.3.1. Atividade 1 - Dilatação temporal e contração do espaço	32
7.3.2. Atividade 2 - Consequências diretas dos postulados	35
7.4. Próximos passos	37
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41
Apêndice 1 - Sugestão de materiais para a SEI	43
Apêndice 2 - Relatividade e Ensino investigativo: Primeira proposta	44

1. INTRODUÇÃO

Quando observamos o ensino de Física nas escolas, muitas vezes nos deparamos com métodos práticos que podem não possibilitar uma reflexão dos conceitos apresentados, os alunos se sentem distanciados da ciência, pois não conseguem estabelecer uma relação que de fato traga algum significado para aquele assunto ou para aquela prática diante dos fenômenos que podem presenciar no cotidiano.

A preocupação com esse problema aparece nos trabalhos de diferentes autores nas últimas décadas, relatando um certo distanciamento causado por métodos puramente expositivos, ou seja, uma aula baseada somente por quadro e giz, com procedimentos puramente expositivos. Nesta perspectiva, encontramos produções como o GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), que traz uma proposta de ensino para o ensino básico, que procura apresentar a física como instrumento fundamental na compreensão da realidade, o projeto Física das Coisas e os livros didáticos de Beatriz Alvarenga, que procura relacionar os conceitos aos contextos e aplicações do cotidiano dos alunos.

Vários projetos de ensino na História do Ensino de Física (PSSC, FAI, Harvard) procuravam dar ao aluno o protagonismo da aula, fazendo com que fosse envolvido no processo de construção do conhecimento.

Mais recentemente, dentre as metodologias ativas que foram propostas a partir dessa premissa, temos o Ensino investigativo, que veio a ser melhor elaborado nos trabalhos de autoras como Anna Maria Pessoa de Carvalho e Lúcia Helena Sasseron.

Mas a tentativa de uma metodologia investigativa não é recente, como já tratado nos trabalhos do filósofo e pedagogo norte-americano John Dewey (1980), cujas ideias sugeriam promover o questionamento e a análise de evidências pela discussão com os alunos, trabalhar partes do processo em diferentes dinâmicas para poder atingir o objetivo da aula, ou seja, antes de se trabalhar o conceito principal, buscamos atividades que possam trazer os alunos para o tema. Nessa

perspectiva, fazer com que os alunos trabalhem conceitos físicos através de problemas reais e relevantes para o contexto em que vivem.(CARVALHO, 2013)

Para esse projeto, procuramos estudar aspectos envolvendo a metodologia investigativa para o ensino de física no ensino fundamental e médio em diferentes anos, procurando refletir sobre como trazer propostas de atividades que possam trabalhar determinados conceitos físicos dentro da estrutura do ensino investigativo.

Como foco de conteúdo neste trabalho procuramos refletir sobre uma atividade que pudesse abordar os conceitos iniciais da Relatividade, mais especificamente, a Teoria da Relatividade Restrita, que é muito pouco ou nada trabalhado no ensino básico. Por isso, esse tema acaba por muitas vezes se tornando excessivamente descritivo, aparentemente sem uma aplicação prática, de certa forma repetindo os problemas encontrados em alguns outros tópicos da física.

Portanto, com os estudos feitos sobre esta metodologia de ensino, trazemos uma proposta para envolver os alunos em uma nova temática, criar um ambiente que promova o contato com a leitura e a prática, que leva a construção do conhecimento científico, e reflexões acerca dos impactos e aplicações da área da ciência a ser trabalhada.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivos:

- Realizar estudo bibliográfico sobre a temática Ensino Investigativo e Ensino de Física.
- A partir desse foco de estudo, construir uma proposta de Sequência de Ensino investigativo (SEI), ou seja, uma sequência de atividades que, utilizando as ideias do ensino investigativo, nos permitirá uma alternativa para trabalharmos o tópico de Relatividade,

A escolha pelo conteúdo Relatividade deve-se ao fato de ser pouco explorada nas aulas de Física do ensino básico, e também por apresentar um desafio para este tipo de abordagem por se tratar de conceitos mais abstratos, nos proporcionando um campo onde podemos explorar formas de aproximar o conteúdo aos alunos, para que assim possamos utilizar a SEI.

3. PERCURSO METODOLÓGICO DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida com um estudo bibliográfico da temática, trazendo reflexões sobre os tópicos que envolvem essa proposta, procurando esclarecer conceitos chave presentes acerca deles.

Com o estudo de trabalhos de autoras como Lúcia Helena Sasseron e Anna Maria Pessoa de Carvalho, buscaremos esclarecer tópicos fundamentais referentes ao tema da pesquisa. Com esse estudo, colocaremos a proposta de uma SEI com base nos dados coletados na primeira etapa da pesquisa, para trabalharmos os conceitos de relatividade restrita com os alunos.

Na etapa seguinte focaremos na construção de uma proposta de sequência didática aplicável para turmas diferentes do ensino básico, dentro da metodologia de ensino investigativo, procurando proporcionar uma participação mais ativa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

Trata-se, portanto, de uma pesquisa de cunho qualitativo, pela natureza dos dados. Também, pela busca do vínculo entre as teorias que envolvem o ensino por investigação com a prática pedagógica, consideramos uma proposta de intervenção didática, por seus objetivos.

As características conceituais a respeito dos tipos de pesquisa, segundo Gonsalves (2007), são melhor detalhadas como segue:

Pesquisa qualitativa: preocupa-se com a compreensão e a interpretação do fenômeno, considerando o significado que os outros dão às suas práticas.

A construção deste trabalho caracteriza-se pela análise de dados escritos por outros autores, com o intuito de ter um maior contato com as produções referentes ao tema da pesquisa, a partir da qual construiremos nossa SEI.

4. ENSINO INVESTIGATIVO

O ensino investigativo traz a proposta de oferecer aos educandos a possibilidades de se construir conceitos e ter acesso ao conteúdo ao promover o questionamento e a análise de evidências pela discussão com os alunos, trabalhar partes do processo em diferentes dinâmicas para poder atingir o objetivo da aula.

Nessa perspectiva, sugerem fazer com que os alunos trabalhem conceitos físicos através de problemas reais e relevantes para o contexto em que vivem.

As ideias que envolvem esse tipo de procedimento de ensino aparecem a partir do final do século XIX com influência dos pensamentos do filósofo John Dewey. Tais ideias trazem uma perspectiva de trabalho sobre a construção do conhecimento científico nos alunos, por meio de raciocínio lógico e desenvolvimento de trabalho em equipe, além do próprio contato com o fazer científico, uma primeira abordagem sobre como ocorre a formulação de conceitos através de uma investigação,

No final do século XIX, surgiu o Movimento Progressista, que era contrário às ideias de Herbart e dos jesuítas. Os adeptos dessa nova pedagogia defendiam o ensino centrado na vida, na atividade, aliando teoria e prática, sendo o aluno participante ativo de seu processo de aprendizagem. Dewey foi precursor dessas ideias. Seu nome tem sido associado à aprendizagem por projetos e por resolução de problemas. (ZOMPERO e LABURÚ, 2011)

A ideia central da proposta de Dewey, é a questão da experiência para a formação do conhecimento do aluno (ZOMPERO e LABURÚ, 2011). Vale salientar que o filósofo usa a palavra experiência para se referir a vivência do aluno, a forma como reagem aos fenômenos do cotidiano e as reflexões geradas a partir disso. Portanto, quando tratamos de aprendizagem, sugeria associar essas experiências ao ensino dos alunos, afinal, fenômenos mais comuns da natureza e ações diárias realizadas dentro de casa, possuem algumas relações entre si. Caberia, assim, ao professor conduzir os alunos a um novo tipo de leitura de suas experiências.

Segundo as ideias de Dewey, reflexões são responsáveis por reconstruir as experiências vividas pelos alunos, o que está intimamente ligado ao processo de aprendizagem, ou seja,

A experiência se adquire a partir de um conjunto de vivências (ROSITO, 2008). Nesse sentido, quando a experiência educativa é refletida, a aquisição de conhecimento será seu resultado natural, portanto, a experiência dá significado à vida. Ainda com base em Dewey (1980), a contínua reorganização da experiência pela reflexão é característica particular da vida humana. A educação consiste

nessa contínua reorganização, que promove uma melhoria na qualidade da experiência para novas aprendizagens.(ZOMPERO e LABURÚ, 2011)

A partir de então, estudiosos apresentaram outras diferentes propostas para o conceito de investigação nas aulas de ciências. Primeiramente temos a defesa de que esse conhecimento se desenvolveria pela observação da natureza, em seguida, pela confirmação de fatos científicos por meio de experimentos em laboratório, e por fim o *inquiry*, que propõe o uso da lógica de um procedimento científico pelos estudantes, para que possam buscar possíveis soluções para problemas com respostas inicialmente desconhecidas por eles. (DEBOER, 2006)

Através do *inquiry*, Dewey propõe que o aluno deva participar mais ativamente de sua aprendizagem, por meio de problemas a serem investigados por eles que exigem reflexões sobre seus conhecimentos em ciências. A partir de então, Dewey estabelece alguns passos que caracterizam um ensino baseado em investigação,

Para Dewey, o aluno deveria participar ativamente de sua aprendizagem, por isso, os alunos deveriam propor um problema para investigarem aplicando seus conhecimentos de ciências aos fenômenos naturais (BARROW, 2006). Esse mesmo autor, afirma que Dewey modificou sua interpretação anterior sobre os passos do método científico para realizar seu objetivo de pensamento reflexivo. Os passos seriam: apresentação de problema, formação de hipótese, coleta de dados durante o experimento e formulação de conclusão. Os problemas a serem estudados deveriam estar de acordo com o desenvolvimento intelectual, as capacidades cognitivas dos estudantes e com as experiências dos mesmos. A ideia aqui era preparar os alunos para serem pensadores ativos, em busca de respostas e não apenas disciplinar o raciocínio indutivo.(ZOMPERO e LABURÚ, 2011)

No Brasil trabalhos de Anna Maria Pessoa de Carvalho, sugerem alguns pontos que definem como o Ensino Investigativo, caracterizado para o ensino de Ciências.

Para a autora, o ensino investigativo é o ensino de conteúdos programáticos, com a qual o professor cria condições para os alunos pensarem ativamente o conteúdo, expressarem seus argumentos, ser capaz de ler de forma crítica o conteúdo, e escrever suas ideias e o que foi construído com a discussão sobre a atividade. Com isso, a avaliação em uma atividade investigativa, não está apenas na verificação do conteúdo, mas sim, na construção dessas habilidades sobre o conteúdo(CARVALHO, 2018).

Em atividades de ensino investigativo é muito importante o professor estar atento a dois fatores principais na construção de um ambiente investigativo: o grau de liberdade intelectual dado aos alunos e a elaboração de problemas para a SEI (CARVALHO, 2018).

O primeiro se refere a ação do aluno na realização da atividade, sua participação deve ter destaque em todas as etapas de construções de hipóteses, planejamento do trabalho em grupo e a obtenção dos dados. Ao professor cabe a contextualização dos problemas, mediação dos grupos no avanço dessas etapas e a síntese do conteúdo construído com os alunos. Para isso, os problemas que iniciam a atividade devem promover condições para que os alunos consigam buscar soluções identificando as variáveis do problema, e traçarem uma relação com seus conceitos prévios e as possíveis aplicações em seu mundo.

As atividades construídas com a proposta de ensino investigativo, não procuram transformar os alunos em cientistas. A proposta é conduzir os alunos em um processo onde tenham a possibilidade de ampliar sua cultura científica, se familiarizando com o processo e a linguagem da ciência, uma alfabetização científica (SASSERON e CARVALHO, 2008).

4.1. A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As *sequências didáticas* são um conjunto de atividades abrangendo um tópico do conteúdo em que cada uma é planejada, com o objetivo de proporcionar condições de trazer seus conhecimentos prévios para que possam ampliar seus conceitos, terem suas próprias ideias e poderem discuti-las com colegas e o professor, passando do conhecimento prévio para o científico. A proposta é criar um ambiente investigativo, para que os alunos aprendam o processo do trabalho científico, assim, trazendo a possibilidade da alfabetização científica (CARVALHO, 2014).

A elaboração das sequências didáticas acontecem a partir de um problema (“desafio”) proposto pelo professor aos alunos, e para que os alunos possam interagir ativamente na busca da solução deste, essas atividades partirão de atividades simples não experimentais, que possibilitem a investigação em grupo e a construção de conhecimento científico, baseado em suas próprias hipóteses.

Nas atividades propostas com esse enfoque, o professor tem a função, em cada etapa, de avaliar a argumentação dos alunos a respeito da abordagem do problema proposto, e as relações que conseguem estabelecer entre seus resultados e o conceito físico tema da atividade.

Em atividades organizadas em Sequências de Ensino Investigativo (SEI) que possam ser aplicadas para alunos do ensino básico, o professor irá solicitar, em algumas atividades, registros feitos pelos próprios alunos em debates com o professor e seus colegas durante cada aula, apontando pontos relevantes da aula, como das reflexões dos alunos sobre a resolução do problema tema, e vínculo com seus conhecimentos sobre os conceitos físicos, como também, uma discussão que permite a contextualização dos mesmos, assim podendo realizar observações a respeito de possíveis interpretações sobre a física relativística em nosso cotidiano, que pode gerar alguma confusão pela maior abstração dos seus conceitos.

4.2. Sequência didática

As atividades de ensino investigativo se iniciam com a proposição de uma situação-problema aos estudantes. Tal situação-problema tem como finalidade instigar os estudantes, incentivando-os na busca de uma solução, para a qual o professor não apresenta de imediato a solução. A implementação de uma situação problema deve proporcionar um ambiente no qual o aluno é protagonista no ensino, diferenciando-se assim de um ensino expositivo.

Para isso, essas atividades são construídas como uma sequência de aulas - chamada de SEI (Sequência de Ensino Investigativo) (CARVALHO, 2011) - relacionadas entre si.

As atividades podem se iniciar com os alunos dispostos em grupos, que vão analisar o problema e traçar estratégias. Cabe ao professor conduzir os estudantes pelas etapas, observando a argumentação formada por eles, sendo esse um indicador para a construção do conhecimento científico como colocado por Carvalho. Com essa análise, parte-se para a síntese do conceito físico base para a SEI à partir das reflexões construídas pelos alunos, em contraposição a práticas educativas tradicionais em que

cursos de Ciências são voltados para o acúmulo de informações, muitas vezes consideradas uma realidade preexistente absoluta descoberta pelos cientistas. O principal foco de atenção está sobre os produtos da Ciência e o desenvolvimento de habilidades

estritamente operacionais, em que, muitas vezes, o vocabulário formal, a linguagem matemática e outros modos simbólicos (tais como gráficos, diagramas e tabelas) necessitam de contextualização. Essa prática dificulta a compreensão por parte dos alunos sobre o papel que diferentes linguagens representam na construção dos conceitos científicos.(CAPPECHI, 2013)

Porém, não basta apenas apresentar essas aplicações aos alunos. Isso não fará com que passem a se interessar pelas aulas, ou que se sintam motivados a participar mais ativamente das atividades. Afinal, o professor pode manter o sistema de uma aula puramente expositiva, e assim, não levar nenhum estímulo à participação ativa dos alunos, uma vez que

O ensino realizado dessa forma acaba por possibilitar um abismo entre curiosidade e rigor investigativo, uma vez que cabe ao estudante, inicialmente motivado a participar, uma atitude passiva diante da coleção de conhecimentos apresentados a ele prontos e acabados. Assim, em vez de estimular o envolvimento dos estudantes com os temas científicos, esse ensino acaba por romper com suas curiosidades, tornando os alunos cada vez mais distantes e desmotivados.(CAPPECHI, 2013)

Por isso, essas atividades têm a intenção de trazer os alunos para esse ambiente onde podem ter contato com a forma como a Ciência é construída, o envolvimento com a prática científica. O professor deve manter um papel de guia durante a aula, sempre incentivando a participação dos estudantes e observando a argumentação desenvolvida por eles, como forma de avaliar o desenvolvimento e o debate do conceito abordado na aula.

A construção de problemas para tais atividades podem ser de forma experimental, ou seja, os alunos podem ser dispostos em grupos, cada um deles diante de um aparato experimental, onde passarão a fazer suas reflexões em conjunto a partir da manipulação desses equipamentos. Ou, então, o uso de problemas não experimentais, onde o professor pode introduzir o tema com o uso de outros recursos como leitura de textos complementares, gráficos, etc., com o objetivo também de tornar a linguagem científica algo mais familiar para os alunos.

Após os alunos tiverem sido envolvidos pelo problema e começarem a traçar suas estratégias para a resolução baseados no material disponibilizado pelo professor, este deve se atentar a forma como essas reflexões passam a aparecer conforme o andar da aula, pois elas irão mostrar os ajustes necessários ao desenvolvimento do conceito físico tema da aula de forma mais dinâmica e ativa. A partir disso, podem ser utilizados outros tipos de atividades e materiais de maneira

complementar e como síntese de tudo o que foi levantado durante o processo de investigação do problema.

Importante salientar que as SEIs são construídas para enfatizar o processo da construção do conhecimento, mais do que o resultado do fenômeno específico da situação-problema, são avaliadas as estratégias formuladas pelos alunos para poderem manipular os materiais disponíveis e associar isso com seus conhecimentos prévios sobre a Física. Então, cabe ao professor trabalhar a contextualização do tema e síntese dessas informações, para que possam ter um processo de aprendizado investigativo.

Dessa forma, a ênfase da atividade de ensino investigativo não está na memorização de nomes e de fórmulas, mas sim em proporcionar um ambiente de aprendizagem que permita aos educandos discutir suas ideias com colegas e professores. Trata-se, portanto, do conteúdo e do processo de apropriação do conhecimento.

5. TRABALHO EM GRUPO

O trabalho em grupo está presente nas aulas investigativas, como forma de melhor desenvolver as reflexões construídas pelos alunos, durante a interação com o problema inicial da SEI e também em atividades de síntese, onde podem trazer as hipóteses criadas pelo grupo que irão fomentar uma discussão com os outros grupos.

Por isso, neste tópico, vamos esclarecer alguns pontos a respeito do uso do trabalho em grupos como uma técnica didática.

Esse termo começou a aparecer por volta do início do século XX, com um movimento chamado Escola Nova, que buscava romper com as tradições pedagógicas, fundamentada em disciplina, autoridade, exposição e memorização (VEIGA, 2013). A partir de então, há uma maior preocupação com o modo como o aluno constrói o conhecimento em sala, com isso, passando a ter um protagonismo na sua aprendizagem.

No início do século XX, a experiência e a interação com o outro já eram tratados como pontos importantes para a aprendizagem. Com isso, o trabalho desenvolvido pelo grupo deveria proporcionar situações de discussão a respeito de decisões e alternativas para encarar o problema, além da vivência com as diferentes opiniões dos colegas.

Posteriormente, por volta dos anos 1980, há uma retomada dos conceitos de trabalho em grupo que haviam sido deixados de lado durante a prevalência do ensino tecnicista nos anos 1960, o movimento chamado Pedagogia Crítica, trazendo como alguns dos maiores representantes, Paulo Freire e Demerval Saviani. Esse movimento refletia sobre o caráter coletivo da construção do conhecimento, apresentando uma pedagogia libertadora, um pensamento mais político sobre o processo de ensino (VEIGA, 2013).

Contribuições de Vygotsky, com o conceito de *zona de desenvolvimento proximal e real*, destacam a influência positiva que o contato com os professores e os colegas mesmo com suas diferenças têm sobre o desenvolvimento de um aluno, com isso, esclarecendo a importância de diferentes experiências nesse processo.

Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se desenvolver potencialmente

em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas.(CARVALHO, 2013)

O uso do trabalho em grupo pode ser aplicado em qualquer etapa de escolaridade, desde o ensino fundamental até o ensino superior. Para isso, são necessárias adaptações de conteúdo e linguagens, proporcionando assim, um ambiente de troca de experiências, onde o aluno é encorajado a fazer reflexões e traçar estratégias junto à equipe, sob a mediação do professor, uma etapa significativa para a construção do conhecimento científico.

6. USO DE PROBLEMAS PARA O ENSINO

No ensino de Ciências, é usual um sistema que prioriza somente a memorização de vários enunciados, ou seja, não trabalhamos um tópico profundamente a ponto de desenvolver uma reflexão crítica do conteúdo, atribuindo um significado ao que estudamos. Por isso, neste tópico, vamos discutir sobre a importância de se usar problemas no desenvolvimento de uma atividade investigativa.

Nas aulas de Ciência tradicionalmente, quando apresentamos um novo conhecimento, uma nova lei, um novo pensamento de algum cientista, os alunos recebem apenas novas fórmulas matemáticas em uma linguagem formal, distante do que presenciam em seu cotidiano e da forma como fazem a leitura de seu mundo, sendo assim, a ciência torna-se uma figura abstrata.

Esta forma de apresentar um novo conceito científico acaba por enfatizar uma estrutura onde a importância do conhecimento está puramente no reproduzir enunciados e mostrar o resultado de uma “verdade absoluta” escrita por “uma única pessoa”. Entretanto como discutido por Cappechi,

Assim, em vez de estimular o envolvimento dos estudantes com os temas científicos, esse ensino acaba por romper com suas curiosidades, tornando os alunos cada vez mais distantes e desmotivados.[...]Abordar o ensino-aprendizagem de ciências dessa perspectiva envolve dar ênfase a processos de investigação e não a apenas conteúdos acabados.(CAPPECHI, 2013)

Entendemos que o objetivo de uma aula de Ciências deveria ser o de possibilitar o contato dos alunos com o modo que a Ciência é construída. Dessa forma é possível que o aluno venha a compreender que esse conhecimento faz parte da sua vida de forma significativa em todas as suas ações e reconhecer a importância de lidar com esse tipo de conteúdo, enxergando os possíveis impactos sociais e ambientais do seu uso.

Para isso precisamos colocar situações problematizadoras para os alunos, criando um ambiente gerador de questionamentos sobre um cenário aparentemente conhecido por eles, envolvendo questões científicas em um processo investigativo. Os estudantes podem ser estimulados então, a desenvolver uma leitura científica sobre as situações apresentadas, proporcionando um processo de passagem de uma curiosidade ingênua para uma curiosidade epistemológica. Paulo Freire salienta que devemos superar a *curiosidade ingênua* das pessoas, aquela embasada pelo

senso comum, estimulando um pensamento mais crítico sobre suas vivências, no sentido de uma *curiosidade epistemológica* (FREIRE, 1996).

Para ele é necessário fazermos a problematização de acontecimentos do cotidiano, explorar novas abordagens a fenômenos descritos pela ciência, e criar um ambiente onde possibilita essa interação dos alunos com o conteúdo e permita que os estudantes possam traçar suas estratégias, e assim construir um novo conhecimento com suas reflexões trazidas de suas experiências e conceitos anteriores.

No caso do Ensino Investigativo as situações-problema são escolhidas e construídas com a intenção de fazer os alunos enxergarem uma outra abordagem para assuntos aparentemente conhecidos, e através de tentativas, possam aprimorar conhecimentos que carregam a priori, em um processo de desconstrução e construção de novos conceitos,

Compreender cientificamente envolve buscar responder questões que não são dadas a priori, mas formuladas a partir de conhecimentos, valores, práticas e linguagens específicas e é preciso que sejam criadas condições para que os estudantes sejam inseridos nesse universo.(CAPPECHI, 2013)

6.1. Tipos de problema

Os problemas iniciais de uma SEI podem se caracterizar com relação aos tipos de materiais utilizados e as diferentes abordagens sugeridas para o tema (CARVALHO, 2013).

a. Problemas experimentais

Esse tipo de problema necessita da ação dos alunos sobre algum aparato experimental. Esses experimentos devem permitir uma liberdade de manuseio e não apresentar nenhum tipo de material potencialmente perigoso aos alunos. Permitem uma ação criativa dos alunos que irão testar suas hipóteses durante o estudo do problema.

Pelas características levantadas para os problemas usados em uma SEI, devemos lembrar de que esses experimentos devem estar contidos em um contexto familiar aos estudantes, isso significa que de maneira alguma eles devem se espantar com a situação que estão presenciando, isso os afastariam do desenvolvimento de um exercício de investigação. Portanto, esse tipo de problema

deve ser construído de forma a despertar o interesse pela busca da solução do problema através de suas discussões e de sua verificação experimental.

Um exemplo desse tipo de problema, é o uso de carrinhos de madeira para o estudo de quantidade de movimento. Com este aparato experimental, os alunos podem manipular os carrinhos de diferentes formas, mudando seus valores de massa, podendo testar suas indagações com um material simples, que não oferece muitos riscos com seu uso.

b. Demonstrações investigativas

Esse tipo de problema se aproxima dos problemas experimentais, porém, os alunos não manipulam o aparato experimental diretamente, passando a ser realizado pelo professor que atenderá as hipóteses e opiniões dos alunos, demonstrando os efeitos dessas sugestões no experimento, para que possam verificar a cada etapa se estão se aproximando de uma possível solução para o problema.

A parte mais importante da atividade é a ação intelectual do aluno sobre a resolução dos problemas. Como as ações manipulativas são realizadas pelo professor, este deve criar condições para os alunos iniciem um processo argumentativo, assim refletindo sobre cada passo feito pelo professor. A partir disso, pode-se construir um cenário propício para consolidar os conceitos tema do problema proposto na SEI.

Podemos pensar em demonstrações investigativas quando vamos trabalhar com eletricidade, por exemplo. O professor pode fazer uma atividade baseada em um circuito elétrico, onde podemos estudar com tomadas e lâmpadas, mas por utilizarmos um material mais perigoso comparado aos problemas experimentais anteriores, é importante que a ação manipulativa seja realizada pelo professor, que irá conduzir sua demonstração baseado nas sugestões dos alunos, colocando perguntas como: “Qual vocês acham que deve ser meu próximo passo?”, ou então, “Por que, ao realizar tal ação, isso aconteceu?”. Sempre em sintonia com as reflexões dos alunos (CARVALHO, 2013).

c. Problemas não experimentais

Neste tipo de problema oferece-se outra possibilidade para se tratar os conceitos. Materiais como imagens, textos, gráficos etc., são apresentados aos estudantes. A ação intelectual deles está na leitura de seus novos termos e

imagens, que acabam por expor os alunos aos problemas e à linguagem usada na Ciência.

As atividades são conduzidas em torno de discussões levantadas pelos alunos, que estão dispostos em grupos pequenos para melhor comunicação entre si e o professor. Importante salientar o papel do professor como mediador das reflexões e discussões entre os colegas, pois esse tipo de problema envolve atividades teóricas que exigem mais do envolvimento do aluno em diferentes etapas, tanto na análise do conteúdo quanto na relação com o outro. Esses fatores devem ser levados em conta para um bom progresso na construção e sistematização de novos conceitos.

No caso dos problemas não experimentais, temos um exemplo comumente usado nas aulas de ciências, como representado por Carvalho, 2013, quando cita as atividades envolvendo a leitura de tabelas nutricionais de produtos alimentícios, com o intuito de familiarizar os alunos com esse tipo de linguagem. Algo semelhante, em uma etapa mais avançada, poderia ser solicitado para que os próprios alunos tragam sugestões de materiais de pesquisa para que possam extrair não apenas os conceitos, mas também uma análise de termos e dados presentes no trabalho científico.

No caso do tema que escolhemos – relatividade – problemas experimentais e atividades demonstrativas parecem naturalmente difíceis, em função das dificuldades de nos aproximarmos da velocidade da luz em uma sala de aula. Neste caso, problemas não experimentais parecem ser uma importante inspiração para lidar com essa temática em uma SEI.

Para se desenvolver essas atividades, procuramos criar situações, onde os alunos possam extrapolar os conceitos e as considerações que carregam consigo a respeito da forma como a física se apresenta, de forma a conseguir identificar consequências desse conteúdo em seu cotidiano. Apresenta-se também um material de apoio com o conteúdo a ser trabalhado em nossa SEI.

Os problemas não experimentais estão presentes no desenvolvimento da Ciência com os experimentos mentais, com os quais nos é permitido fazer estudos e extrapolações. Por meio desse tipo de atividade não experimental, com o uso também de imagens mentais e paradoxos que vão embasar o problema da aula, podemos buscar a construção de conhecimentos, mesmo que não nos permita uma

aproximação imediata mais concreta dos fenômenos, compreendendo e entendendo suas consequências e aplicações.

6.2. EXPERIMENTOS MENTAIS

Desde muito tempo, retomando a Grécia antiga (KIOURANIS, 2009), existe o conceito de experimentos realizados no pensamento, como uma forma organizada e controlada de testar suas hipóteses. Também encontramos esse tipo de experimento através do uso de vários paradoxos que aparecem ao avançarmos em tópicos como a mecânica quântica e a relatividade de Einstein.

Para este trabalho, exploramos esse conceito por darmos ênfase ao uso de problemas não experimentais para conduzirmos uma sequência didática para alunos do ensino básico com o tema relatividade. Ressaltamos brevemente a importância histórica e suas aplicações para o ensino.

Os experimentos mentais, também conhecidos como *gedanken*, como proposto por Ernst Mach em 1897 (KIOURANIS, 2009), nos trazem possibilidades para o ensino que não exigem o uso de um aparato experimental, muitas vezes inacessível para algumas escolas, e em outras, por falta de uma forma de representar propriamente o conceito que o professor irá trabalhar. Diante disso

Encontramo-nos então numa situação única em que buscamos a reflexão e o auxílio das leis da física para a solução do problema apresentado. Esta situação raramente ocorreria se o experimento fosse realizado primeiramente no laboratório físico, pois neste caso a ênfase encontra-se nos resultados previstos pela ciência e sua comprovação com os resultados obtidos no laboratório. (KIOURANIS, 2009)

Podemos descrever então, essas possibilidades de ensino com a forma com que o aluno irá trabalhar suas reflexões sobre um experimento hipotético. Com o uso de experimentos mentais, conseguimos explorar de maneira mais profunda os conceitos necessários para a resolução do problema, e até mesmo o conhecimento prévio que o aluno carrega consigo (MACH, 1926), e avaliar essas ações durante a atividade investigativa.

Em particular, o uso de experimentos mentais para condução em uma situação problema dentro de uma SEI, nos permite avançarmos em uma atividade investigativa, com tópicos que exigem boa leitura dos alunos sobre a situação e

compreensão dos termos que compõem a teoria. Assim, utilizamos esse conceito dentro da proposta de problemas não experimentais para iniciarmos a SEI sobre a física relativística, o que irá nos proporcionar uma exposição dos pensamentos dos alunos sobre o tema e a forma como eles fazem suas considerações e relações entre as hipóteses levantadas para tentarem solucionar o problema descrito na atividade,

Trata-se de um processo que privilegia o uso da mente e revela o que o estudante pensa acerca dos conceitos relevantes que estão sendo investigados. Para alguns estudantes pode parecer óbvio, enquanto outros irão conjecturar resultados não usuais e até estranhos. Os processos pensados encorajam os estudantes envolvidos na criação de novos fatos, produzindo até novas explicações.(KIOURANIS, 2009)

Com isso, lançamos mão da prática desse tipo de experimento como forma de criar um ambiente onde os alunos possam desenvolver de maneira efetiva sua cognição, em conjunto com as etapas de discussão e síntese características de uma SEI. Assim, conforme as ideias de Mach (1926), podemos entender os experimentos mentais como um espaço para o desenvolvimento do intelecto e confiança para a construção das discussões.

7. RELATIVIDADE E ENSINO INVESTIGATIVO: UMA PROPOSTA

Passamos agora a apresentar uma proposta de como podemos criar atividades investigativas para trabalharmos a Relatividade com os alunos. A proposta visa construir com os estudantes conceitos para que possam ter um maior contato com esses pensamentos que foram responsáveis por um grande avanço na forma como compreendemos o universo.

Como mostrado anteriormente, uma das possibilidades que podemos explorar dentro do Ensino Investigativo para a criação de situações-problema que iniciam uma SEI, é o envolvimento dos alunos em problemas não experimentais. Esse tipo de problema é usado principalmente para a introdução de novos conceitos, levando aos alunos uma nova visão quanto às leituras realizadas pela ciência. Para isso, requer a utilização de imagens, vídeos, textos, ou outros tipos de recursos que possibilitem esse contato com uma nova temática.

Com isso, mantendo as etapas discutidas para a realização de uma SEI, onde os alunos devem traçar estratégias para a resolução de um problema estabelecido pelo professor, levantar hipóteses sobre o que observam, e apresentarem suas reflexões em conjunto de forma a sistematizar esse novo conhecimento.

Para esse tipo de atividade, propomos a divisão da sala em grupos de alunos para que o professor possa observar as diferentes possibilidades de pensamentos que possam vir a aparecer nessa situação, e com isso propondo avaliar como poderá agir diante dessa adversidade, promovendo discussões e testes dessas hipóteses, que são peças chave para um ensino investigativo.

As atividades utilizadas como problemas para iniciarem essa SEI, terão como objetivo colocar os alunos em situações onde os conceitos básicos de relatividade como referenciais, postulados da teoria especial relativística, espaço-tempo e o fenômeno da simultaneidade, serão peças-chave para a resolução desses problemas.

O professor então passará a apresentar os problemas para os grupos, de forma a incentivar a reflexão sobre o assunto, e então fazendo mudanças nas variáveis que envolvem a situação do problema, para que possam fazer comparativos entre elas e apresentar o conteúdo, ou seja, trabalhar essas

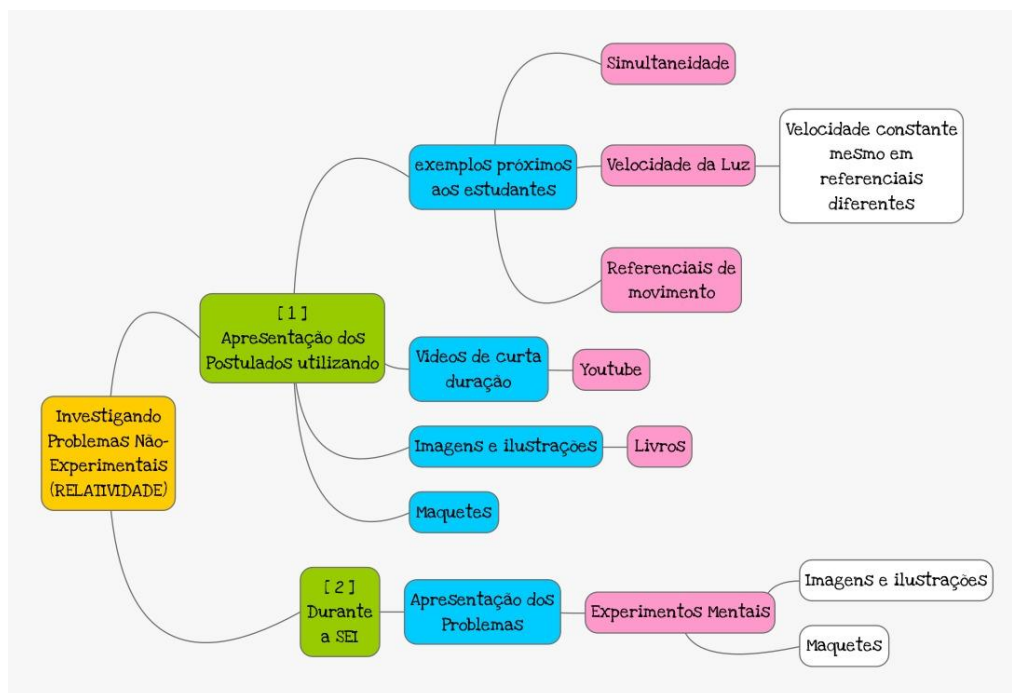
mudanças na atividade como forma de abordar consequências das aplicações desses tópicos e ter uma maior clareza dos significados desses conceitos.

7.1. O contato com a Relatividade

Como apresentado anteriormente, os alunos têm pouco contato com a física relativística, além do fato de que, esta temática possui conceitos difíceis de serem apresentados a eles de forma concreta, com a qual possam identificar aspectos relevantes e possíveis consequências em suas rotinas, de modo que a contextualização desse conteúdo aos estudantes se torna um obstáculo a ser superado para que possamos criar um ambiente para o desenvolvimento do conteúdo com uma abordagem investigativa, afinal, não podemos viajar com os alunos em uma nave que move com a velocidade da luz para mostrarmos os efeitos relativísticos.

A seguir, apresentamos um diagrama de como podemos observar esse desafio. No ramo [1], discutimos formas de apresentar o conteúdo aos alunos para que seja possível desenvolvermos uma SEI. No ramo [2], mostramos que uma oportunidade para criarmos situações-problema com esse tema é o uso de experimentos mentais, nos permitindo avançar em conceitos antes não acessíveis para a sala de aula, em termos de recursos e aparato experimental.

Imagem 1: Diagrama ilustra a proposta para o ensino de Relatividade, tomando por base problemas não experimentais e o Ensino Investigativo:



Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Para podermos contornar essa situação, utilizamos alguns materiais de introdução ao conteúdo, para que os estudantes possam iniciar a SEI com uma maior familiaridade ao tema. Por meio de imagens, filmes, desenhos e maquetes procuramos estabelecer uma relação desses fenômenos com aquilo que de fato tenham um contato mais próximo, percebendo os efeitos causados sobre aquilo que observam.

Com estas considerações, propomos formas de se trabalhar a Relatividade por meio de uma SEI.

7.2. Trabalhando a Relatividade em uma SEI - Introdução

Para começarmos a trabalhar com a teoria especial da relatividade, devemos primeiro estabelecer alguns conceitos com relação ao que iremos discutir sobre o tema.

Nos atentamos ao fato de que todo movimento é relativo em relação a um sistema de referência arbitrário. Podemos representar isso ao pensar em um passageiro em um carro ou em um ônibus, que observa um outro carro se movendo ao lado. O movimento só pode ser descrito por ele se comparar o segundo carro com o seu próprio, mas não saberá dizer qual deles está se movendo e qual está em

repouso. Ou seja, se o veículo não possuísse janelas, completamente fechado o passageiro não poderia confirmar se ele está parado ou em movimento uniforme. Com isso, temos nosso primeiro conceito importante, afirmando que não há movimento absoluto, ou seja, podemos obter informações como velocidade apenas quando fazemos a análise ao adotarmos um referencial para isso.

Independente de quais desses referenciais vamos utilizar, ambos devem concordar com os resultados obtidos, este é o primeiro postulado da relatividade especial. Lembrando que estamos trabalhando com referenciais inerciais, ou seja, aqueles que se movem com velocidade constante ou permanecem em repouso.

Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os sistemas de referência que se movem com velocidade uniforme.

Mas e com relação a velocidade da luz?

Einstein propôs que independentemente da velocidade dos observadores, a velocidade da luz teria de ser medida com o mesmo valor, um postulado da relatividade especial:

A velocidade de propagação da luz no espaço livre tem o mesmo valor para todos os observadores, não importando o movimento da fonte ou do observador; ou seja, a rapidez de propagação da luz é uma constante.

Usamos o valor da velocidade constante da luz (c) com o valor de 300 000Km/s, independente da velocidade em que você se desloca.

7.2.1. Atividade introdutória - Os postulados da teoria da relatividade restrita

Começamos nossa SEI explorando o significado dos postulados da teoria especial da relatividade, procurando familiarizar os alunos com o tema que será trabalhado. Esta atividade tem como objetivo, trabalhar os conceitos de referenciais inerciais, estabelecendo como podemos tratar o movimento nessas condições, onde os dados que desejamos obter, como a velocidade, depende de um outro referencial para ser calculada, sendo essa grandeza uma quantidade relativa, não existe movimento absoluto, trazendo a tona o primeiro postulado da relatividade restrita.

Para iniciarmos a atividade introdutória, serão disponibilizados aos alunos materiais que possam apresentar a eles representações práticas do conteúdo. Com isso, o professor pode introduzir o tema da aula, enunciando os postulados da relatividade restrita, tratando da importância da teoria da relatividade, e seus reflexos no nosso cotidiano, podendo citar exemplos como o sistema de GPS, e como precisamos da relatividade para executar suas funções. Importante ressaltar que os estudantes devem também ter conhecimento de como funcionam os experimentos mentais mencionados, para que estejam atentos em como as atividades irão funcionar, ou seja, esclarecendo sobre condições colocadas pelo tema, e que com este tipo de experimento, podemos observar grandes possibilidades de estudos.

Sugerimos, como introdução a SEI, o uso de um vídeo produzido para o projeto de ensino PSSC (Physical Science Study Committee) intitulado como: "PSSC - Frames of reference" (Ver Apêndice 1), que demonstra de várias formas como podemos entender o sistema de referências, fundamental para o estudo da Relatividade. Os cientistas fazem o uso de diferentes construções e perspectivas, causando um efeito visual que nos ajuda a esclarecer a importância e consequências ao adotarmos um referencial ou outro na nossa análise.

Imagem 2: Imagens do vídeo do PSSC que demonstram a mudança de referenciais:



Fonte: Imagens retiradas do vídeo: PSSC - Frames of reference (1960).

A partir dessa discussão, procuramos construir condições para esclarecer os significados presentes no primeiro postulado da relatividade, caracterizando os referenciais inerciais, ou seja, aquele que se move com velocidade constante, ou permanece em repouso. Com isso, podemos entender que não existe uma afirmação como movimento absoluto, as características do movimento de um corpo como a velocidade tratada nesse problema, só podem ser obtidas ao determinarmos sistemas de referência condizente com o problema que precisamos resolver, e ao

escolhermos um referencial temos percepções diferentes do movimento dependendo de suas condições iniciais, ou seja, só podemos fazer afirmações sobre nosso movimento com relação ao outro. Assim, para o primeiro postulado, determinamos que para qualquer desses referenciais que adotarmos, as leis da física se apresentam da mesma forma.

Podemos trabalhar o segundo postulado da relatividade partindo do mesmo ponto, onde, com os conceitos estabelecidos de movimento relativo, passamos agora a buscar como poderíamos medir a velocidade da luz para algumas situações do vídeo, e se isso geraria alguma implicação diferente para cada uma dessas pessoas. Por exemplo, podemos pensar na situação em que um dos cientistas é mostrado sentado em sua cadeira, enquanto o outro se move atrás dele.

Como complemento a esta atividade introdutória, há a possibilidade de se utilizar uma maquete simples, com alguns carrinhos de brinquedo, com a qual os alunos podem interagir e reproduzir as situações apresentadas no vídeo e discutidas em sala de aula.

Sugestão de perguntas para condução da SEI:

Essas perguntas podem ser usadas como uma forma de proporcionar um ambiente investigativo onde procuramos explorar todos os aspectos importantes para a construção do conteúdo.

1. Considerando o caso em que dois carros se movem com velocidades iguais ($V = V'$), quais são as percepções de um passageiro com relação ao outro?
2. Como cada um dos passageiros pode afirmar quem se move e quem está em repouso? Em quais casos poderíamos fazer tais afirmações?
3. Se essas pessoas estivessem em carros com janelas tampadas, impossibilitando as pessoas de verem uma a outra, haveriam mudanças nas nossas afirmações para as perguntas anteriores?

Ao final da atividade, o professor realiza uma discussão com a classe como síntese do que foi trabalhado até então, incentivando os alunos a exporem suas ideias e diferentes reflexões construídas a respeito do vídeo e da introdução ao

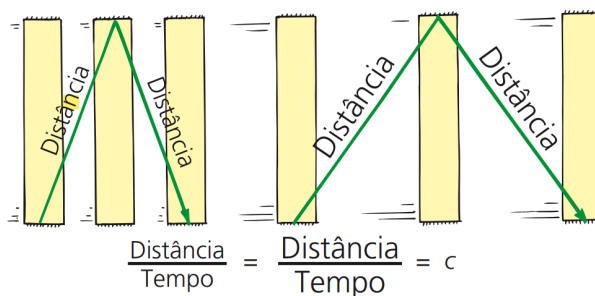
tema. O professor pode solicitar ao final, um relatório dos alunos sobre suas observações.

7.3. O conceito de Espaço-Tempo

Ao descrevermos um objeto, usamos três dimensões para defini-lo: largura, altura e profundidade. Quando analisamos pela física relativística, devemos considerar mais uma dimensão que é conjunta a essas três, o tempo. Afinal, um objeto pode ter suas propriedades modificadas conforme a passagem do tempo, ou seja, consideramos três dimensões apenas para um instante de tempo definido. Sendo assim, podemos afirmar que espaço(as três dimensões) e o tempo não podem ser tratados separadamente, ou seja, devemos tratar o conjunto Espaço-Tempo onde tudo acontece.

Agora imagine um feixe de luz sendo disparado verticalmente entre dois espelhos no interior da nave que discutimos anteriormente. Quando esta nave se move horizontalmente na nossa frente, que estamos fixados na Terra, vemos o feixe percorrer uma distância maior ao refletir nos espelhos, como na figura abaixo:

Imagem 3: Ilustração que representa a trajetória da luz na situação descrita no texto:



Fonte: Hewitt (2015).

Consequentemente, devido ao segundo postulando da relatividade especial, como a luz se move com velocidade constante para qualquer referencial, para corresponder esse aumento da distância, devemos observar também um intervalo de tempo maior para a duração do fenômeno. Chamamos isso de Dilatação do Tempo.

Em contrapartida, quando objetos se movem em velocidades relativísticas, ou seja, próximas à velocidade da luz, o espaço contrai, como proposto pelo físico

George Fitzgerald. Einstein, também mostrou que não é simplesmente a matéria que é contraída, mas sim o próprio espaço. Observamos a fórmula apresentada por Lorentz para esse conceito:

Imagem 4: Equação que descreve a contração do espaço matematicamente:

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

Fonte: Hewitt (2015).

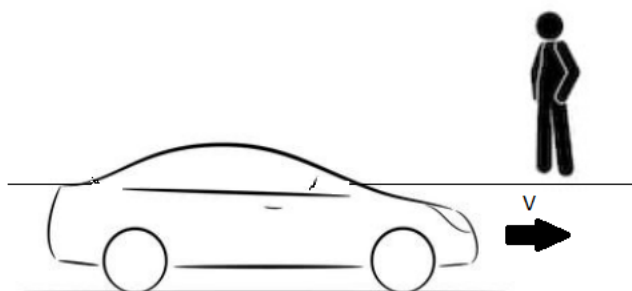
onde v é o valor da velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c é a rapidez de propagação da luz, L é o comprimento medido para o objeto em movimento e L_0 é o comprimento medido do objeto em repouso.

7.3.1. Atividade 1 - Dilatação temporal e contração do espaço

Como uma próxima atividade para dar sequência à nossa SEI, tratamos de conceitos importantes derivados dos postulados da relatividade restrita, como a dilatação temporal e a contração do espaço. Para podermos trabalhar esses dois tópicos nesta atividade, por se tratar de uma relação mais direta dos conceitos, propomos dois momentos em que podemos complementar um ao outro para explorar esse conteúdo.

O professor pode iniciar a atividade com uma retomada dos postulados discutidos na atividade anterior, enfatizando que essas afirmações implicam em algumas consequências. A situação é colocada da seguinte maneira: Uma pessoa está em repouso na beira de uma estrada observando um carro se movendo com uma altíssima velocidade V (próximo da velocidade da luz c) diante dela, podemos reutilizar a maquete descrita anteriormente, com a qual os alunos poderão construir a situação apresentada, como na imagem:

Imagem 5: Ilustração representando a situação descrita no problema:

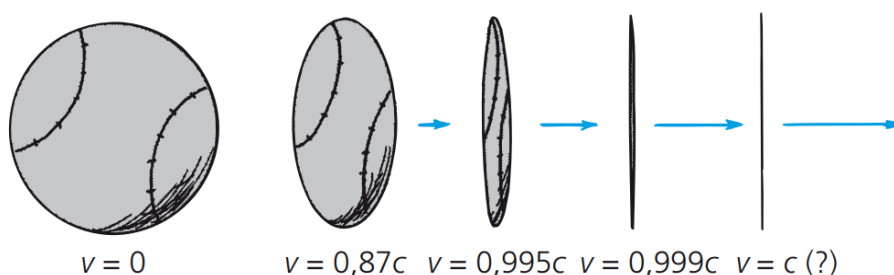


Fonte: Montagem do próprio autor deste trabalho.

Nesta situação, trazemos à tona os efeitos relativísticos causados por um objeto que se move com velocidades próximas às da luz. Quanto mais próximo de c , perceberemos que as medições de passagem de tempo ocorrem de formas diferentes para cada referencial, sendo que para o referencial em movimento o tempo passa de forma mais devagar do que para o referencial em repouso.

Para essa mesma atividade, podemos dar continuidade à discussão ao tratar da contração do espaço, pois conseguimos fazer a relação desses dois efeitos nessa mesma situação. Como sugestão, podemos utilizar a imagem abaixo, que mostra uma bola de tênis e como poderíamos vê-la se ela estivesse se movendo com velocidades relativísticas.

Imagem 6: Ilustração de uma bola de tênis que se move em velocidades cada vez mais próxima à da luz, demonstrando a deformação percebida para esses valores:



Fonte: Hewitt (2015).

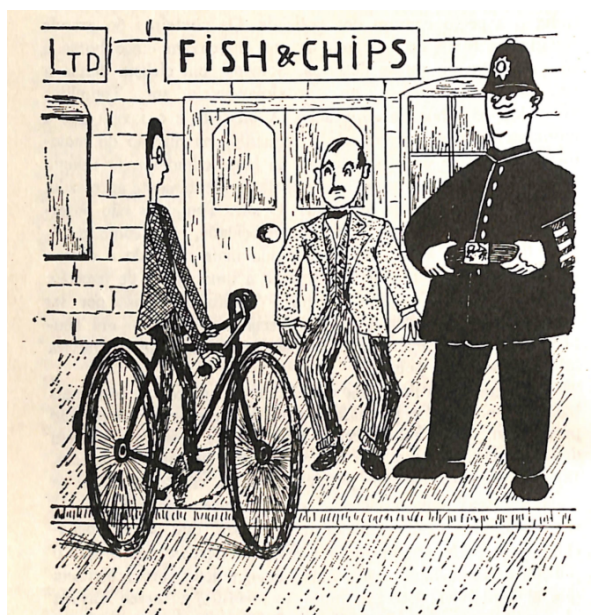
Essa imagem será usada após as discussões da situação anterior, onde uma pessoa observa um carro se movendo à velocidade próxima de c , podemos

perceber que o carro apresentado no problema, se encontra na mesma configuração da bola de tênis representada na imagem. Por isso, damos continuidade e complementamos o problema a ser discutido nesta atividade.

Problema: Quais as possíveis alterações na medição de tempo para uma pessoa dentro do carro e o observador em repouso na estrada? O efeito demonstrado pela imagem da bola de tênis pode ser aplicado à situação do problema? Como o carro seria visto pela pessoa na estrada?

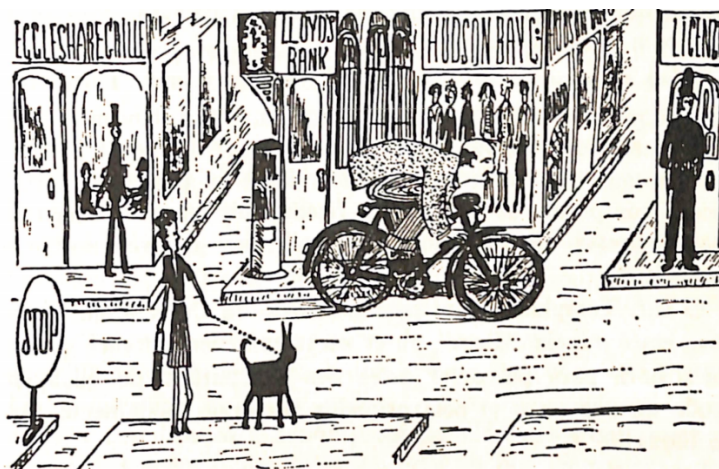
Podemos pensar neste problema aplicado a uma outra situação onde é possível visualizar o problema e fazer comparativos entre as situações apresentadas nas imagens apresentadas a seguir:

Imagem 7: Ilustração que representa a observação de um ciclista que se move com velocidade relativística na perspectiva de referenciais em repouso:



Fonte: Gamow (1980).

Imagem 8: Ilustração que representa a percepção de um ciclista que se move com velocidade relativísticas na perspectiva do ciclista:



Fonte: Gamow (1980).

Com isso, adaptamos o problema anterior da seguinte forma:

Problema: Quais as possíveis alterações na medição de tempo para a pessoa pedalando e o observador em repouso na calçada? O efeito demonstrado pela imagem da bola de tênis pode ser aplicado à situação do problema? Qual das imagens melhor representa como o ciclista é percebido pelo observador?

Por meio deste tipo de representação, temos uma possibilidade maior em termos de experimentos mentais para explorarmos o tema, pois podemos perceber nesta comparação, como os conceitos estudados são percebidos pelos alunos.

O professor acompanhará os alunos em suas reflexões, retomando conceitos importantes com a qual os alunos devem se atentar para que seja possível construir um ambiente que fomente a discussão em todas as suas etapas, organização das informações e levantamento de hipóteses construtivas em grupo. Como término da atividade os alunos devem entregar desenhos representando suas reflexões sobre o problema, mostrando como o carro ficaria nas condições descritas pelo problema, expondo o resultado da construção dessa atividade.

7.3.2. Atividade 2 - Consequências diretas dos postulados

Para essa atividade, seguimos com implicações vindas da atividade anterior, onde passamos a analisar mais algumas aplicações dos postulados enunciados,

agora tendo em mente as reflexões sobre dilatação temporal e a contração do espaço, com o fenômeno da simultaneidade e o paradoxo dos gêmeos. O professor deve observar as hipóteses dos alunos de acordo com o que foi estabelecido pelo segundo postulado principalmente, na qual determinamos que a velocidade da luz se trata de uma quantidade absoluta, independente de um referencial, e as questões levantadas na atividade 1. Novamente, devemos enfatizar a discussão entre os grupos de estudantes, retomando pontos estabelecidos anteriormente que possam ser relevantes para a resolução desse problema.

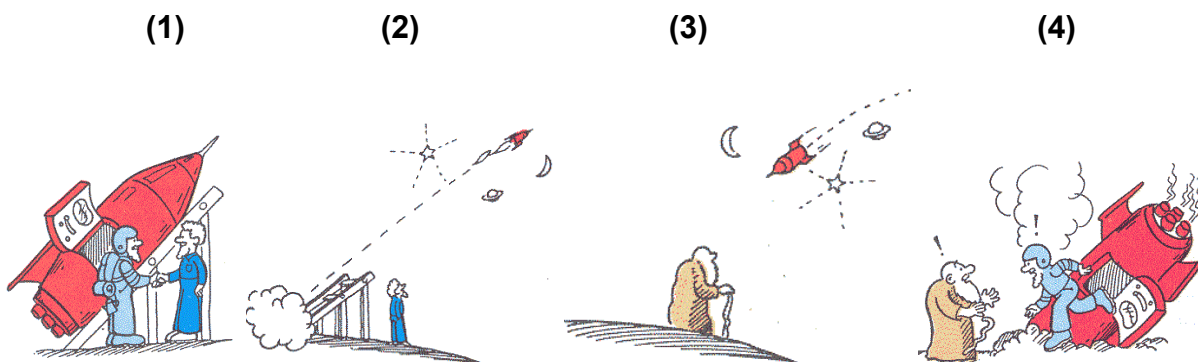
Para esta atividade utilizaremos propostas de problemas para dar ênfase ao desenvolvimento do raciocínio a respeito dessas aplicações. Para estudarmos a simultaneidade trazemos uma sugestão de abordagem mais simples, para envolvermos os alunos para a percepção de uma aplicação mais prática do que foi estudado até agora.

Sugestão: Uma possível analogia a esse problema poderia ser a reflexão de uma situação que podemos ver diariamente, as transmissões ao vivo na televisão. A conversa entre um apresentador local e um repórter que está em outro país. Recebemos a imagem e o som desse apresentador antes do repórter, pois as ondas eletromagnéticas percorrem um caminho muito maior para chegar a ele, e esse intervalo de tempo é perceptível para nós que estamos assistindo. A conversa é presenciada ao mesmo tempo, mas esses eventos não são simultâneos. A ideia é que os alunos desenvolvam o conhecimento de que dois eventos simultâneos para um referencial, podem não ser simultâneos para outro referencial quando consideramos os postulados da relatividade.

Agora, damos continuidade à discussão com uma questão bem conhecida quando tratamos da relatividade, o paradoxo dos gêmeos. Resumidamente, esse paradoxo diz sobre uma situação em que dois irmãos gêmeos (A e B), experienciam efeitos relativísticos. O irmão A permanece na Terra, enquanto o irmão B parte em uma viagem até outro planeta em uma nave que se move com velocidade constante próxima à da luz. A viagem dura 20 anos, 10 para ir e 10 para voltar. Sabemos que a passagem de tempo será percebida de maneiras diferentes por cada um deles, ao tomarmos A como referencial, este espera estar mais velho que seu irmão na sua volta, pois A está em repouso e B por estar em movimento com velocidade próximo de c , sentirá os efeitos relativísticos da dilatação temporal. Porém, se tomamos B

como referencial, quem se move é A, portanto, para B, este espera estar mais velho que seu irmão na Terra, o que gera o paradoxo, pois viola o primeiro postulada da relatividade.

Imagem 9: Ilustrações mostrando os eventos principais do paradoxo dos gêmeos:



Fonte: Hewitt (2015).

A questão a ser levantada aos alunos pretende que eles procurem possíveis soluções para esse paradoxo, e que consigam identificar qual princípio está sendo violado ao pensarmos nessa história. No caso, não podemos considerar o irmão B como um referencial inercial, já que para retornar, ele não mantém uma velocidade constante, ele passa por desaceleração e aceleração neste trajeto, o que faz com que B não se enquadre no primeiro postulada da relatividade, onde apenas A é configurado como referencial inercial.

Esta atividade de discussão passa a envolver aspectos que serão melhor explorados em próximas temáticas, podendo ser considerada uma síntese do que foi construído nas últimas atividades.

7.4. Próximos passos

Após a síntese dos conteúdos propostos, podem ser sugeridos outros materiais com o intuito de introduzir tópicos seguintes, que necessitam do conhecimento dos conceitos trabalhados nessa SEI, como por exemplo, uma introdução a relatividade geral, onde serão estudados conteúdos mais elaborados, mas que dependem das atividades realizadas.

Ao avançar com os conceitos de relatividade, temos algumas representações visuais, como o tecido usado para mostrar alguns efeitos causados pela gravidade sobre a malha espaço-tempo. Com esse tema, existem várias imagens e vários vídeos e textos, que podem ser usados para conduzir o início de uma discussão

desse tipo (Ver Apêndice 1). O professor deve procurar diversos materiais diferentes, com as quais observe a possibilidade de construir atividades investigativas, ampliando as formas de abordagem do tema, fazendo com que os alunos estejam sempre motivados pelas novas reflexões que conseguirão construir.

Esta última atividade pretende avaliar a compreensão dos alunos acerca do tema trabalhado nas atividades. O professor pode solicitar material dos alunos, um relatório que permita verificar a síntese do conteúdo, guiado pela discussão proposta com essas aplicações referentes às atividades anteriores que permitam também o professor fazer uma introdução ao próximo tópico, como descrito aqui. Novamente, podemos dividir os alunos em pequenos grupos, o que pode fomentar a discussão como nas atividades anteriores.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, procuramos analisar fatores importantes que compõem o conceito de ensino investigativo. Esta proposta metodológica de ensino nos mostra uma alternativa ao Ensino de Física escolar, uma maneira de superar os métodos tradicionais onde os alunos são levados a assumir uma postura mais passiva, condicionados a apenas receber o conteúdo. Com isso, por meio da utilização de uma SEI (Sequência de Ensino Investigativo), pretende-se uma participação mais ativa dos alunos no processo de construção do conhecimento.

Na construção de uma SEI o foco do envolvimento dos alunos em uma atividade está na busca por uma solução para um problema inicial proposto pelo professor, que não apresenta os conceitos completos de início. O docente deve agir como um mediador das discussões proporcionadas durante as atividades e fazer com que os estudantes passem a desenvolver um raciocínio crítico sobre o tema (CARVALHO, 2013). Os estudantes também são estimulados a trabalhar em grupo, de forma a terem uma experiência mais ampla de levantamento de hipóteses e discussão com os colegas e o professor, que os conduzirá ao desenvolvimento do conteúdo, e à reflexão sobre as possíveis aplicações e consequências desse conteúdo.

Inspirados por essa abordagem, construímos a proposta de SEI refletindo sobre uma possibilidade de se trabalhar a Teoria da Relatividade em turmas do ensino básico. Para isso, fizemos o uso de problemas não experimentais, que nos permitem uma maior diversidade de maneiras de abordar a temática, não nos prendendo ao uso de um aparato experimental o que, para este tema, encontramos algumas limitações práticas. Incluímos, dentro desta proposta, sugestões de uso de experimentos mentais, nos auxiliando a esclarecer alguns tópicos que normalmente são mais difíceis de se estudar, consequências dos postulados da relatividade, como no caso do paradoxo dos gêmeos, com a qual podemos entender mais profundamente o significado da Teoria da Relatividade. Neste caso, recursos como filmes, desenhos e maquetes podem ser bastante úteis para inserir estudantes no contexto de experimentos mentais.

Entendemos que outros problemas de Física poderiam lançar mão dos experimentos mentais e assim ampliar recursos para o Ensino de Física com o

Ensino Investigativo. Com isso, enfatizamos neste trabalho, a possibilidade de trabalharmos os conteúdos de física, através de uma metodologia de ensino que nos possibilite a criação de um ambiente de construção do conhecimento com o protagonismo do aluno nesse processo.

Referências

- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 30-59, 25 nov. 2013. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p30>.
- BENETTI, B. **O tácito e o explícito: A formação de professores de ciências naturais e biologia e a temática ambiental**. 2004. f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras, Araraquara, 2004.
- CARVALHO, A. M. P. de. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). (2013). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, p.1-20.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.L.], p. 765-794, 15 dez. 2018. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educacao em Ciencia*. <http://dx.doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>.
- GAMOW, G. **O incrível mundo da Física moderna**. S.L: Ibrasa, 1980.
- GONSALVES, E. P. (2007). **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP, Editora Alínea.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: Óptica e Física Moderna**. RJ: LTC, 2016. v. 4.
- HEWITT, P. G.. **Física Conceitual**. 12. ed. S.L: Bookman, 2015.
- KAMII, C.; DEVRIES, R. **O conhecimento físico na educação pré-escolar: Implicações da teoria de Piaget**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988.
- KIOURANIS, N. M. M.; SOUZA, A. R. de; SANTIN FILHO, O. Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 1507-1510, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172010000100019>.
- LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Rio de Janeiro, EPU, 2013.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PASSEGI, M. da C. et al. Entre a vida e a formação: pesquisa (auto)biográfica, docência e profissionalização. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 27 (01) p.369-386, abr. 2011.

PERELMAN, Y. **Física Recreativa**. Moscou: Mir, 1975.

SASSERON, L.H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In CARVALHO, A. M. P. de (org.) **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. 265f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, FEUSP, São Paulo.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÃO, C. E. ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 67-80, dez. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172011130305>.

Apêndice 1 - Sugestão de materiais para a SEI

Vídeos PSSC - Frames of reference (1960):

<https://youtu.be/fzV6J1iMwGI>

<https://youtu.be/vzH0ioys-qk>

Materiais sugeridos no tópico ***Próximos passos:***

<https://www.youtube.com/watch?v=l-BVkhRlPfo>

https://xkcd.com/681_large/

<https://www.youtube.com/watch?v=ThG5RHBR7dA>

https://www.youtube.com/watch?v=hvj_E767qyo&t=274s

<https://www.youtube.com/watch?v=3pAnRKD4raY>

Apêndice 2 - RELATIVIDADE E ENSINO INVESTIGATIVO: PRIMEIRA PROPOSTA

Em uma primeira organização do conteúdo de Relatividade para a construção da nossa SEI, separamos alguns tópicos que poderiam ser trabalhados, assim como algumas atividades sugeridas para a mesma. Essas atividades que compõem a SEI inicial apresentada a seguir, traz tentativas de se fazer uma outra abordagem aos tópicos discutidos no trabalho, com a construção de situações diferentes com a qual os alunos e o professor podem interagir seguindo outros caminhos para uma proposta investigativa.

Primeira proposta de uma SEI

Iniciamos o conteúdo com um resumo do conteúdo a ser trabalhado na SEI, fazemos a descrição dos postulados da relatividade restrita, a seguir apresentamos as principais consequências das mesmas, com as quais podemos contextualizar aos estudantes. Aqui, também apresentamos uma outra representação do fenômeno da simultaneidade com ilustrações de naves espaciais, que trazem algumas associações interessantes que podemos levar aos alunos.

1. Postulados da Teoria especial da relatividade

Para começarmos a trabalhar com a teoria especial da relatividade, devemos primeiro estabelecer alguns conceitos com relação ao movimento.

Nos atentamos ao fato de que todo movimento é relativo em relação a um sistema de referência arbitrário. Podemos representar isso ao pensar em um passageiro em um ônibus, que observa um outro ônibus se movendo ao lado. O movimento só pode ser descrito por ele se comparar o segundo ônibus com o seu próprio, mas não saberá dizer qual deles está se movendo e qual está em repouso. Ou seja, se o ônibus estivesse com as janelas tampadas, o passageiro não poderia confirmar se ele está parado ou em movimento uniforme.

Independente de quais desses referenciais vamos utilizar, ambos devem concordar com os resultados obtidos, este é o primeiro postulado da relatividade especial. Lembrando que estamos trabalhando com referenciais inerciais, ou seja, aqueles que se movem com velocidade constante ou permanecem em repouso.

Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os sistemas de referência que se movem com velocidade uniforme.

Mas e com relação a velocidade da luz?

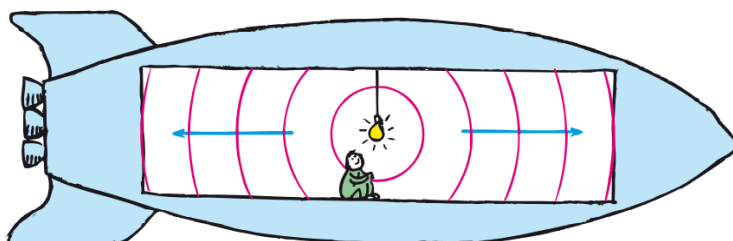
Einstein propôs que independentemente da velocidade dos observadores, a velocidade da luz teria de ser medida com o mesmo valor, nos levando ao segundo postulado da relatividade especial:

A velocidade de propagação da luz no espaço livre tem o mesmo valor para todos os observadores, não importando o movimento da fonte ou do observador; ou seja, a rapidez de propagação da luz é uma constante.

Usamos o valor da velocidade constante da luz (c) com o valor de 300 000Km/s, independente da velocidade com que você se desloca.

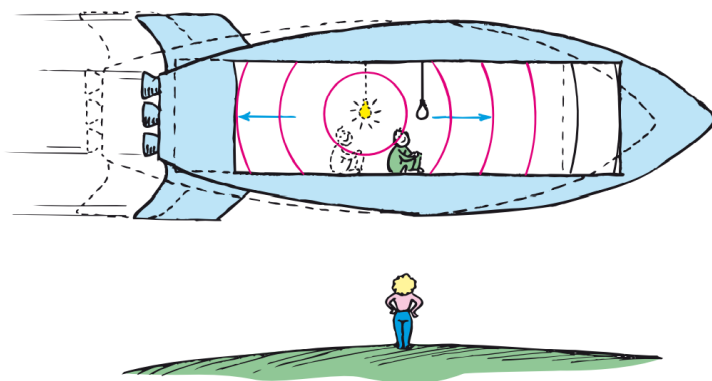
2. Simultaneidade

Uma consequência desse postulado de Einstein é o fenômeno da simultaneidade. Nos referimos a eventos simultâneos aqueles que ocorrem no mesmo instante de tempo, por exemplo, uma fonte luminosa no interior de uma nave espacial. Sabemos que a luz se espalha igualmente por todas as direções com velocidade constante c , com isso, se a nave se encontra em repouso ou velocidade constante, então a luz alcançará as extremidades do local todas no mesmo intervalo de tempo.



Fonte: Hewitt (2015).

Porém, para um observador externo, em outro sistema de referência, parado em relação ao foguete, esses eventos não acontecem simultaneamente, sendo que a luz alcançará neste exemplo, a extremidade traseira antes da dianteira da nave.



Fonte: Hewitt (2015).

Sendo assim,

Dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move em relação ao primeiro.

3. Aplicação do postulado da simultaneidade

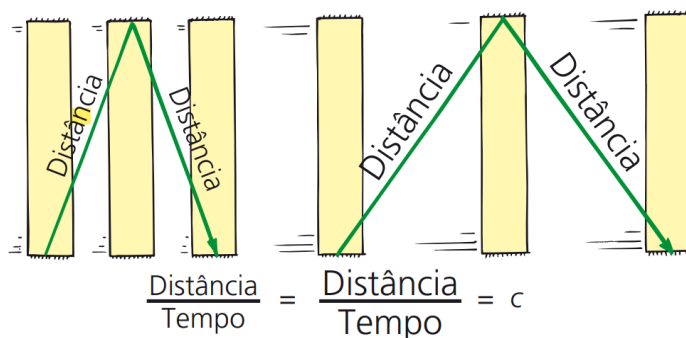
Podemos usar de exemplo para esse postulado algo que podemos ver todos os dias, as reportagens na televisão, quando ocorre uma conversa entre o apresentador da cidade e o repórter em outro país. Podemos perceber que a mensagem e a imagem do apresentador chega para nós telespectadores antes de chegar ao repórter no Japão, por exemplo. É visível o tempo de demora leva para essa mensagem chegar ao repórter.

4. Espaço-Tempo

Ao descrevermos um objeto, usamos três dimensões para defini-lo, largura, altura e profundidade. Quando analisamos pela física relativística, devemos considerar mais uma dimensão que é conjunta a essas três, o tempo. Afinal, um objeto pode ter suas propriedades modificadas conforme a passagem do tempo, ou seja, consideramos três dimensões apenas para um instante de tempo definido. Sendo assim, podemos afirmar que espaço(as três dimensões) e o tempo não

podem ser tratados separadamente, ou seja, devemos tratar o conjunto Espaço-Tempo onde tudo acontece.

Agora imagine um feixe de luz sendo disparado verticalmente entre dois espelhos no interior da nave que discutimos anteriormente. Quando esta nave se move horizontalmente na nossa frente, que estamos fixados na Terra, vemos o feixe percorrer uma distância maior ao refletir nos espelhos, como na figura abaixo.



Fonte: Hewitt (2015).

Consequentemente, devido ao segundo postulado da relatividade especial, como a luz se move com velocidade constante para qualquer referencial, para corresponder esse aumento da distância, devemos observar também um intervalo de tempo maior para a duração do fenômeno. Chamamos isso de Dilatação do Tempo.

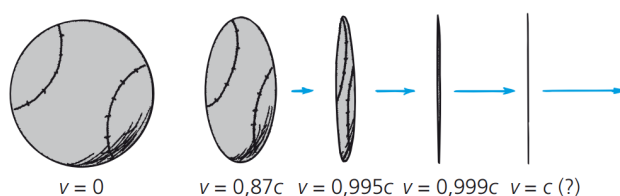
Em contrapartida, quando objetos se movem em velocidades relativísticas, ou seja, próximas à velocidade da luz, o espaço contrai, como proposto pelo físico George Fitzgerald. Einstein, também mostrou que não é simplesmente a matéria que é contraída, mas sim o próprio espaço. Observamos a fórmula apresentada por Lorentz para esse conceito:

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

Fonte: Hewitt (2015).

onde v é o valor da velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c é a rapidez de propagação da luz, L é o comprimento medido para o objeto em movimento e L_0 é o comprimento medido do objeto em repouso.

Uma representação de uma bola de tênis se movendo com velocidades diferentes até uma porcentagem relativística:



Fonte: Hewitt (2015).

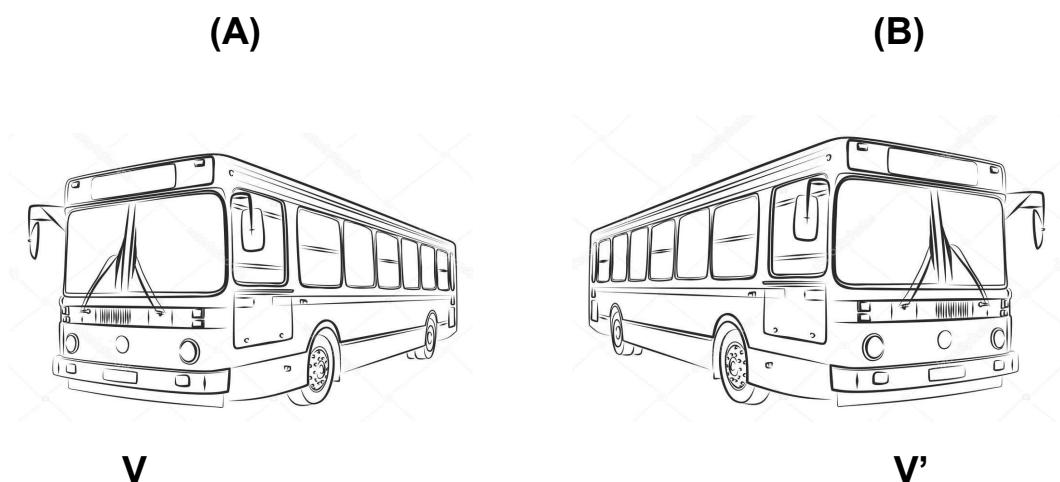
Apresentamos agora, as atividades que compõem essa primeira SEI. Iniciamos com a mesma sequência de tópicos apresentados neste trabalho, porém, utilizamos mais propostas de experimentos mentais, construídos por meio de imagens que irão mostrar a situação a ser discutida pelos alunos.

Atividade 1 - Os postulados da teoria da relatividade restrita

Começamos nossa SEI explorando o significado dos postulados da teoria especial da relatividade. Esta atividade tem como objetivo, trabalhar os conceitos de referenciais inerciais, estabelecendo como podemos tratar o movimento nessas condições, onde os dados que desejamos obter, como a velocidade, depende de um outro referencial para ser calculada, sendo essa grandeza uma quantidade relativa, não existe movimento absoluto, trazendo a tona o primeiro postulado da relatividade restrita.

Para iniciarmos a atividade 1, os alunos estarão organizados em pequenos grupos, cada grupo com uma cópia da imagem. Com isso, o professor introduz o tema da aula, enunciando os postulados da relatividade restrita, tratando da importância da teoria da relatividade, e seus reflexos no nosso cotidiano, podendo citar exemplos como o sistema de GPS, e como precisamos da relatividade para executar suas funções.

O primeiro problema da SEI, para trabalharmos referenciais, se apresenta na seguinte situação:



Fonte: Montagem do próprio autor deste trabalho.

Duas pessoas estão viajando, cada uma em um ônibus(A e B) que se movem paralelamente um ao outro, com velocidades constantes V e V' respectivamente.

Problema: “O que cada passageiro pode determinar sobre seu movimento?”

Sugestão de perguntas para condução da SEI:

Essas perguntas podem ser usadas como um guia para que tipo de argumentação se espera para solucionar todos os aspectos do problema.

1. Considerando o caso em que os dois ônibus se movem com velocidades iguais ($V = V'$), quais são as percepções de um passageiro com relação ao outro?
2. Como cada um dos passageiros pode afirmar quem se move e quem está em repouso? Em quais casos poderíamos fazer tais afirmações?
3. Se essas pessoas estivessem em ônibus com janelas tampadas, impossibilitando as pessoas de verem uma a outra, haveriam mudanças nas nossas afirmações para as perguntas anteriores?

A partir dessa discussão, procuramos construir condições para esclarecer os significados presentes no primeiro postulado da relatividade, caracterizando os referenciais inerciais, ou seja, aquele que se move com velocidade constante, ou

permanece em repouso. Com isso, podemos entender que não existe uma afirmação como movimento absoluto, as características do movimento de um corpo como a velocidade tratada nesse problema, só podem ser obtidas ao determinarmos sistemas de referência condizente com o problema que precisamos resolver, e ao escolhermos um referencial temos percepções diferentes do movimento dependendo de suas condições iniciais, ou seja, só podemos fazer afirmações sobre nosso movimento com relação ao outro. Assim, para o primeiro postulado, determinamos que para qualquer desses referenciais que adotarmos, as leis da física se apresentam da mesma forma.

Podemos trabalhar o segundo postulado da relatividade partindo do mesmo problema, onde, com os conceitos estabelecidos de movimento relativo, passamos agora a buscar como poderíamos medir a velocidade da luz para essa situação, e se isso geraria alguma implicação diferente para cada uma dessas pessoas.

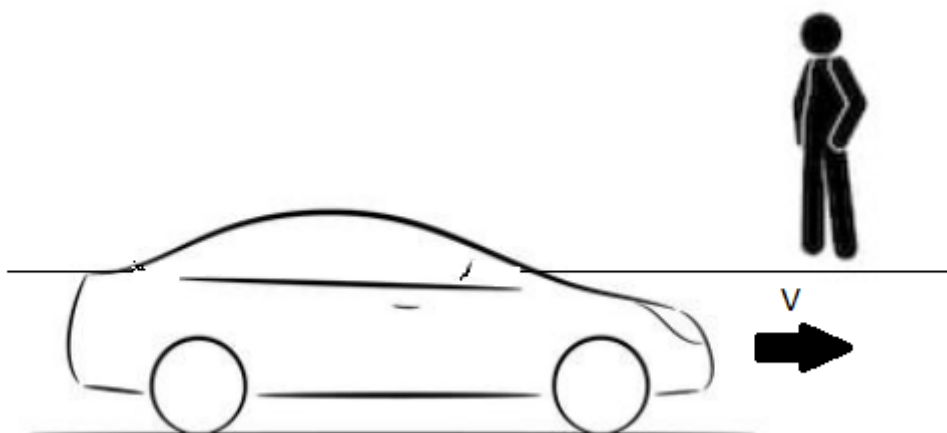
Pergunta complementar do problema: Os passageiros dos dois ônibus concordariam com a medição da velocidade da luz em quaisquer configurações de velocidades, ou seja, situações em que $V > V'$, $V < V'$ e $V = V'$?

Com essa atividade, o professor deve estar atento à construção das hipóteses dos alunos em diferentes etapas, observar a organização das informações e a relação entre elas que seja relevante para a busca da solução do problema. Ao final da atividade, o professor realiza uma discussão com a classe como síntese do que foi trabalhado até então, incentivando os alunos a exporem suas ideias e diferentes reflexões construídas para buscar resolver as questões. O professor pode solicitar ao final, um relatório dos alunos sobre suas observações e a solução do problema.

Atividade 2 - Dilatação temporal e contração do espaço

Como uma próxima atividade para dar sequência à nossa SEI, tratamos de conceitos importantes derivados dos postulados da relatividade restrita, como a dilatação temporal e a contração do espaço. Para podermos trabalhar esses dois tópicos nesta atividade, por se tratar de uma relação mais direta dos conceitos, propomos dois momentos em que podemos complementar um ao outro para explorar esse conteúdo.

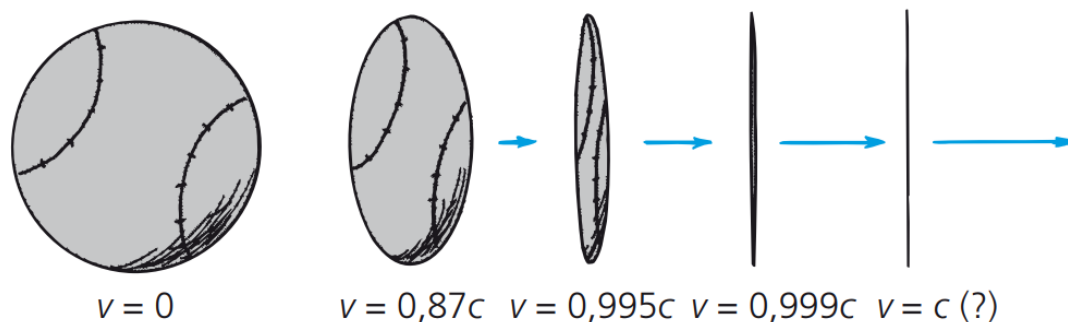
O professor pode iniciar a atividade com uma retomada dos postulados discutidos na atividade anterior, enfatizando que essas afirmações implicam em algumas consequências. A situação é colocada da seguinte maneira: Uma pessoa está em repouso na beira de uma estrada observando um carro se movendo com uma altíssima velocidade V (próximo da velocidade da luz c) diante dela, como na imagem:



Fonte: Montagem do próprio autor deste trabalho.

Nesta situação, trazemos à tona os efeitos relativísticos causados por um objeto que se move com velocidades próximas às da luz. Quanto mais próximo de c , perceberemos que as medições de passagem de tempo ocorrem de formas diferentes para cada referencial, sendo que para o referencial em movimento o tempo passa de forma mais devagar do que para o referencial em repouso.

Para essa mesma atividade, podemos dar continuidade à discussão ao tratar da contração do espaço, pois conseguimos fazer a relação desses dois efeitos nessa mesma situação. Como sugestão, podemos utilizar a imagem disponível no material de apoio para este trabalho, que mostra uma bola de tênis e como poderíamos vê-la se ela estivesse se movendo com velocidades relativísticas.



Fonte: Hewitt (2015).

Essa imagem será usada após as discussões da situação anterior, onde uma pessoa observa um carro se movendo à velocidade próxima de c , podemos perceber que o carro apresentado no problema, se encontra na mesma configuração da bola de tênis representada na imagem. Por isso, damos continuidade e complementamos o problema a ser discutido nesta atividade.

Problema: Quais as possíveis alterações na medição de tempo para uma pessoa dentro do carro e o observador em repouso na estrada? O efeito demonstrado pela imagem da bola de tênis pode ser aplicado à situação do problema? Como o carro seria visto pela pessoa na estrada?

O professor acompanhará os alunos em suas reflexões, retomando conceitos importantes com a qual os alunos devem se atentar para que seja possível construir um ambiente que fomente a discussão em todas as suas etapas, organização das informações e levantamento de hipóteses construtivas em grupo. Como término da atividade os alunos devem entregar desenhos representando suas reflexões sobre o problema, mostrando como o carro ficaria nas condições descritas pelo problema, expondo o resultado da construção dessa atividade.

Atividade 3 - Consequências diretas dos postulados

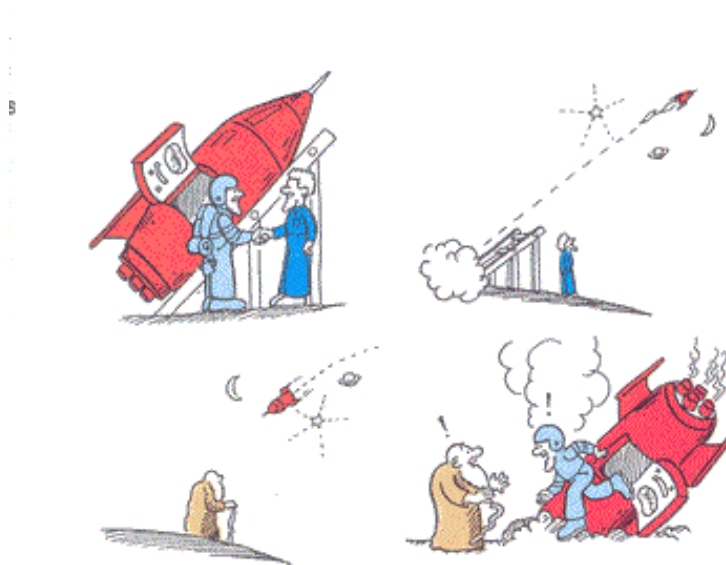
Para essa atividade, seguimos com implicações vindas da atividade anterior, onde passamos a analisar mais algumas aplicações dos postulados enunciados, agora tendo em mente as reflexões sobre dilatação temporal e a contração do espaço, com o fenômeno da simultaneidade e o paradoxo dos gêmeos. O professor deve observar as hipóteses dos alunos de acordo com o que foi estabelecido pelo segundo postulado principalmente, na qual determinamos que a velocidade da luz se trata de uma quantidade absoluta, independente de um referencial, e as questões

levantadas na atividade 2. Novamente, devemos enfatizar a discussão entre os grupos de estudantes, retomando pontos estabelecidos anteriormente que possam ser relevantes para a resolução desse problema.

Para esta atividade utilizaremos propostas de problemas para dar ênfase ao desenvolvimento do raciocínio a respeito dessas aplicações. Para estudarmos a simultaneidade trazemos uma sugestão de abordagem mais simples, para envolvermos os alunos para a percepção de uma aplicação mais prática do que foi estudado até agora.

Sugestão: Uma possível analogia a esse problema poderia ser a reflexão de uma situação que podemos ver diariamente, as transmissões ao vivo na televisão. A conversa entre um apresentador local e um repórter que está em outro país. Recebemos a imagem e o som desse apresentador antes do repórter, pois as ondas eletromagnéticas percorrem um caminho muito maior para chegar a ele, e esse intervalo de tempo é perceptível para nós que estamos assistindo. A conversa é presenciada ao mesmo tempo, mas esses eventos não são simultâneos. A ideia é que os alunos desenvolvam o conhecimento de que dois eventos simultâneos para um referencial, podem não ser simultâneos para outro referencial quando consideramos os postulados da relatividade.

Agora, damos continuidade à discussão com uma questão bem conhecida quando tratamos da relatividade, o paradoxo dos gêmeos. Resumidamente, esse paradoxo diz sobre uma situação em que dois irmãos gêmeos (A e B), experienciam efeitos relativísticos. O irmão A permanece na Terra, enquanto o irmão B parte em uma viagem até outro planeta em uma nave que se move com velocidade constante próxima à da luz. A viagem dura 20 anos, 10 para ir e 10 para voltar. Sabemos que a passagem de tempo será percebida de maneiras diferentes por cada um deles, ao tomarmos A como referencial, este espera estar mais velho que seu irmão na sua volta, pois A está em repouso e B por estar em movimento com velocidade próximo de c , sentirá os efeitos relativísticos da dilatação temporal. Porém, se tomamos B como referencial, quem se move é A, portanto, para B, este espera estar mais velho que seu irmão na Terra, o que gera o paradoxo, pois viola o primeiro postulado da relatividade.



Fonte: Hewitt (2015).

A questão a ser levantada aos alunos pretende que eles procurem possíveis soluções para esse paradoxo, e que consigam identificar qual princípio está sendo violado ao pensarmos nessa história. No caso, não podemos considerar o irmão B como um referencial inercial, já que para retornar, ele não mantém uma velocidade constante, ele passa por desaceleração e aceleração neste trajeto, o que faz com que B não se enquadre no primeiro postulado da relatividade, onde apenas A é configurado como referencial inercial.

Esta atividade de discussão passa a envolver aspectos que serão melhor explorados em próximas temáticas, podendo ser considerada uma síntese do que foi construído nas últimas atividades.

Próximos passos

Após a síntese dos conteúdos propostos, podem ser sugeridos outros materiais com o intuito de introduzir tópicos seguintes, que necessitam do conhecimento dos conceitos trabalhados nessa SEI, como por exemplo, uma introdução a relatividade geral, onde serão estudados conteúdos mais elaborados, mas que dependem das atividades realizadas.

Ao avançar com os conceitos de relatividade, temos algumas representações visuais, como o tecido usado para mostrar alguns efeitos causados pela gravidade sobre a malha espaço-tempo. Com esse tema, existem várias imagens e vários

vídeos e textos, que podem ser usados para conduzir o início de uma discussão desse tipo.

Esta última atividade pretende avaliar a compreensão dos alunos acerca do tema trabalhado nas atividades. O professor pode solicitar material dos alunos, um relatório que permita verificar a síntese do conteúdo, guiado pela discussão proposta com essas aplicações referentes às atividades anteriores que permitam também o professor fazer uma introdução ao próximo tópico, como descrito aqui. Novamente, podemos dividir os alunos em pequenos grupos, o que pode fomentar a discussão como nas atividades anteriores.

Referências

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: Óptica e Física Moderna**. RJ: LTC, 2016. v. 4.

HEWITT, Paul G.. **Física Conceitual**. 12. ed. S.L: Bookman, 2015.

GAMOW, George. **O incrível mundo da Física moderna**. S.L: Ibrasa, 1980.