v7.n5.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

# UMA AULA PARA O ENSINO MÉDIO: OS REFERENCIAIS INERCIAIS E AS MUDANÇAS DAS CORES EM RELATIVIDADE

## *A LESSON FOR HIGH SCHOOL: INERTIAL FRAMES OF REFERENCE AND COLOR SHIFTS IN RELATIVITY*

## *UNA CLASE PARA SECUNDARIA: LOS SISTEMAS DE REFERENCIA INERCIALES Y LOS CAMBIOS DE COLOR EN LA RELATIVIDAD*

Admilson Luiz Navarro[1], Alexandra Siqueira Mello[2], Alexandre de Paula Silva[3], Alexandre Aparecido Alves Lima[4], Caio Cantanhede[5], Lucas Alexandre Mortale[6]

e757788
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i5.7788

PUBLICADO: 05/2026

**RESUMO**

Este artigo discute a possibilidade de usar o jogo educacional UEPS *Slower Speed of Light*, desenvolvido pelo MIT. Este jogo ajuda a construir o ensino e a aprendizagem para que os alunos do ensino médio possam superar alguns obstáculos epistemológicos e pedagógicos presentes na Física da Teoria da Relatividade Especial. Com o avanço da tecnologia humana, uma infinidade de ferramentas foram criadas para ajudar os alunos a aprenderem a Teoria da Relatividade Especial. Deve-se salientar que os professores serão os principais interlocutores quando se trata de implementar uma aula temática e didática para adequar a aprendizagem ao cotidiano dos alunos, esse jogo é importante para que os alunos entendam como as cores se comportam em velocidades perto da luz, os seus fenômenos e as consequências relativísticas.

**PALAVRAS-CHAVE**: Relatividade Especial. Efeitos Visuais. Efeito Doppler. Jogos Digitais. Educação.

***ABSTRACT***

*This article presents a practical approach to the possibility of applying an UEPS education al game called Slower Speed of Light developed and elaborated by M.I.T. which helps in the construction of teaching and learning so that high school students can overcome certain epistemological and pedagogical obstacles present in the physics of the Theory of Special Relativity. With human technological development, numerous tools have been developed to aid learning and the area of physical sciences is presented in the Theory of Special Relativity through games. It should be noted that teachers will be the main interlocutors for the application of a*

[1] ETEC Campo Limpo

[2] Pós-Doutoranda do Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Doutora em Ciências da Saúde pela Faculdade de Medicina de Jundiaí e Mestre em Análises Clínicas pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas (USP).

[3] Professor de Matemática desde 1994. Atuou na rede pública estadual de SP até 2023. Graduação em Pedagogia, Especialização e Mestrado em Ensino de Matemática. Doutorando em Ensino de Matemática.

[4] Mestre em Formação de Gestores Educacionais com especialização nas áreas de Educação, Gestão e Tecnologia, além de graduação em Educação Física, Pedagogia, Logística, Teologia e Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

[5] Mestre em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

[6] Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo programa de Mestrado Profissional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus São Paulo (2019), Especialista em Docência com Ênfase na Educação Básica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

*thematic and didactic class to adapt learning to the students' daily reality. This tool is of great importance for students to understand the behavior of colors at speeds close to light, their phenomena and relativistic effects.*

***KEYWORDS:*** *Special Relativity. Visual Effects. Doppler Effect. Digital Games. Education.*

***RESUMEN***
*Este artículo analiza la posibilidad de utilizar el juego educativo «UEPS Slower Speed of Light», desarrollado por el MIT. Este juego contribuye a mejorar la enseñanza y el aprendizaje para que los alumnos de secundaria puedan superar algunos obstáculos epistemológicos y pedagógicos presentes en la física de la teoría de la relatividad especial. Con el avance de la tecnología, se han creado multitud de herramientas para ayudar a los alumnos a aprender la teoría de la relatividad especial. Cabe destacar que los profesores serán los principales interlocutores a la hora de implementar una clase temática y didáctica para adaptar el aprendizaje a la vida cotidiana de los alumnos; este juego es importante para que los alumnos comprendan cómo se comportan los colores a velocidades cercanas a la de la luz, sus fenómenos y las consecuencias relativistas.*

***PALABRAS CLAVE****: Relatividad especial. Efectos visuales. Efecto Doppler. Juegos digitales. Educación.*

## INTRODUÇÃO

A possibilidade de apresentar o conceito das relações entre as cores e os efeitos e fenômenos na relatividade, bem como isso resulta em uma percepção do referencial inercial, é o que motiva esse artigo para uma construção de ensino e aprendizagem para alunos do ensino médio.

Este trabalho fará uma amostragem dos efeitos físicos usando a Teoria da Relatividade, concentrando-se nos efeitos visuais que mostram deformações aparentes. Na maioria das vezes, a visão comanda o nível de percepção cotidiana utilizado pelas pessoas mostrando o espaço, as cores e os tamanhos dos objetos ao redor. No entanto, os efeitos visuais mudam quando os estudos usam velocidades relativísticas. A preocupação e o método de ensino de física contemporâneos são cada vez mais necessários com os avanços tecnológicos no cotidiano dos alunos (OSTERMANN, 2002).

Esses efeitos se relacionam com as percepções espaciais e temporais, e as diferenças observadas mostram como a luz é detectada. Como a luz é a fonte principal para a análise de nossas exemplificações, pois é considerada a fonte de informação mais rápida que existe na natureza, esses efeitos serão a base para a nossa análise.

Nas últimas décadas, a tecnologia humana avançou a níveis nunca antes vistos, e a física ajudou a criar novas perspectivas para o futuro. A sociedade do século passado participou diretamente dessa abertura para os novos avanços tecnológicos e desenvolveu as habilidades



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

para empregar os conhecimentos científicos. As escolas desempenham um papel fundamental no acesso da sociedade à ciência, ajudando a criar hipóteses, planejar e aprimorar o letramento científico. A compreensão dos conceitos científicos (verbalização e matematização) e suas aplicações estão diretamente ligadas a esse letramento científico. Portanto, o letramento se baseia na compreensão de como a ciência e a tecnologia mudaram a sociedade atual para modelar a sociedade futura.

Em 1905, quatro artigos assinados por um jovem chamado Albert Einstein foram publicados na *Annalen der Physik*, o que marcou um dos maiores marcos no desenvolvimento da Física e da sociedade humana. Esses artigos mudaram a maneira como os físicos pensavam naquela época. Na época, os físicos pensavam diferentemente sobre o espaço e o tempo do que o jovem alemão propôs. Para facilitar o ensino e o aprendizado de conteúdos relacionados à Teoria da Relatividade Especial para alunos do ensino médio, esse artigo propõe apresentar uma amostragem de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Em muitos casos, a reputação e a imagem de Einstein despertam a curiosidade sobre o teórico e as ideias que ele criou. Isso ocorre porque algumas questões servem como base para superar alguns obstáculos epistemológicos, como por exemplo:

O que é a luz? Como podemos ensinar algo que não é visto no dia a dia? O que aconteceria se um ser humano fosse capaz de viajar à velocidade da luz?

Essa abordagem de demonstrar os efeitos da Teoria da Relatividade Especial de forma visual e não teórica ajuda os professores a aprender a física. Zanetic (2006) afirma que o ensino de física no ensino médio é destinado a pessoas que não sabem muito sobre o assunto, mas sim a pessoas que entendem e refletem o papel da física na evolução humana.

Assim, o artigo apresentará uma UEPS que colabore no ensino da Relatividade Especial para os alunos do ensino médio. Além disso, os professores serão os principais interlocutores sobre como melhor estabelecer a realidade escolar para o aprendizado. O audiovisual, as animações e os games são exemplos de recursos de aprendizagem significativa que podem ser usados nas UEPS. Este artigo examinará os efeitos das mudanças de cores e referenciais inerciais no jogo "*Slower Speed Of Light*", desenvolvido e criado pelo *GAMELAB* do MIT.

> “A maioria dos trabalhos de pesquisas que avaliam propostas didáticas em sala de aula se ocupa da organização do conteúdo e do rigor científicos com que eles são apresentados. Embora o rigor e a ênfase em conceitos-chave sejam imprescindíveis para um bom ensino, é necessário também investigarmos processos conduzidos em sala de aula que estruturam e condicionam a aprendizagem. Somente assim poderemos adquirir uma melhor compreensão dos mecanismos utilizados por professores e alunos na construção de conhecimentos relativos a temas de FMC.” (PEREIRA e OSTERMANN, 2009, p.413).



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1. O desenvolvimento do ensino e da aprendizagem com games animações

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) estão se tornando cada vez mais comuns no cotidiano das pessoas. Isso se deve ao rápido desenvolvimento de novas abordagens tecnológicas no século XXI (HONEY e HILTON, 2011). Tablets, celulares e computadores se desenvolvem em um ritmo que foge da natureza comum para atender às demandas do mercado atual, ao mesmo tempo em que as pessoas se tornam cada vez mais exigentes. Essas tecnologias estão ganhando espaço nas tarefas diárias das pessoas, e isso também inclui a sala de aula. Os quadros negros e os professores agora são os únicos destinatários das aulas, segundo Moita e Canuto (2011). Como resultado, essas tecnologias eletrônicas permitiram o desenvolvimento de novos jogos digitais, muito apreciados por jovens e adolescentes. Essas novas tecnologias também criaram ferramentas que poderiam atender às demandas de ensino e aprendizagem, ao mesmo tempo em que flexibilizam a contextualização do saber.

Por mais de 30 anos, os designers de videogames e simuladores desenvolveram uma variedade de jogos para ajudar os professores a ensinar ciências. Nas últimas décadas, uma variedade de estudos educacionais foram realizados sobre o ensino de ciências. Esses estudos forneceram um vasto material, bem como novas abordagens de aprendizagem. Como resultado, os jogos e simuladores ajudam os alunos a aprender ciências e a desenvolver habilidades como senso crítico, argumentação sobre temas e representação de gráficos. Além disso, de acordo com Capecchi (2000), essa abordagem ajuda a motivar os alunos, despertando sua curiosidade sobre o mundo ao seu redor e integrando seu conhecimento científico com outros campos de conhecimento. Isso ocorre porque é uma mudança no processo de enculturação do aluno.

Os jogos não digitais que também são usados como ferramentas de aprendizagem, os jogos de tabuleiro e os role play games (RPGs) que são usados no ensino são exemplos de como a área de ciências já vem usando jogos há muito tempo. Os ambientes de jogos incentivam a repetição de processos e a prática científica, colocando os alunos em plena interação coletiva e incentivando-os a superarem os desafios. Os jogos são excelentes métodos de ensino e aprendizagem (Gee, 2010). em suas próprias opiniões sobre os mesmos. Assim, as empresas fabricantes de jogos (games) se deparam com um grande problema que está sempre presente nas salas de aula. Como posso aprender algo que requer perseverança e determinação? As empresas criam jogos que prendam os usuários e os façam se dedicar ao jogo por longos períodos de tempo. Os usuários já decidiram que quanto mais complexo o jogo, mais difícil será jogar e mais tempo será gasto aprendendo o jogo. No entanto, as empresas devem ter cuidado



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

com a complexidade de seus próprios jogos, pois esses jogos não geram interesse ou vendas.

E, de acordo com Gee (2009), os videogames promovem aprendizagem significativa baseada na ciência cognitiva. “Se ninguém conseguisse aprender esses jogos, ninguém os compraria – e os jogadores não aceitam jogos fáceis, bobos, pequenos. Em um nível mais profundo, porém, o desafio e a aprendizagem são em grande parte aquilo que torna os vídeo games motivadores e divertidos. (GEE, 2009, p.168).”

Esses jogos ou quaisquer outras tecnologias digitais usadas devem ter metas de aprendizagem, pois senão, eles se tornam apenas entretenimento e podem levar a aprendizagem implícita ou não, permitindo que os jogadores interajam. Como afirmado por Honey e Hilton (2011), a introdução de conteúdo educacional em um videojogo não garante que o videojogo se torne uma ferramenta educacional eficaz, pois os jogadores que dominam as técnicas do jogo não receberão o ensino e a aprendizagem pré-estabelecidos. Para uma nova abordagem ao significado, Gee (2010) afirma que os jogos surgem em letramentos e se conectam às interpretações de significados (descodificadas). Portanto, os livros didáticos não transmitem o mesmo conhecimento aos jovens como os melhores videojogos. Esses videojogos permitem que os jogadores se envolvam em uma interação em que eles contam uma história e interagem com as coisas que fazem no jogo.

Os jogos ajudam os jogadores a aprender a usar novas tecnologias por meio de uma forma conjunta de pensar. Estas habilidades e competências ajudarão a fazer uso mais "natural" das novas tecnologias digitais. Isso aumentará a facilidade de decodificar as linguagens técnicas usadas em softwares, modelações, gráficos e outros (GEE, 2010).

Já foi demonstrado que a educação usada em ciências apresenta deficiências, e essa disparidade resulta do fato de que muitos estudantes obtêm bons resultados nas provas aplicadas, mas não conseguem aplicar os conhecimentos adquiridos em situações do mundo real. Por exemplo, muitos estudantes podem falar sobre as três leis de Newton, mas não podem explicar o que acontece quando uma bola de bilhar bate em outra.

Isso ocorre porque os alunos não sabem onde e como essas leis são aplicadas, portanto, podemos dizer que os alunos decodificam novos significados, mas não conseguem entender como são usados. Os alunos não conseguem compreender o mundo físico da linguagem física (combinação de teoria e matemática), e o ensino oferecido nas escolas geralmente limita-se a uma compreensão verbal. Isso permite que os alunos se envolvam em uma variedade de contextos e, como resultado, apenas recebem as informações que não estão relacionadas às suas experiências e ações diárias. Como resultado, a estratégia metodológica consiste nas



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

ações e experiências dos estudantes em relação ao conhecimento adquirido. Essa estratégia ajuda os alunos a aprender e superar os desafios epistemológicos e pedagógicos que surgem durante esses processos.

A utilização de videojogos em sala de aula é fundamental devido à questão do domínio do professor sobre o jogo em questão. Isso permite que os professores instruam seus alunos sobre as regras e padrões do jogo, bem como apresentar e relacionar os conteúdos dos jogos com o objetivo de desenvolver a aprendizagem e o conteúdo da disciplina.

Ao usar videojogos como ferramentas de ensino, qualquer metodologia ou processo de aprendizagem deve ter em mente que, embora o jogo incentive o aprendizado, os alunos devem ser incentivados a pensar sobre o que foi apresentado no videojogo para que a aprendizagem seja satisfatória. Assim, o papel do professor é crucial, porque será ele quem estimulará os alunos a fazerem essa reflexão. O papel do professor é essencial para o processo de aprendizagem, e a capacidade de criar modelos, que são grandes auxiliares no aprendizado de disciplinas científicas, é outra característica dos videogames. Disciplinas como matemática, física e química têm a finalidade de apresentar modelos que codifiquem a explicação dos fenômenos do mundo real.

Como mencionado anteriormente, o contexto em que os jogos são usados para ensinar e aprender é mais importante do que os recursos e conteúdos dos jogos. Por causa disso, os métodos didáticos devem ser pensados para que a aprendizagem aconteça em sala de aula, onde há trabalhos coletivos, aulas reflexivas e dialogadas e práticas de situação de problemas.

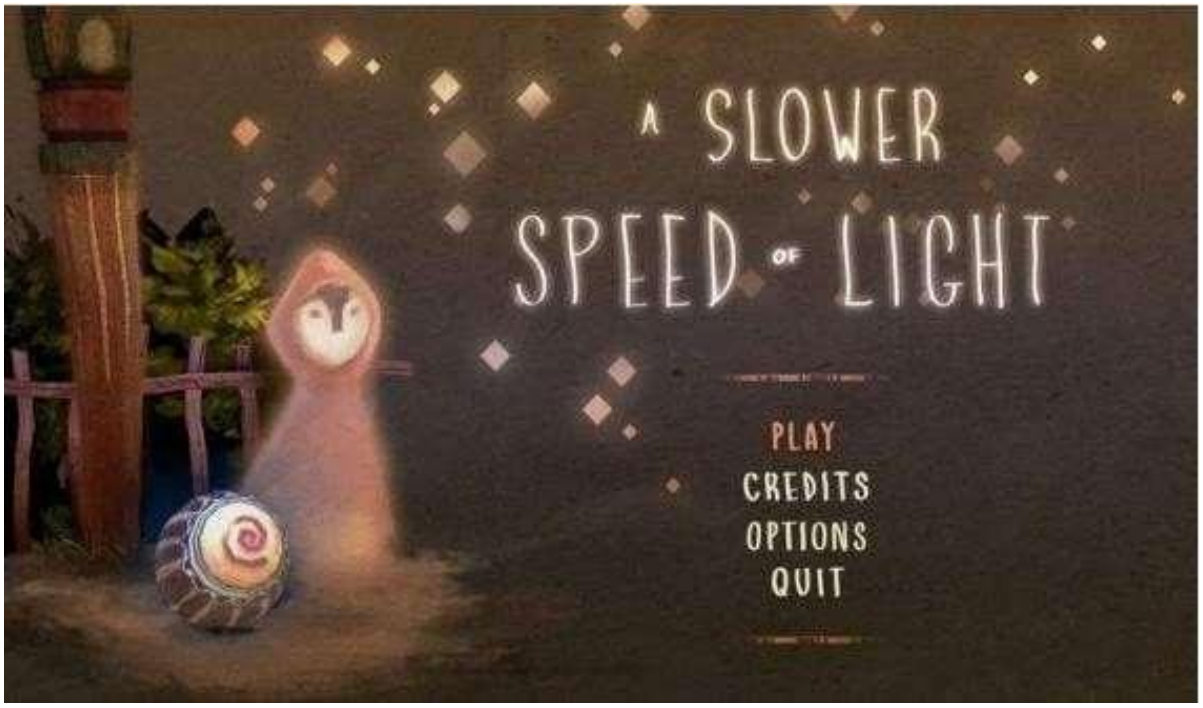
> A possibilidade de o sistema educacional vir a propor uma prática educativa adequada às necessidades sociais, políticas, econômicas e culturais da realidade brasileira, que considere os interesses e as motivações dos alunos e garanta as aprendizagens essenciais para a formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos, capazes de atuar com competência, dignidade e responsabilidade na sociedade em que vivem. (BRASIL, 1998, p.27)



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

### 1.2. O jogo a *Slower Speed of light* e a sua importância para o ensino e a aprendizagem da relatividade especial para alunos do ensino médio

**Figura 1.** Tela inicial do Jogo




Fonte: *A Slower Speed of Light.*

Nas últimas décadas, a humanidade vivenciou uma revolução tecnológica, e a física contribuiu muito para o desenvolvimento dessas tecnologias, e a capacidade de interagir social foi moldada pelos avanços tecnológicos. A sociedade do século XXI está mais envolvida nas discussões e descobertas científicas, principalmente porque muitos estudos são financiados pelos Estados e estão presentes na vida cotidiana das pessoas, isso inclui as descobertas de novas fontes de energia, melhoramentos genéticos, viagens a outros planetas e desenvolvimentos em células tronco.

Como afirma Piassi (2007), ao olhar para a sala de aula, os professores de Física preparam as aulas e atividades relacionadas a um currículo que se concentra mais nas formulações matemáticas do que nas descobertas e interações da ciência moderna. Isso significa que o professor passa um tempo em sala de aula preocupado em resolver exercícios que, na maioria das vezes, não são relevantes para a vida cotidiana.

Apesar de serem importantes para o ensino, as disciplinas de física como mecânica,



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

eletromagnetismo e termodinâmica geralmente não fornecem aos alunos o conhecimento necessário em situações problemas. Isso ocorre porque quando os alunos observam o mundo real, que é repleto de computadores, lâmpadas de LED e aparelhos de GPS, eles não conseguem relacioná-los com a realidade, e o Sistema de Posicionamento Global, composto por suas partes espaciais, de controle e de aplicação. O segmento espacial é composto por vinte e quatro satélites em seis planos orbitais diferentes. A equipe de controle monitora e a equipe de utilização usa o receptor GPS para captar os sinais de rádio. É um sistema que usa transmissões de satélites que são captadas pelo receptor GPS para fornecer localização geográfica em tempo real. Essas transmissões são decodificadas e apresentam altitude, longitude e latitude.

> A Física é apresentada como um ramo do conhecimento neutro, apolítico e desligado do cotidiano. A extrema obstrução dos exemplos resolvidos, a historicidade e a não influência do contexto social acima indicado, levam a uma concepção de autonomia da Física face à vida social que dificulta sobremaneira a transferência do conhecimento para outras situações distintas do contexto escolar, sejam elas simplesmente de aplicação a situações novas, seja a compreensão das implicações socioeconômicas de determinados acontecimentos em que a Física poderia vir em auxílio (ZANETIC, 1989, p.18).

O GAMELAB do MIT criou o jogo e você pode baixá-lo gratuitamente aqui: http://gamelab.mit.edu/games/a-slower-speed-of-light.

O jogo foi projetado para permitir que o jogador se desloque em um espaço tridimensional coletando tipos de bolas encantadas, ou ORBS, que diminuem a velocidade da luz à medida que o jogador as coleta. O jogo demonstra a referência objetiva e direta de Einstein. O que aconteceria se viajássemos a uma velocidade semelhante à da luz? Os gráficos do jogo ajudam os alunos a entenderem a pergunta de Einstein e começar a pensar sobre o assunto.



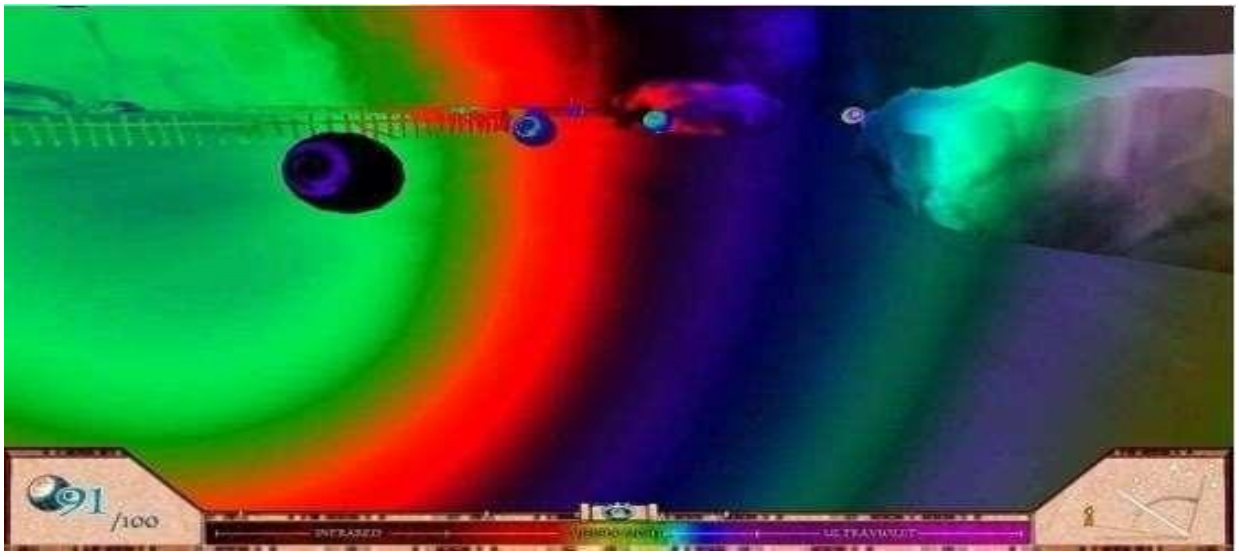
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

**Figura 2**. As ORBS




Fonte: *A Slower Speed of Light.*

**Figura 3**. Demonstração canto inferior esquerdo contador de ORBS e no canto inferior direito a Velocidade da luz




Fonte: *A Slower Speed of Light.*



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

O jogador verá os primeiros efeitos da Teoria Relatividade Especial, como a contração do espaço, a dilatação do tempo, o efeito Doppler, o efeito Holofote e o efeito Terrel, enquanto coleta as ORBS. As transformações de Lorentz podem ser vistas na forma como o espaço se deforma ao longo do jogo, sempre em velocidades próximas à luz. Essas diferenças de tempo ocorrem ou são percebidas pelo jogador em relação ao mundo exterior e como se determina a dilatação do tempo. O efeito *Doppler* é o efeito que o jogo mostra com o desvio de luz para a faixa do vermelho ou para a faixa do azul, isso dependerá da movimentação do jogador. O efeito Holofote ocorre quando o jogador vai chegando próximo a velocidade da luz e o brilho das imagens na direção da viagem aumenta. Isso ocorre porque o jogador ao se deslocar em velocidades cada vez mais perto da velocidade da luz, uma grande quantidade de fótons é produzida, o que faz aumentar o brilho. O efeito Terrell só acontecerá quando o jogador pegar todas as *ORBS,* nesse momento os outros efeitos são retirados e pode-se perceber o efeito Terrell que é a capacidade de o jogo demonstrar como as coisas ou objetos eram no passado, devido ao tempo da viagem em velocidades próximas à da luz.

**Figura 4**. Demonstração do jogo sobre a deformação do Espaço (Transformações de *Lorentz*)




Fonte: *A Slower Speed of Light.*



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

**Figura 5.** Demonstração do jogo sobre o efeito *Doppler*




Fonte: *A Slower Speed of Light.*

**Figura 6.** Demonstração do jogo sobre o efeito Holofote




Fonte: A Slower Speed of Light.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

**Figura 7**. Demonstração do jogo como aparecimento do efeito Terrel




Fonte: A Slower Speed of Light.

A verdadeira ideia de apresentar o jogo aos alunos é que eles sejam colocados em situações de problemas de aprofundamento. Nessas situações, o professor pode apresentar uma abordagem didática para a introdução da Teoria da Relatividade Especial, ao mesmo tempo em que permanece livre para tomar decisões sobre suas próprias aulas. Ao longo do jogo, o professor pode apresentar perguntas que os alunos podem responderantes ou depois do jogo.

Algumas perguntas que podem ser feitas:

Antes de Jogar

1) O que significa o nome Einstein para você?

2) O que é o tempo na sua visão de vida?

3) O que você entende por espaço?

4) Já ouviu falar de espaço-tempo? Se sim, o que seria?

5) Você já ouviu falar qual foi a descoberta feita por Einstein?



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

Durante o jogo

6) Através do jogo você acha que a velocidade da luz atingirá um valor máximo? Por quê?

7) Com as explicações sobre a Relatividade Especial proposta pelo professor, quais foram os efeitos encontrados no jogo? Tente explicar através de prints tirados do jogo quais são os efeitos demonstrados e por quê?

8) Quando você pegou todas as *ORBS* aconteceu alguma coisa?

O professor deve lembrar que terá que construir uma aula teórica sobre a Teoria da Relatividade Especial e os seus efeitos relativísticos, para que os alunos consigam encontrar os efeitos na UEPS proposta.

## 2. ANÁLISE E DISCUSSÃO

### 2.1. Um resumo sobre a teoria da relatividade especial para apresentação em sala de aula

Em 1905, o jovem Albert Einstein escreveu um artigo sobre as dinâmicas dos corpos chamado de "Teoria da Relatividade Especial". No entanto, é importante lembrar que outros cientistas e pesquisadores haviam feito avanços significativos no desenvolvimento da eletrodinâmica dos corpos em movimento. Não podemos negar que Newton e Maxwell fizeram contribuições notáveis para o avanço da física, bem como para o próprio Einstein no desenvolvimento de sua teorização.

O professor deve sempre lembrar aos alunos que não existem gênios e que vários personagens da ciência física contribuíram para o desenvolvimento humano. Por exemplo, Galileu, Newton, Poincaré, Faraday, Maxwell e Einstein fizeram grandes contribuições científicas para a humanidade, sem levar em consideração as contribuições de outros cientistas que a história esqueceu. Por exemplo, a relatividade das transformações galileanas que envolvem o movimento provocou uma discussão sobre os referenciais relativísticos e como podemos apresentá-los. Os dois físicos Michelson e Morley desenvolveram um instrumento chamado interferômetro a partir dos estudos de Galileu para detectar o movimento do éter, que era um tipo de fluido que formava o universo.

No entanto, Lorentz e Poincaré desempenharam um papel crucial nos progressos da Teoria da Relatividade Especial, buscando elucidar os resultados alcançados por Michelson e Morley. Lorentz defendia que a contração em objetos relativísticos era vista como uma alteração na estrutura molecular da matéria que os compõem. Isso acontecia devido à interação das moléculas do objeto com o éter. A partir dessa pesquisa, Lorentz criou equações conhecidas



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

como equações de Lorentz. Portanto, quando Einstein publicou seus postulados em 1905, já existiam outros resultados significativos no campo da relatividade, tais como: as equações de Lorentz para o espaço-tempo, e as transformações das grandezas eletromagnéticas. Portanto, notamos que as descobertas científicas foram influenciadas por vários personagens e elementos que auxiliam no progresso científico. Assim, o princípio da relatividade estabelece que as leis físicas serão as mesmas em todos os sistemas de coordenadas inerciais. O princípio da invariância estabelece que a luz tem uma velocidade constante, igual a C, em qualquer sistema de coordenadas inerciais. Isso significa que a velocidade da luz no vácuo é a mesma para todos os observadores em referenciais inerciais, sem depender da velocidade de uma fonte que emite luz ou de qualquer observador. Devido aos princípios da Teoria da Relatividade, a noção de tempo deixou de ser absoluta e se tornou relativa. Portanto, acontecimentos simultâneos em um referencial inercial específico não serão necessariamente simultâneos em outro referencial inercial.

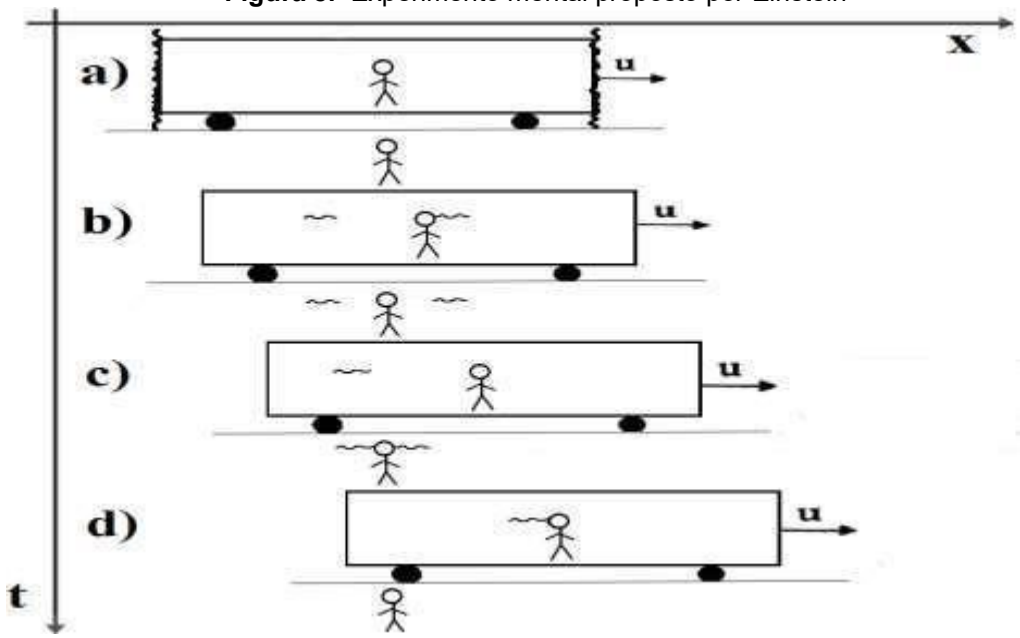
Experimento mental proposto por Einstein para ilustrar a explicação exposto acima (EINSTEIN, 1999):

Imaginemos que um trem se mova com uma velocidade constante em relação ao chão, sobre os trilhos. Uma pessoa viaja dentro do trem (no meio), enquanto outra permanece do lado de fora, parada ao lado dos trilhos. Cada indivíduo tem seu próprio ponto de referência inercial quando está em repouso. Em um dado momento, dois raios atingem o trem, respectivamente, na posição frontal e traseira. Partindo do pressuposto de que no sistema de referência terrestre os dois raios são simultâneos e levando em conta a velocidade constante da luz C (constante). Assim, os dois raios atingirão o trem simultaneamente para aqueles que estão próximos aos trilhos. No entanto, quem está dentro do trem observará primeiro um raio atingindo a parte da frente do trem e, em seguida, a parte de trás. Portanto, este experimento mental evidencia que o acontecimento não ocorre simultaneamente no solo e no trem, levando à conclusão de que a simultaneidade é relativa a cada referencial e não é absoluta.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

**Figura 8.** Experimento mental proposto por Einstein




Fonte*:* Autor.

Esta abordagem sucinta serve apenas para informar aos professores interessados em implementar a UEPS através do jogo, que é necessário introduzir conceitos históricos, filosóficos e teóricos aos estudantes para que eles possam estabelecer a teoria durante o jogo. De acordo com Moreira e Masini (2011), às situações-problema devem ser progressivamente mais complexas, já que o estudante deve progredir nas fases da situação-problema quando perceber que o aprendizado proposto pelo jogo o insere em um novo processo de decodificação cultural, ou seja, em uma nova fase no seu processo de enculturação.

### 2.2. Os efeitos relativísticos

Com base nos dois postulados de Einstein, foram apresentados fenômenos relativísticos que se afastam da experiência diária, tais como a simultaneidade de eventos mencionada anteriormente, a dilatação temporal e a contração espacial que serão percebidas durante o jogo, além dos efeitos relativísticos (efeito Doppler, Holofote e Terrell, que serão detalhados posteriormente).

#### 2.2.1. O efeito Doppler e a mudança nas cores

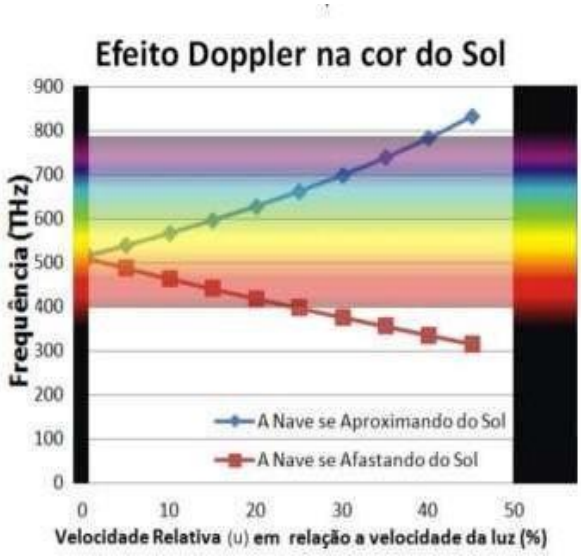
A alteração na frequência em sinais detectados por detectores ocorre quando uma fonte específica se move em direção a ele (GAZZINELLI, 2009). Quando o detector se aproxima da



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

fonte, observa-se um desvio para o azul (*blueshift*), enquanto quando se afasta, o desvio se desloca para o vermelho (*redshift*) (TIPLER, LLEWELLYN, 2010). Para esclarecer, o efeito Doppler ocorre quando um referencial B, em movimento em relação a um outro referencial A, identifica essas ondas e percebe uma pequena mudança no valor da frequência em relação a B. No dia a dia, esse efeito pode ser ilustrado em ondas sonoras, com uma ambulância no referencial B e uma pessoa parada em um referencial A, antes da ambulância passar pela pessoa e depois que ela passa. Mas na Teoria da Relatividade Especial esse efeito acontece de maneira diferenciada, suponhamos que exista uma nave que está no referencial A em direção ao sol que está no referencial B, o efeito *Doppler* apresentará duas consequências na aproximação ao Sol referencial B e no distanciamento. E que o referencial B venha a assumir diferentes velocidades relativísticas (porcentagens menores que a velocidade da luz) relativa a nave referencial A no eixo X. Lembrando que B emite radiação eletromagnética em torno da sua superfície com intensidade de 530 THZ e que é detectada por A. Nessa situação é detectado por A o efeito *Doppler* nas frequências emitidas por B, dessa maneira a concepção conceitual do efeito *Doppler* é a mesma, mas a sua explicação física e a sua matematização se alteram em velocidades relativísticas.

**Figura 9.** Aproximação e afastamento Efeito *Doppler* Relativístico




Fonte: CHACON-RODRIGUES (2021).

Dessa maneira o efeito visual será aparente na velocidade da luz e as cores irão se modificar em relação ao referencial B tanto na aproximação quanto no afastamento feita pelo



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

referencial A. A Teoria da Relatividade Especial é caracterizada pelo espaço, tempo e movimento, conforme mencionado anteriormente. Apenas os movimentos que se aproximam da velocidade da luz são afetados pelos efeitos relativísticos. Por exemplo, um corpo rígido, quando está em repouso, tem a forma de uma esfera, enquanto em movimento relativístico, assume a forma de um elipsoide rotacional. Este exemplo foi utilizado para ilustrar que em velocidades próximas à luz, os efeitos e fenômenos se manifestam de maneira distinta em comparação ao estado de repouso. Devido ao Efeito *Doppler* Relativístico as cores se comportam de forma diferenciada e os níveis dos brilhos (intensidades) também atuam de forma diferente. Imaginemos que um certo objeto esteja a 95% da velocidade da luz, e a faixa de comprimento de onda está entre 2,5μm a 5 μm em um sistema, então a variação das cores caminhará para o infravermelho na direção dos objetos, mas ao olharmos para trás os comprimentos de ondas ficariam na faixa espectral de 65 nm a 130 nm sendo visíveis no ultravioleta. Então a mudança estará associada a um certo escalonamento do espectro, quando se olha para frente a intensidade aumenta e ao olhar para trás a intensidade diminui, geralmente a intensidade é muito mais evidente do que a mudança de cor.

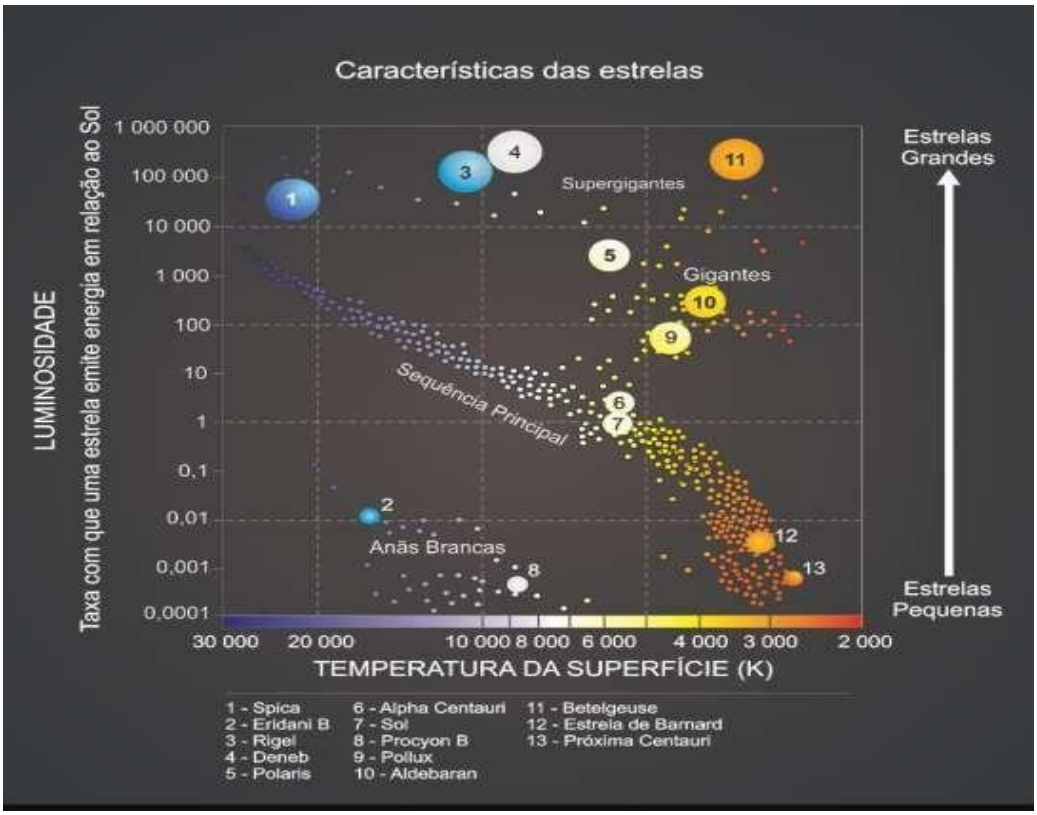
2.2.2. A luminosidade e as cores em estrelas

No caso das estrelas, por exemplo, as cores são divididas entre as luminosas consideradas gigantes e as de baixa luminosidade consideradas anãs. Então a luminosidade e a temperatura de uma estrela se relacionam para a classificação da mesma referente à sua cor.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

**Figura 10**. Diagrama *Hertzsprung-Russell*




Fonte: FILHO e SARAIVA (2022).

Pelo gráfico acima podemos observar que as estrelas mais quentes ocupam o lado esquerdo, enquanto as estrelas mais frias ocupam o lado direito. E também podemos analisar que as estrelas mais luminosas como a Spica estão no topo superior esquerdo, e as estrelas menos luminosas como Próxima Centauri estão no campo inferior direito.

### 2.2.3. O efeito Holofote

É o efeito na mudança da intensidade de quando fontes de radiação eletromagnéticas são observadas, nesse efeito ocorre o aumento da luminosidade dos objetos em relação ao observador que está em velocidades próximas à da luz.

### 2.2.4. O efeito Terrel

É o efeito que demonstra como os raios luminosos chegam em diferentes tempos para um determinado observador, ou seja, a posição visualizada por um observador por um certo



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

objeto é diferente da posição real dele. Como certos objetos possuem geometrias diferenciadas, a aparência desses objetos percebida pelo observador é de que os objetos possuem uma deformação,que é conhecida como efeito Terrel.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito principal deste artigo foi expor de maneira sucinta e conceitual as estratégias necessárias para usar uma UEPS como base para um jogo que ilustrasse a Teoria da Relatividade Especial de maneira prática. Os estudantes poderiam utilizar essa ferramenta para demonstrar a Teoria da Relatividade Especial de maneira prática. E através do jogo *a slower speed of light* e as suas animações os alunos viessem a aprender sobre as mudanças de cores em referenciais perto da velocidade da luz, os seus efeitos e fenômenos relativísticos.

Embora existam várias literaturas acadêmicas abordando o assunto da Teoria da Relatividade Especial no ensino médio, é possível afirmar que este artigo apresenta uma visão inovadora, fundamentada nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) empregadas em diversas propostas educacionais, permitindo ao docente liberdade para criar suas aulas sem restrições. Portanto, pesquisas relacionadas à Física Moderna ou à sua introdução devem ser divulgadas e debatidas como recursos para aprimorar o ensino e a aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

Brasil. PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais. Secretária de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Ministério da Educação, Brasília, 2015.

_____. Base Nacional Curricular Comum. Ministério da Educação, Brasília, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf> Acesso em 22 de novembro de 2022.

CHACON-RODRIGUES, M. Diferenciando os efeitos físicos e visuais na geometrização da Teoria da Relatividade Especial: uso do diagrama Minkowski no ensino superior. 2021.

CAPECCHI, M. C. V. M., CARVALHO, A.M.P. Relação entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de Física. Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, Brasil, v. 2, n.2, p. 189-208, 2000.

EINSTEIN, A. A Teoria da Relatividade Especial e Geral. Tradução de C. A. Pereira. Revisão Técnica de I. C. Moreira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados

FILHO, K.S.O.; SARAIVA, M.F.O. O Diagrama Cor-Magnitude – Hertzsprung-Russell. Disponível: < http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>. Acessado em 22 de novembro de 2022.

GAZZINELLI, R. Teoria da relatividade especial. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

GEE, J. P. Bons videogames e boa aprendizagem. Revista Perspectiva, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 167-178, jan./jun. 2009. Disponível em:http://www.perspectiva.ufsc.br

_____GEE, J. P. Bons videojogos + boa aprendizagem: colectânea de ensaios sobre os videojogos, a aprendizagem e a literacia. Magualde: Edições Pedago, 2010. 299 p. (Contrapontos).

HONEY, M. A.; HILTON, M. L. Learning science through computer games and simulations. Washington: The National Academies Press, 2011. 161 p.

MOITA, F. M. G. S. C.; CANUTO, E. C. A. Os jogos digitais no processo de ensinar e aprender e os estilos de aprendizagem do aluno. Revista Tecnologia Educacional, v. 40, n. 192, p. 58-70, jan./mar. 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. A. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982. 112 p.

OSTERMANN, F. Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física. 2002. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

OSTERMANN, F.; RICCI, T.S.F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-FitzGerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 176-190, ago. 2002.

PIASSI, L. P. Contatos: a ficção científica no ensino de física em um contexto sociocultural. 2007. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. Física Moderna. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 478 p. Tradução e revisão técnica de Ronaldo Sérgio de Biasi.

ULICSAK, M.; WRIGHT, M. Games in Education: Serious Games. A FutureLab Literature Review. Reino Unido, 2010. Disponível em: http://media.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Serious-Games_Review.pdf 98 .

WOLFF, J. F. S.; MORS, P. M. Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein. Textos de Apoio ao Professor de Física, Porto Alegre, v. 16, n. 5, 2005.

ZANETIC, J. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 13, supl. 1, 2006.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados