

## ANÁLISE DE UMA ATIVIDADE DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA REALIZADA NO FORMATO REMOTO SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE

### ANALYSIS OF A SCIENTIFIC DISSEMINATION ACTIVITY CARRIED OUT REMOTELY ON THE THEORY OF RELATIVITY

Nicoli Rocha Santos<sup>1</sup>; Ricardo Roberto Plaza Teixeira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de São Paulo (IFSP). *E-mail*: rocha.n@aluno.ifsp.edu.br;

<sup>2</sup>Instituto Federal de São Paulo (IFSP). *E-mail*: rteixeira@ifsp.edu.br

Artigo submetido em 01/10/2023 e aceito em 19/12/2023

#### Resumo

Este artigo tem como objetivo examinar uma conferência online ocorrida em junho de 2022 e ministrada pela Professora Fabiana Botelho Kneubil, em que foram trabalhados temas relacionados à Teoria da Relatividade e à equação  $E=mc^2$ . Este evento, realizado com transmissão aberta pela plataforma de armazenamento de vídeos YouTube, enfatizou a relevância da Teoria da Relatividade para uma compreensão mais profunda do mundo físico. Para analisar as concepções do público sobre os temas tratados, foram coletados dados a partir das respostas fornecidas por meio de questionários (“Formulários Google”) preenchidos pelos participantes. A investigação feita também incorporou dados da ferramenta Estatísticas do YouTube. Os dados permitiram compreender melhor a eficácia na disseminação de conhecimentos científicos por meio da *internet*, bem como as concepções dos participantes relativas à Teoria da Relatividade e ao seu ensino. Isso se torna especialmente relevante para professores que podem utilizar webconferências como ferramentas de ensino com sucesso. Neste contexto, a importância da educação científica está não apenas na disseminação de conhecimentos, mas também na formação de uma perspectiva mais abrangente de mundo e baseada em evidências experimentais.

**Palavras-chave:** Divulgação científica; Ensino de Física; Internet; Relatividade.

#### Abstract

This article aims to examine an online conference held in June 2022 and taught by Professor Fabiana Botelho Kneubil, in which topics related to the Theory of Relativity and the equation  $E=mc^2$  were discussed. This event, held with open broadcast on the video storage platform YouTube, emphasized the relevance of the Theory of Relativity for a deeper understanding of the physical world. To analyze the public's conceptions about the topics covered, data were collected from the answers provided through questionnaires (“Google Forms”) filled out by the participants. The investigation carried out also incorporated data from the YouTube Analytics tool. The data allowed us to better understand the

effectiveness of disseminating scientific knowledge via the internet, as well as the participants' conceptions regarding the Theory of Relativity and its teaching. This becomes especially relevant for teachers who can successfully use web conferences as teaching tools. In this context, the importance of scientific education lies not only in the dissemination of knowledge, but also in the formation of a more comprehensive perspective of the world based on experimental evidence.

**Keywords:** Scientific divulgation; Physics Teaching; Internet; Relativity.

## 1 INTRODUÇÃO

Na busca pela compreensão das leis que regem o universo, a Teoria da Relatividade tornou-se uma das pedras angulares da Física Moderna, desafiando conceitos prévios da Mecânica Clássica e delineando uma nova visão acerca da realidade (Renn, 2005). Ela é uma área da Física que atrai a curiosidade do público leigo, sobretudo no caso de alunos mais jovens: este interesse pode ser usado de forma positiva no âmbito do ensino de ciências e da divulgação científica.

Este artigo tem como objetivo examinar uma webconferência ocorrida em 10 de junho de 2022 e que versou sobre a Teoria da Relatividade e as relações entre massa e energia. Essa foi uma atividade que não apenas explorou didaticamente esta temática, mas, também, procurou desenvolver uma compreensão mais profunda acerca das características fundamentais do universo. Após a introdução, é realizado um trabalho de fundamentação teórica acerca da Teoria da Relatividade, da sua história e do seu ensino, bem como sobre o uso de tecnologias digitais para viabilizar atividades remotas de ensino e de divulgação científica. A seguir são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados, bem como são discutidos os resultados obtidos no âmbito desta investigação. Ao término, são feitas as considerações finais acerca das questões investigadas.

## 2 A RELATIVIDADE, SUA HISTÓRIA E SEU ENSINO

A história da Física está profundamente relacionada à história do conceito de espaço e ao advento da Relatividade é uma evidência disto (Caruso; Oguri, 2006). A Teoria da Relatividade, formulada por Albert Einstein (1879-1955) no

início do século XX, transcendeu os limites da Física, alcançando a cosmologia e desencadeando um amplo debate sobre a estrutura do universo (Gibilisco, 1983). Em particular, a Relatividade alterou a concepção clássica da existência de uma estrutura imaterial a priori sobre o universo, o “cenário”, ou seja, o espaço e o tempo absolutos que envolveriam todos os corpos materiais e que seriam como um pano de fundo de referência para a mensuração de todos os eventos (Novello, 2006). Esta alteração, proposta por Einstein, foi tão profunda que produziu como consequência a ideia fundamental de que é possível usar a mesma unidade para espaço e para tempo (Taylor; Wheeler, 1992), algo, em certo ponto, que era impensável para a Mecânica Newtoniana.

No “ano miraculoso” (“*annus mirabilis*”) de 1905, Einstein escreveu uma série de artigos muito importantes para a Física e que transformaram a visão de universo (Stachel, 2008); em um desses artigos de 1905, foi introduzida a Teoria da Relatividade Restrita ou Especial (Tipler; Llewellyn, 2017). Ela nasceu da necessidade de superar contradições sérias e profundas que existiam no seio da Física Clássica para as quais parecia não existir saída, mas cujas dificuldades foram resolvidas de modo consistente e com simplicidade usando para isto poucas suposições (Einstein; Infeld, 1980).

Einstein propôs dois postulados para a Teoria da Relatividade Restrita. Segundo o Postulado 1 (Princípio da Relatividade Restrita), as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais. Por sua vez, de acordo com o Postulado 2 (Princípio da Constância da Velocidade da Luz), a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor  $c$  qualquer que seja o movimento da fonte (Tipler, 2017). Portanto, esta Teoria foi uma generalização para toda a Física do princípio da Relatividade de Galileu (Postulado 1) – que antes valia apenas para a Mecânica e passou a valer, portanto, de acordo com o que foi proposto por Einstein, também para o Eletromagnetismo – acrescida do princípio de que a velocidade de um raio de luz, no vácuo, deve ter a mesma magnitude quando medida por observadores em diferentes referenciais em movimento retilíneo uniforme entre si (Chabay; Sherwood, 2018).

No que diz respeito ao eletromagnetismo, Einstein mostrou que as equações de Maxwell poderiam ser interpretadas como independentes do estado de movimento de um observador, mas ao custo de termos que fazer uma



mudança conceitual total no modo como entendemos o espaço e o tempo (Hewitt, 2002). De acordo com a Relatividade, as próprias mensurações do espaço e do tempo são afetadas pelo movimento e, por isso, é necessário pensar no comportamento de réguas e relógios em movimento (Einstein, 1999). Como a Física é uma ciência experimental, ela depende intensamente do ato de medir: isto revela a importância das proposições revolucionárias feitas por Einstein (Beiser, 1977).

Em 1915, Einstein propôs a Teoria da Relatividade Geral (Matsas, 2005), uma extensão da sua Teoria da Relatividade Restrita, englobando sistemas não inerciais e, assim, incorporando movimentos acelerados, como os causados pela gravidade. Uma das bases da Relatividade Geral é a igualdade entre massa inercial e massa gravitacional (Castellani, 2001).

A Relatividade Geral explica a atração gravitacional entre corpos massivos por meio da curvatura do espaço-tempo (Martins, 1994), algo que está relacionado ao denominado princípio da equivalência que afirma que experimentos realizados em um campo gravitacional são localmente similares àqueles realizados em um sistema acelerado: um referencial acelerado linearmente em relação a um referencial inercial é localmente idêntico a um referencial em repouso em um campo gravitacional (D’Inverno; Vickers, 2021). Assim, em um pequeno laboratório em queda livre em um campo gravitacional, as leis físicas são as mesmas que em um referencial inercial na ausência de campos gravitacionais.

No caso da Teoria da Relatividade Geral, há também dois postulados básicos. De acordo com o Postulado 1 (Princípio da Relatividade Geral), as leis da natureza são as mesmas em todos os referenciais, inerciais ou não inerciais (de modo, em certa medida, semelhante ao Postulado 1 da Relatividade Restrita). Por sua vez, o Postulado 2 (Princípio da Equivalência) afirma que os efeitos devidos à aceleração do referencial e os efeitos da gravitação são equivalentes, daí o seu nome (Goto, 2020). Para o próprio Einstein, o fato de que a Relatividade Geral considera qualquer referencial (inercial ou não inercial) como equivalente é epistemologicamente mais satisfatória do que a preferência da Física Newtoniana por referenciais inerciais (Kokubun, 2022). Disso decorre que nós mesmos, que estamos em um referencial não inercial, a Terra, devemos

ser capazes de descobrir e formular as leis da Física, como de fato temos feito ao longo da História da Ciência (Henriques, 2015).

Einstein formulou a Relatividade Geral em termos geométricos (Cox; Forshaw, 2009) e para isto ocorrer foi necessário utilizar o cálculo tensorial como ferramenta matemática (Skinner, 1982). Os fenômenos gravitacionais são a expressão do fato que o espaço-tempo não é plano, mas possui uma curvatura. Tanto a maneira como a matéria produz um campo gravitacional que encurva o espaço-tempo, quanto o modo como a matéria se movimenta no espaço-tempo curvo, são dados pelas equações de campo de Einstein (Piatella, 2020).

A Teoria da Relatividade Geral como concebida por Einstein é uma Teoria Relativística da Gravitação (Ostermann; Ricci, 2004). A primeira aplicação prática e, por conseguinte, a primeira evidência experimental a respeito da validade da Relatividade Geral, foi a explicação para anomalias existentes na órbita do planeta Mercúrio, anomalias estas que preocupavam os físicos desde a década de 1840 e que não conseguiam ser explicadas teoricamente pela Mecânica Newtoniana (Barreto, 2009).

O fato de a Relatividade alterar o modo de pensar sobre o tempo, faz com que muitas expectativas convencionais de senso comum precisem ser modificadas de modo contraintuitivo também: é como abrir uma “caixa de Pandora” que remodela todas as nossas ideias sobre como o mundo funciona (Epstein, 1985).

Na concepção relativística, a velocidade da luz é, de certo modo, a “velocidade” do tempo transcorridos entre dois eventos (Gibilisco, 1983). Na Mecânica Clássica, teoricamente uma força pode acelerar uma partícula a velocidades tão grandes quanto se queira, mas na Relatividade existe uma velocidade máxima possível que é a velocidade da luz  $c$  e que é um limite intransponível (Resnick, 1977). Quando as velocidades envolvidas são muito menores do que a velocidade da luz, a Mecânica Newtoniana descreve de forma válida o movimento dos corpos, pois são desprezíveis os efeitos relativísticos (Serway; Jewett, 2015). Nossa intuição newtoniana está limitada às observações de objetos que se movem vagorosamente em relação à velocidade da luz (Keller; Getys; Skove; 1999).

Algo central para a Relatividade é a medida de eventos ou acontecimentos que ocorrem em determinadas posições e instantes de tempo (ou seja, em pontos do espaço-tempo quadridimensional) e as distâncias ou intervalos que os separam tanto no espaço, quanto no tempo (Halliday; Resnick; Walker, 2003). A Física newtoniana previa que o efeito da gravidade seria instantâneo e, portanto, a velocidade de propagação da força gravitacional teria que ser infinita. Mas de acordo com a Relatividade, nada viaja em velocidades superiores à da luz: portanto Einstein concluiu que a gravidade teria também que se propagar com velocidade finita, como ocorre com a luz (Aguiar, 2015). Deste modo, a previsão da Relatividade Geral da existência de ondas gravitacionais (associadas à propagação de um efeito gravitacional) foi confirmada em 2016 pela sua primeira detecção que ocorreu com o auxílio da colaboração LIGO – *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory* (Neves, 2017).

Com os avanços da Astrofísica e da Cosmologia nas últimas décadas, a Teoria da Relatividade será cada vez mais importante nos currículos de Física, até porque termos como Big Bang, Matéria Escura, Energia Escura, Buracos Negros e Expansão do Universo já são de uso corrente até mesmo fora dos ambientes puramente acadêmicos. É preciso também trabalhar com esta área da Física na educação básica, porque o desconhecimento de aspectos fundamentais da Teoria da Relatividade possibilitará que pessoas menos capacitadas ocupem este espaço e disseminem teorias que carecem de fundamento lógico e de evidências factuais (Dahmen, 2022).

Devido ao seu impacto midiático, a Teoria da Relatividade tem sido um tema comum na divulgação da ciência, mas ela apresenta dificuldades específicas para o seu ensino e aprendizado que precisam ser enfrentadas por meio de estratégias didáticas com esta finalidade (Prado *et al.*, 2020). Para se aprender as ideias da Teoria da Relatividade é preciso trabalhar duro, mas é preciso considerar que o mesmo pode ser dito sobre outros assuntos como, por exemplo, sobre jardinagem, e ninguém diz que jardinagem é algo intrinsecamente difícil (Lilley, 1981).

Para se aprender sobre Relatividade é preciso levar em consideração as mudanças conceituais necessárias para a efetivação da aprendizagem: ou seja, na forma como os alunos adquirem, modificam e reestruturam seus conceitos e



entendimentos sobre tópicos específicos. O processo de aprendizagem não envolve apenas a aquisição passiva de novos conceitos, mas também a reorganização ativa e a revisão dos conceitos existentes (Jófil, 2002).

Neste sentido, com frequência é necessária a existência de um conflito cognitivo com conceitos prévios, algo que pode ser o motor para a mudança conceitual, pois os alunos serão motivados a resolver as discrepâncias entre as suas próprias concepções e as informações apresentadas a eles. A aprendizagem precisa ser, deste modo, um processo ativo. Os alunos não são simples esponjas que absorvem informações passivamente, mas sim participantes ativos na construção de conhecimentos, pois podem refletir sobre seu próprio processo de aprendizagem e estarem conscientes de suas próprias concepções de modo a promoverem uma reestruturação na compreensão que possuem sob fenômenos da natureza (Posner *et al.*, 1982).

### 3 USO DE TECNOLOGIAS EM ATIVIDADES REMOTAS

A experiência de realizar uma atividade remota de divulgação científica, que é examinada neste trabalho, destacou o potencial do uso de recursos tecnológicos para o ensino, evidenciando sua capacidade de servir como um valioso complemento a outras estratégias pedagógicas. Tal potencial decorre, em grande parte, da crescente interação das novas gerações com ambientes virtuais, notadamente por meio do consumo de vídeos que estão disponíveis gratuitamente na internet para visualização (Costa *et al.*, 2021). Esses vídeos abrangem desde transmissões simultâneas de atividades até registros armazenados de eventos passados, sendo facilmente acessíveis em plataformas populares como o YouTube.

O uso de tecnologias para atividades de ensino e de divulgação científica realizadas de forma remota apresenta vantagens e desvantagens que devem ser ponderadas de acordo com cada contexto e situação (Silva *et al.*, 2021).

O ensino por meio de formatos remotos apresenta uma série de pontos positivos que podem contribuir significativamente para a aprendizagem. Uma das principais vantagens reside na flexibilidade oferecida aos alunos, que podem acessar o conteúdo e participar de aulas de qualquer localidade, proporcionando uma adaptabilidade fundamental para estudantes com diferentes demandas e

responsabilidades. Além disso, a integração de tecnologias proporciona uma gama diversificada de recursos e ferramentas educacionais, enriquecendo a experiência de aprendizagem e promovendo a autonomia dos alunos na busca por conhecimento. A interação virtual entre professores e estudantes também pode resultar em uma maior personalização do ensino, permitindo abordagens mais individualizadas e atenção mais focada às necessidades específicas de cada aluno (Lima, 2020).

Entretanto, é importante reconhecer que o ensino remoto não está isento de desafios significativos. Um dos pontos negativos reside na possível disparidade no acesso à tecnologia, que pode criar uma lacuna digital entre os alunos. A falta de acesso confiável à internet e de dispositivos adequados pode marginalizar grupos específicos, aprofundando desigualdades educacionais (Silva; Souza; Menezes, 2020). Além disso, a ausência do ambiente físico da sala de aula pode impactar negativamente a interação social e o desenvolvimento emocional dos alunos, aspectos cruciais para a formação integral de indivíduos (Miranda *et al.*, 2020). A necessidade de disciplina e autodisciplina por parte dos alunos também é acentuada no ambiente virtual, uma vez que a supervisão direta dos educadores é reduzida, podendo afetar a participação e o comprometimento dos estudantes com o processo educacional.

As tecnologias digitais podem, de qualquer modo, desempenhar um papel transformador no cenário educacional ao oferecerem contribuições que podem ser significativas para o processo de ensino-aprendizagem, pois o acesso rápido e amplo a recursos diversificados, facilita a personalização do ensino; todavia, esta potencial vantagem precisa ser analisada tendo em vista também a quantidade de alunos que cada professor tem que atender. O enriquecimento da experiência educacional decorrente pode estimular a participação de alguns estudantes, entretanto, com outros estudantes este processo pode ocorrer de modo inverso. Além desses aspectos, é importante ressaltar que a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem ajuda no desenvolvimento de habilidades essenciais para a sociedade contemporânea (Almeida *et al.*, 2023).

A crescente integração de tecnologias na educação proporcionou possibilidades para o uso de modalidades remotas de aprendizado, especialmente em resposta a desafios globais, como foi o caso da pandemia de



COVID-19; neste contexto, o uso de plataformas online, videoconferências e recursos digitais se revelou instrumental para a viabilização de atividades educacionais remotas. Essas tecnologias ampliaram as oportunidades de aprendizagem, pois os conteúdos puderam ser acessados de forma flexível por meio de ferramentas colaborativas que propiciaram ambientes estruturados para a troca de conhecimentos (Santos; Araújo, 2021).

Nesse contexto, é relevante ressaltar que as experiências de ensino remoto destacam a importância de enfrentar alguns desafios específicos relacionados aos processos educacionais (Rodrigues, 2021). A inclusão de estratégias pedagógicas inovadoras, o desenvolvimento de competências digitais por parte de educadores e a atenção às disparidades socioeconômicas no acesso à tecnologia são elementos cruciais para garantir o sucesso e a equidade no ambiente educacional virtual. A interconexão entre tecnologia e educação remota não apenas redefine os métodos de ensino, mas também instiga a reavaliação constante de abordagens pedagógicas para maximizar o potencial transformador dessas ferramentas. Assim, ao enfrentar os desafios inerentes à era digital, a educação remota surge com uma ferramenta adicional e complementar para promover uma aprendizagem mais flexível, inclusiva e alinhada às demandas da sociedade contemporânea.

#### 4 METODOLOGIA

Em 2022, os autores deste trabalho coordenaram uma conferência online com o título "E=mc<sup>2</sup> e o Universo da Matéria" que foi ministrada pela Profa. Dra. Fabiana Botelho Kneubil<sup>1</sup> e que está disponível para ser assistida na plataforma do YouTube<sup>2</sup>. O objetivo desta atividade foi explorar abordagens didáticas relacionadas aos estudos sobre a teoria da Relatividade e a equivalência entre massa e energia, com foco na divulgação científica.

---

<sup>1</sup> A conferencista Fabiana Botelho Kneubil é diretora científica do IEFCA (Instituto Educacional Futuro da Ciência), escreveu o eBook intitulado "E=mc<sup>2</sup> e o Universo da Matéria" (Kneubil, 2022), conta com uma vasta experiência no campo da Educação Científica e tem liderado diferentes projetos educacionais que desempenham um papel significativo na formação de professores, na capacitação de equipes escolares e na produção de materiais didáticos.

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/live/IXWXZOBDKN4?si=DypHS2pEBK0i7jUH>>. Acesso em: 16 set. 2023.

A decisão de convidar a professora Fabiana surgiu após uma análise cuidadosa de sua contribuição na área de ensino de Física (particularmente na área da Relatividade) por meio de seus trabalhos acadêmicos e do site do IEF<sup>3</sup>. O interesse foi despertado pelas várias iniciativas que ela lidera na área de pesquisa, ensino e extensão relacionadas à educação científica.

Após o contato inicial por e-mail, a conferencista gentilmente aceitou ministrar a conferência de forma remota, o que permitiu alcançar um público mais amplo. Em acordo prévio com a palestrante, foram definidos a data e o horário para a realização da webconferência. O evento ocorreu em 10 de junho de 2022, uma segunda-feira, a partir das 16 horas. A transmissão ao vivo foi feita por meio do canal "Debate Consciência" do YouTube<sup>4</sup>, que foi estabelecido em agosto de 2020 por um grupo de estudantes orientados por um dos autores deste trabalho com o propósito de promover atividades de divulgação científica e cultural durante o contexto da pandemia de COVID-19 no Brasil.

Nos dias anteriores à conferência, ocorreu uma divulgação online do evento por meio da *internet*, inclusive com a publicação de uma nota com um resumo do evento e o link da transmissão pelo site do campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP). Adicionalmente, a comunidade científica em geral foi informada previamente sobre esta webconferência por meio do site do Portal Píon da Sociedade Brasileira de Física. Para alcançar um público mais amplo, foi feita também uma divulgação do evento especificamente para os alunos do curso de Licenciatura em Física do IFSP-Caraguatatuba.

Alguns dias após a realização da webconferência, uma segunda nota foi publicada no site do IFSP-Caraguatatuba, oferecendo detalhes sobre o desenrolar da conferência virtual e os temas abordados; o propósito dessa divulgação foi disseminar tanto a realização do evento quanto suas características, possibilitando o acesso às informações para aqueles que não puderam acompanhar a transmissão ao vivo pelo YouTube.

A sala virtual que hospedou a webconferência foi estabelecida pela plataforma *StreamYard*, usando o plano gratuito que disponibiliza funcionalidades mais simples. Cerca de 30 minutos antes do início da atividade,

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://iefc.org.br/>>. Acesso em: 16 set. 2023.

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/@debateconsciencia8921>>. Acesso em: 16 set. 2023.

os autores deste trabalho e a palestrante se reuniram na sala virtual do *StreamYard* para conduzirem testes e antecipadamente buscarem resolver eventuais problemas técnicos que pudessem surgir durante o transcorrer do evento. A transmissão ao vivo da conferência foi iniciada conforme o horário previamente estipulado.

Como parte do legado desta pesquisa, a transmissão da webconferência ficou gravada e o respectivo vídeo está aberto e disponível para qualquer pessoa interessada no tópico abordado. A licença de atribuição deste vídeo permite que outras pessoas o reutilizem, de acordo com as regras do "*Creative Commons*".

No início da webconferência, após as apresentações iniciais, a conferencista realizou a sua apresentação sobre a Teoria da Relatividade e a equação  $E=mc^2$ . Para tornar as ideias discutidas mais acessíveis aos participantes, foram utilizados *slides* elaborados sobre os temas abordados, com imagens que pudessem tornar mais palpáveis os conceitos envolvidos. Entre os tópicos tratados pela apresentação da conferencista, estiveram os trabalhos de Einstein publicados em 1905, que estabeleceram os alicerces da Teoria da Relatividade Restrita, bem como os conceitos de espaço, tempo, massa e energia propostos por Einstein.

Durante o transcorrer da transmissão da webconferência, os participantes foram convidados a preencher voluntariamente um questionário no formato de "Formulário Google", cujo link foi disponibilizado no chat da transmissão. Este formulário se iniciava com questões relacionadas ao perfil do respondente, tais como gênero, faixa etária, etnia e nível de escolaridade. Além disso, existiam perguntas voltadas para as concepções dos participantes acerca da Teoria da Relatividade. Essas perguntas foram elaboradas com o propósito de obter uma compreensão mais profunda das perspectivas e pontos de vista da audiência presente. As pessoas que preencheram o formulário, receberam posteriormente uma declaração de participação no evento por meio de e-mail. O link para o formulário permaneceu acessível para coleta de respostas até alguns minutos após o término da webconferência.

No dia subsequente à webconferência, os autores deste trabalho preencheram um relatório detalhado sobre o que ocorreu. Esse relatório consistia em categorias e itens que versavam sobre as distintas características



do evento de modo a sistematizar as informações obtidas e possibilitar uma avaliação mais abrangente do evento em si. Além dessa abordagem, a ferramenta “Analytics” (ou “Estatísticas” na versão em português) fornecida pela plataforma YouTube foi utilizada como complemento, para obter mais informações sobre o evento. Esse recurso ofereceu uma ampla gama de métricas valiosas para adquirir diferentes perspectivas sobre os participantes, o nível de engajamento e a abrangência do evento.

A seção deste artigo intitulada “A Relatividade, sua História e seu Ensino” foi elaborada com o intuito de fundamentar teoricamente o trabalho realizado, a partir da consulta e do estudo sistemático de artigos acadêmicos e livros científicos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O vídeo da webconferência “ $E=mc^2$  e o Universo da Matéria” teve uma duração total aproximada de 1 hora e 59 minutos, sendo que a apresentação propriamente da conferencista durou cerca de 1 hora e 15 minutos. Antes de sua fala, por aproximadamente 15 minutos, foram apresentadas informações sobre o evento, e ao final houve um período dedicado para perguntas e respostas sobre os temas abordados, bem como para as suas considerações finais.

Os dados discutidos e informados nesta seção foram coletados no dia 21 de agosto de 2023, 437 dias após a realização do evento que ocorreu no dia 10 de junho de 2022. Até 21/08/2023, o vídeo da webconferência teve 59 “curtidas” ou “likes” (“gostei”), nenhuma “descurtida” ou “dislike” (“não gostei”) e 529 visualizações, sendo que 36 delas aconteceram durante a transmissão e as outras 493 aconteceram depois da publicação do vídeo, ou seja, após o término da transmissão, com uma média, portanto, de mais que uma visualização por dia.

Quanto à origem do tráfego deste vídeo, a análise revelou que a maior fonte, correspondendo a aproximadamente 46%, foi proveniente de fontes externas. Em segundo lugar, com cerca de 22%, foi a ferramenta de busca do próprio YouTube, enquanto o Recurso de Navegação. As três fontes externas mais significativas de origem do tráfego deste vídeo, em termos quantitativos, foram as seguintes: o site da Sociedade Brasileira de Física que divulgou

previamente o evento por meio do Portal Pion, com aproximadamente 29%; os resultados das pesquisas de busca pelo Google que direcionam para o vídeo, representando cerca de 26%; e o aplicativo Whatsapp, com aproximadamente 25%. Em relação ao tempo total de exibição deste vídeo, cerca de 77% das visualizações corresponderam a não inscritos no canal “Debate Consciência” do YouTube, enquanto os inscritos no canal contribuíram com quase 23%.

As impressões de imagens do vídeo foram exibidas aos espectadores no YouTube cerca de 2,1 mil vezes: essas impressões são contabilizadas quando a miniatura do vídeo é exibida por mais de um segundo, com pelo menos 50% da miniatura visível na tela. Aproximadamente 40% das impressões foram geradas por recomendações do próprio YouTube, indicando que alguns espectadores podem ter descoberto este vídeo por meio de tais recomendações, enquanto assistiam a outros vídeos da plataforma, mesmo sem estarem familiarizados com o canal.

A qualidade da transmissão em relação ao áudio da voz da conferencista foi bastante satisfatória e a qualidade da imagem estava excelente. Durante a transmissão, muitos dos participantes se envolveram de modo ativo pelo *chat* da transmissão pelo YouTube, apresentando perguntas e comentários relacionados ao evento. Ao todo, foram registradas 56 mensagens no *chat*, algumas das quais são destacadas a seguir para fornecer uma visão mais precisa do nível de envolvimento dos participantes:

- “A lente gravitacional pode ser detectada durante um eclipse solar, mas requer o uso de chapas radiográficas para posteriormente medir as deflexões.”

- “Como o conceito de energia interna, relaciona-se às consequências da Relatividade com a Termodinâmica?”

- “Por favor, não podemos interpretar que a massa do fóton é  $E/c^2$  e atribuir uma massa ao fóton?”

- “Palestra incrível, obrigada professora Fabiana Botelho por compartilhar esse conhecimento conosco.”

- “Por favor, professora, você falou que a energia potencial é negativa. Mas a energia potencial gravitacional nas proximidades da crosta terrestre,  $mgh$ , e a energia potencial elástica,  $kx^2/2$ , são positivas?”

Revista Conexão na Amazônia v. 5, n. 2, Ano, 2024

- “ Apesar de pontuais, partículas elementares têm também propriedades ondulatórias. Isso não influenciaria no Mecanismo de Higgs? ”

A transmissão foi acompanhada virtualmente pela *internet* por diversos alunos matriculados no curso de Licenciatura em Física do IFSP-Caraguatatuba, bem como por outros interessados. O pico de espectadores simultâneos atingiu 36, com uma média de 27 espectadores simultâneos ao longo do evento.

Durante a webconferência, um total de  $N=20$  espectadores participaram, respondendo ao formulário disponibilizado por meio do *chat*. As primeiras perguntas foram direcionadas para estabelecer o perfil demográfico dos participantes, abordando aspectos como gênero, faixa etária, nível educacional e raça/etnia.

Os resultados revelaram que a maioria dos participantes (65%) se identificou como sendo do gênero masculino, enquanto 35% eram do gênero feminino.

Em relação à faixa etária, aproximadamente 50% dos respondentes situavam-se na faixa etária entre 18 e 29 anos, uma faixa comum para estudantes universitários, que compunham uma parte substancial do público que assistiu à conferência ao vivo. Dos restantes, 40% tinham idades entre 30 e 59 anos, enquanto 10% eram jovens de 13 a 17 anos, o que demonstra um amplo interesse pelo tema, abrangendo todas as faixas etárias.

No que diz respeito ao nível de escolaridade, 65% dos participantes (a maioria) possuíam ensino superior completo ou incompleto, o que é corroborado pelas interações no *chat*, com alguns estudantes mencionando as instituições de ensino superior em que estudavam. Além disso, 25% haviam completado ou estavam cursando o ensino médio, e 10% tinham uma formação em nível de pós-graduação, completa ou não, indicando uma diversidade de público quanto a esta característica.

No que se refere à raça/cor, 75% dos participantes se autodeclararam como brancos, 15% como pretos, 5% como pardos e 5% como indígenas, revelando uma diversidade étnica e racial entre o público interessado pelo tema menor do que quando comparada à diversidade da população brasileira como um todo. Segundo os dados mais recentes do IBGE (2022), na população



brasileira, 45,3% se declaram como pardos, 42,8% como brancos e 10,6% como pretos.

Na sequência, no questionário, foram apresentadas sete perguntas fechadas (de múltipla escolha), seguidas por uma pergunta aberta (discursiva), todas elas relacionadas aos temas tratados na webconferência. A coleta destes dados proporcionou a obtenção de informações sobre os conhecimentos e as percepções dos participantes em relação à temática discutida. Essa análise permitirá uma compreensão mais completa do impacto da conferência na compreensão e no interesse dos participantes pelos temas tratados no seu transcorrer e, em especial, pela Teoria da Relatividade. Entretanto, a amostra com os 20 participantes que responderam ao questionário foi obtida por conveniência e, deste modo, os resultados aqui discutidos não têm a pretensão de apresentarem rigor estatístico, sendo, portanto, apenas indicativos.

A primeira pergunta do questionário foi: “Qual é o seu nível de interesse pela disciplina de Física?” As alternativas de resposta disponíveis eram: “Muito Grande”, “Grande”, “Mediano”, “Pequeno” e “Nenhum”. Assim, 60% dos participantes escolheram a opção “Muito Grande” para expressar seu interesse pela Física; em contrapartida, 15% optaram pela opção “Grande”, 20% selecionaram a opção “Mediano” e somente 5% indicaram a opção “Pequeno” como seus níveis de interesse; ninguém assinalou a opção “Nenhum” (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição das porcentagens das respostas dadas para a pergunta: “Qual é o seu nível de interesse pela disciplina de Física?” (N=20).

<b>Respostas</b>	<b>Porcentagens</b>
Muito Grande	60%
Grande	15%
Mediano	20%
Pequeno	5%
Nenhum	0%

Fonte: Autores (2024).

Analisando esses dados, fica claro que a conferência atraiu principalmente indivíduos que já possuíam um interesse prévio considerável pela disciplina de Física. Isso sugere que a abordagem e o conteúdo da conferência estavam alinhados com as expectativas e interesses desse público específico. Essa informação é fundamental para compreender o perfil do público atingido e avaliar o impacto da conferência em seu público-alvo. Isto deve ser considerado tendo em vista os dados que indicam existir, em alunos do ensino médio, de modo geral, uma falta de interesse e de motivação para estudar e aprender conteúdos de Física (Clement; Custódio; Alves Filho, 2014). O perfil das respostas dadas a esta primeira pergunta do questionário possivelmente se deve ao fato de que uma parcela considerável dos que assistiram à webconferência era de alunos do curso de Licenciatura em Física do Campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP).

A segunda pergunta abordou especificamente o nível de curiosidade dos participantes pela Teoria da Relatividade: “Qual é o seu nível de interesse pela teoria da Relatividade?” Novamente, as opções de resposta disponíveis foram as mesmas da primeira pergunta. Neste caso, 45% dos participantes indicaram um interesse “Muito Grande” na Teoria da Relatividade, enquanto 35% responderam “Grande”, 15% escolheram “Mediano” e 5% selecionaram “Pequeno” como seu nível de interesse; ninguém assinalou a alternativa “Nenhum” (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição das porcentagens das respostas dadas para a pergunta: “Qual é o seu nível de interesse pela teoria da Relatividade?” (N=20).

<b>Respostas</b>	<b>Porcentagens</b>
Muito Grande	45%
Grande	35%
Mediano	15%
Pequeno	5%
Nenhum	0%

Fonte: Autores (2024).

Comparando os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 (distribuições das porcentagens das respostas dadas à primeira e à segunda perguntas), é possível observar uma tendência semelhante – apesar de menos acentuada – nas respostas dadas nos dois casos. A maioria dos participantes expressou um interesse significativo, seja “Muito Grande” ou “Grande”, pela Teoria da Relatividade, assim como fizeram em relação à disciplina de Física como um todo. A similitude nas porcentagens entre as respostas da primeira e segunda perguntas sugere uma correlação: os participantes que já têm um alto interesse pela disciplina de Física também demonstraram um nível de entusiasmo semelhante pela Teoria da Relatividade. Essa consistência nos resultados pode ser interpretada como um indicativo de que a webconferência atendeu, em certa medida, às expectativas desse público específico. De qualquer modo, no caso dos alunos de ensino médio (que não constituíam a maioria da amostra de respondentes ao questionário), de modo geral, há dados de pesquisa que indicam que apesar de existir uma desmotivação pela Física, parece haver um interesse especial pela Relatividade (Guerra; Braga; Reis, 2007), algo que pode ser usado para tentar despertar a curiosidade dos discentes para a Física.

A terceira questão indagou: “Algum professor seu no ensino fundamental ou no ensino médio já abordou temas relacionados à Teoria da Relatividade em sala de aula?” Os resultados revelaram que 30% dos participantes responderam “Sim”, enquanto 70% responderam “Não” (Tabela 3).

Tabela 3 – Distribuição das porcentagens das respostas dadas para a pergunta: “Algum professor seu no ensino fundamental ou no ensino médio já abordou temas relacionados à Teoria da Relatividade em sala de aula?” (N=20).

Respostas	Porcentagens
Sim	30%
Não	70%

Fonte: Autores (2024).

Essa distribuição de respostas indica que, em geral, a Teoria da Relatividade é abordada de forma bastante limitada na educação básica, com a



maioria dos participantes relatando que nunca tiveram essa temática discutida em sala de aula, durante as diferentes etapas de escolarização.

Dentre aqueles que responderam “Sim” à essa terceira pergunta, foi solicitado que especificassem em qual disciplina isso ocorreu. A disciplina mencionada pelos participantes, neste caso, foi a “Física”, como seria esperado. No entanto, a baixa proporção de respostas afirmativas indica que ainda é pequena a inclusão de tópicos da Teoria da Relatividade – e da Física Moderna em geral (Ferreira *et al.*, 2019) – no Ensino Médio, o que, em certo sentido, destaca a importância de iniciativas como a realização da webconferência investigada neste trabalho, para ajudar a vencer obstáculos como este.

Na quarta questão, os participantes foram convidados a expressar sua opinião sobre a melhor abordagem que deveria ser feita no ensino médio para a disciplina de Física. A pergunta foi formulada da seguinte maneira: “Na sua opinião, a disciplina de Física no ensino médio seria mais interessante se existissem mais aulas focadas em temas relacionados à Física Moderna, como a Relatividade?” Os resultados mostraram que 80% dos participantes responderam “Sim”, enquanto os 20% restantes responderam “Não” (Tabela 4).

Tabela 4 – Distribuição das porcentagens das respostas dadas para a pergunta: “Na sua opinião, a disciplina de Física no ensino médio seria mais interessante se existissem mais aulas focadas em temas relacionados à Física Moderna, como a Relatividade?” (N=20).

Respostas	Porcentagens
Sim	80%
Não	20%

Fonte: Autores (2024).

Assim, para a grande maioria dos participantes, o ideal é que o ensino de Física não se limite apenas à Física Clássica, que foi desenvolvida até o século XIX, mas aborde também temas da Física Moderna, desenvolvida a partir do século XX. Essa alta porcentagem de respostas afirmativas indica um desejo expressivo por uma abordagem mais ampla e atualizada da Física no ensino médio e sugere que os participantes reconhecem a importância de incorporar

conceitos e teorias mais recentes para tornar o ensino da Física mais relevante e interessante, o que pode estimular o interesse dos estudantes pela Física e incentivar a exploração de temas mais contemporâneos.

De modo geral, levar em consideração os interesses dos alunos é algo importante para a concepção de estratégias eficazes de ensino de Física (Tironi *et al.* 2013). A abordagem de conteúdos que estejam vinculados à curiosidade e aos interesses dos alunos pode propiciar aos mesmos um ambiente favorável à aprendizagem devido ao despertar da curiosidade científica (Souza; Souza; Ramos, 2016).

Na quinta questão, os participantes foram convidados a refletir sobre a possibilidade de seguir uma carreira científica na área de Física. A pergunta formulada foi a seguinte: “Você já pensou em algum momento da sua vida em seguir uma carreira científica na área de Física?” Cerca de 80% dos participantes responderam “Sim”, enquanto 20% responderam “Não” (Tabela 5).

Tabela 5 – Distribuição das porcentagens das respostas dadas para a pergunta: “Você já pensou em algum momento da sua vida em seguir uma carreira científica na área de Física?” (N=20).

Respostas	Porcentagens
Sim	80%
Não	20%

Fonte: Autores (2024).

Uma parcela considerável do público da webconferência incluía estudantes matriculados no curso de Licenciatura em Física do IFSP-Caraguatubá, que iniciou suas atividades em 2017 com duração de quatro anos e que conta com aulas que ocorrem de modo presencial no período noturno, de segunda-feira a sexta-feira. Esse contexto acadêmico pode ter influenciado positivamente o perfil positivo das respostas obtidas para esta pergunta. Entretanto, isso aponta também para a importância de iniciativas de divulgação científica para estimular o interesse dos jovens pela Física e outras áreas das ciências exatas que constantemente são menos procuradas por

Revista Conexão na Amazônia v. 5, n. 2, Ano, 2024

alunos interessados em cursos universitários, por exemplo em relação às carreiras ligadas às ciências humanas (Vitti; Borges, 2016).

Na sexta pergunta, os participantes foram desafiados a identificar uma evidência experimental da Teoria da Relatividade. A pergunta foi formulada da seguinte maneira: “Você saberia dizer uma evidência experimental da Teoria da Relatividade?” Cerca de 70% dos participantes responderam “Sim”, enquanto 30% selecionaram a opção “Não” (Tabela 6).

Tabela 6 – Distribuição das porcentagens das respostas dadas para a pergunta: “Você saberia dizer uma evidência experimental da Teoria da Relatividade?” (N=20).

Respostas	Porcentagens
Sim	70%
Não	30%

Fonte: Autores (2024).

De modo consistente com o fato de que muitos dos participantes da webconferência eram alunos da Licenciatura em Física do IFSP-Caraguatatuba, esses resultados indicam existir um bom nível de conhecimento e compreensão por parte da maioria dos participantes em relação às evidências experimentais da Teoria da Relatividade. Isto é importante, pois como a Física é uma ciência experimental, é fundamental que os interessados nesse campo conheçam tais evidências.

Apesar de os efeitos relativísticos serem minúsculos e poderem ser desprezados na nossa vida cotidiana, há inúmeras evidências experimentais ou aplicações tecnológicas das ideias da Teoria da Relatividade que surgem em diferentes áreas, como: a determinação teórica correta da órbita do planeta Mercúrio, a deflexão de raios de luz passando perto de campos gravitacionais intensos, o GPS, os aceleradores de partículas, a fissão e a fusão nuclear, as lentes gravitacionais, os buracos negros, a cosmologia, a evolução do universo e a Teoria do Big Bang (Perkowitz, 2023). Mesmo com todas essas evidências, a Relatividade Geral continua sendo testada de diferentes modos: as falhas que

(e se) eventualmente surgirem poderão talvez dar caminho para a construção de uma nova e ainda mais abrangente Teoria da Gravitação (Sutter, 2018).

Para aqueles que responderam "Sim" à essa pergunta, foi solicitado que escrevessem qual era a evidência experimental da Teoria da Relatividade que conheciam. As respostas fornecidas pelos participantes incluíram referências a algumas evidências da Teoria da Relatividade mencionadas durante a webconferência. Algumas das respostas mencionadas sobre evidências da Teoria da Relatividade foram:

- "O desvio da luz em um campo gravitacional e a reação nuclear de usinas nucleares."
- "A distorção da luz observada em eclipses solares."
- "A deflexão gravitacional da luz no eclipse solar de 1919."
- "O paradoxo dos gêmeos aplicado a partículas subatômicas."
- "A recente foto do buraco negro."
- "O eclipse de Sobral."
- "Os buracos negros supermassivos."
- "A curvatura da luz."

Essas respostas demonstram que os participantes não apenas tinham conhecimento da existência de evidências experimentais da Teoria da Relatividade, mas também, em muitos casos, conseguiam identificar exemplos específicos dessas evidências, sugerindo uma maior familiaridade com os seus princípios e as suas implicações experimentais, bem como uma consciência da importância de analisar conceitualmente resultados inesperados de um experimento ou de uma observação para poder julgar entre hipóteses alternativas que concorrem entre si (Angotti *et al.*, 1978).

Na sétima questão, os participantes foram convidados a expressar sua visão sobre a importância da realização de pesquisas científicas na área da Física: "Com base na sua visão de mundo, a realização de pesquisas científicas na área da Física é importante para a sociedade?" Todos (100%) os participantes responderam "Sim, muito"; ninguém assinalou as outras opções oferecidas como respostas: "Sim, um pouco", "Quase nada" e "Não". Isso expressa claramente a relevância que o público atribui à pesquisa científica em Física e o reconhecimento de que essa área do saber desempenha um papel vital para o



avanço do conhecimento, produzindo impactos positivos na sociedade como um todo. É fundamental, em termos estratégicos, conquistar um maior apoio ao fomento de pesquisas científicas em Física e outras áreas científicas: para isto é importante que o público veja valor nas descobertas e no desenvolvimento da Física e conheça os avanços que essas pesquisas podem trazer, sobretudo, mas não somente, pelas aplicações potenciais para resolver desafios e promover o progresso científico e tecnológico. De modo geral, é considerar que as pesquisas em Física são importantes para a sociedade porque (IUPAP, 1999):

- A Física inspira os jovens e expande as fronteiras do nosso conhecimento sobre a Natureza;

- A Física gera conhecimentos fundamentais para os futuros avanços tecnológicos que impulsionam a economia do mundo;

- A Física contribui para a infraestrutura tecnológica e fornece pessoal treinado necessário para aproveitar os avanços científicos;

- A Física é um elemento importante na educação de químicos, engenheiros, cientistas da computação e profissionais de outras ciências;

- A Física amplia e melhora a nossa compreensão de diversas disciplinas, como as Ciências da Terra, a Química, a Biologia, a Astrofísica e a Cosmologia, áreas que são de importância substancial para todos os povos do mundo;

- A Física melhora a qualidade de vida e fornece o conhecimento básico necessário para o desenvolvimento de novas técnicas para aplicações médicas.

Finalmente, a última pergunta do formulário foi uma questão aberta e discursiva: “O que mais te fascina na Teoria da Relatividade?” No Quadro 1, são apresentadas algumas das respostas fornecidas pelos participantes a essa questão. Essas respostas revelam a diversidade de perspectivas e interesses que os participantes tinham em relação à Teoria da Relatividade, o que evidencia que há diversas maneiras pelas quais o estudo dessa teoria pode atrair estudantes em geral para o campo da Física. Assim, há uma ampla gama de fascínios por conceitos como a dilatação do tempo, a curvatura do espaço-tempo, a conexão entre energia e massa ( $E=mc^2$ ), a compreensão de fenômenos cósmicos, como buracos negros e lentes gravitacionais, e a resolução de paradoxos e enigmas da Física Clássica. Essa variedade de interesses reflete a riqueza da Teoria da Relatividade e sua capacidade de cativar a imaginação e a

curiosidade das pessoas de diferentes maneiras. Essas respostas também sugerem que a divulgação e o ensino da Teoria da Relatividade podem ser enriquecedores ao explorar as diversas facetas dessa teoria e relacioná-las a fenômenos do mundo real, tornando o estudo da Física mais envolvente e acessível para um público amplo.

Quadro 1 – Algumas das respostas fornecidas pelos participantes para a questão aberta: “O que mais te fascina na Teoria da Relatividade?”

<b>Respostas dos participantes para a questão: “O que mais te fascina na Teoria da Relatividade?”</b>
“Me fascina uma teoria conseguir mudar e explicar a visão de mundo em relação a fenômenos naturais, que a Física tem, de uma forma simples, sem contar que fica nítido as diferenças no mundo macro e quântico, o que para mim desperta muito a curiosidade”
“De como o espaço e tempo estão relacionados, ou seja, para partículas com velocidades próximas a da luz (como os raios cósmicos) o tempo se dilata e o espaço se contrai”
“Bóson de Higgs”
“As suas múltiplas implicações na compreensão do Universo”
“A sua quebra de paradigmas e sua contra intuitividade”
“O quanto ela nos influencia. apesar de ser pouco conhecida, ela está presente no nosso cotidiano”
“O modo como a Teoria da Relatividade mudou a concepção do tempo e do espaço, além de alterar muitas áreas da Física, ampliando ainda mais o leque de pesquisa dessa ciência maravilhosa”
“Acho interessante o fato de a Teoria desvendar os mistérios de corpos/fenômenos com velocidade da luz”

Fonte: Autores (2024).

A Teoria da Relatividade atrai a curiosidade das pessoas leigas por diversas razões, mesmo que elas pouco a entendam de fato (Raposo; Reis, 2020). Isso porque, em primeiro lugar, ela introduziu conceitos radicalmente diferentes do que as pessoas estavam acostumadas na Física Clássica, como é o caso da dilatação do tempo, da contração do espaço e da equivalência entre massa e energia, ideias que são contraintuitivas e, portanto, despertam o interesse de muitos, devido a este fato.

A ideia de que o tempo é uma quarta dimensão (Henderson, 2013) e pode passar mais devagar ou mais rápido dependendo da velocidade e da gravidade também é intrigante e leva as pessoas a questionarem sua compreensão comum

do tempo como uma entidade absoluta e constante. A Relatividade, deste modo, desafia a nossa compreensão intuitiva do mundo físico, o que atrai pessoas que gostam de questionar e explorar novas perspectivas: este é um dos principais motivos pelos quais ela frequentemente aparece na cultura popular, seja em filmes e séries de TV de ficção científica ou em livros ou documentários de divulgação científica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, examinamos uma atividade de divulgação científica sobre a Teoria da Relatividade, que ocorreu na forma de uma webconferência, realizada em junho de 2022. É crucial destacar que essa iniciativa aconteceu de maneira totalmente remota, com a transmissão feita por meio da plataforma YouTube.

Essa experiência evidenciou o grande potencial, para a divulgação científica e para o ensino, deste tipo de recurso tecnológico que pode ser empregado como um complemento valioso a outras estratégias pedagógicas. Isto decorre também da crescente interação das novas gerações com ambientes virtuais, notadamente por meio de vídeos disponíveis para serem assistidos – tantos vídeos de atividades com transmissão simultânea, quanto vídeos armazenados de atividades que já ocorreram – em plataformas como o YouTube. Além disso, observamos que a própria conferencista aproveitou com sucesso as ferramentas *online* para desempenhar um papel educacional relevante, por meio do site do Instituto Educacional Futuro da Ciência – IEFC.

As ações de divulgação científica com transmissão aberta a todos pelo YouTube, como a webconferência examinada neste trabalho, abrem oportunidades para um público mais amplo ter acesso ao conhecimento científico, especialmente em relação a temas complexos, como no caso da Física. Vale destacar que essa pesquisa teve um alcance significativo, impactando tanto a comunidade interna quanto a comunidade externa ao campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP). Sua relevância esteve ligada à capacidade de integrar as três principais vertentes de uma instituição universitária: pesquisa, ensino e extensão.

Eventos como esta webconferência podem contribuir de forma significativa também para o fortalecimento das relações entre a academia e a sociedade. Essa interação é essencial para a promoção do entendimento científico, do estímulo à curiosidade e do incentivo ao engajamento nas questões científicas, moldando assim um futuro em que os cidadãos estejam mais envolvidos com o avanço do conhecimento. A união da tecnologia e da paixão pelo saber científico é um instrumento para a construção de uma sociedade mais informada e engajada com a ciência, o que é importante no sentido de combater movimentos de negação da ciência.

A webconferência examinada neste trabalho representou uma oportunidade significativa para os estudantes refletirem sobre o ensino da Relatividade e para adquirirem *insights* a respeito.

A investigação empreendida acerca do eixo temático da Relatividade proporcionou uma visão mais ampla e interdisciplinar, que transcendeu os limites da própria Teoria. Essa pesquisa permitiu não apenas a compreensão dos aspectos científicos e filosóficos subjacentes à Relatividade, mas também identificou conexões entre a História da Ciência e a Educação Científica. Essa abordagem integrada reforçou a ideia de que os saberes relacionados à História podem enriquecer atividades de divulgação científica e de ensino.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, tornou-se evidente o compromisso da conferencista com a divulgação científica, tanto em um contexto geral, quanto, em particular, em relação ao tema abordado, a Relatividade. Além do tempo investido diretamente na realização da webconferência, a preparação prévia exigiu um considerável esforço por parte dela. Isso incluiu a tomada de decisões didáticas, o estudo dos tópicos que seriam abordados e a elaboração dos materiais visuais (os *slides*) que foram apresentados durante a conferência. Esse comprometimento demonstra a influência positiva que educadores e cientistas podem ter na tarefa de disseminação do conhecimento científico. A análise dessa iniciativa evidenciou a importância de que pesquisadores de destaque, nas áreas do conhecimento em que atuam, dedicando parte de seu tempo à divulgação científica. Além de contribuir para esclarecer a sociedade sobre a relevância da ciência e atrair a atenção do público leigo para os temas



abordados, tais esforços eventualmente também podem inspirar os jovens a considerarem carreiras na pesquisa em suas áreas de interesse profissional.

A pesquisa realizada revelou também o potencial educacional no trabalho com a Teoria da Relatividade, sobretudo para incentivar a curiosidade e o engajamento em áreas das ciências exatas. Além disso, destacou as perspectivas positivas para que professores trabalhem o tema relacionando conhecimentos científicos e históricos, bem como incorporando elementos da cultura popular, como filmes e documentários que possam fornecer aos alunos referências mais concretas para a compreensão de conceitos abstratos.

Portanto, a realização de webconferências como forma de divulgação científica pode desempenhar um papel crucial ao aproximar a ciência de um público que frequentemente está ávido por conhecimentos científicos, mas sem poder acessá-los por diversos motivos. Elas contribuem para a democratização do acesso à educação científica, fortalecem as conexões entre a academia e a sociedade e podem ser usadas por professores que queiram trabalhar os mais diversos temas científicos junto aos seus alunos.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Profa. Dra. Fabiana Botelho Kneubil, pela realização da webconferência que é o foco da investigação desenvolvida neste artigo. Agradecemos ao IFSP pelo fomento concedido a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Ricardo. Cem anos da Relatividade Geral. **Revista Unesp Ciência**, n. 62, p.22-27, 2015. Disponível em: <<https://www.ictp-saifr.org/cem-anos-da-relatividade-geral/>>. Acesso em: 16 set. 2023.

ALMEIDA, Maria Rita Fialho de; PEREIRA, Filomena Alves; RIBEIRO, Helena Maria; MEDEIROS, Jéssica Marinho; SOUZA, Rosimar Rodrigues. Conectando saberes: a educação ampliada por mídias digitais e linguagem visual. **Revista Amor Mundi**, v. 4, n. 6, p. 67-77, 2023. Disponível em: <<https://journal.editorametrics.com.br/index.php/amormundi/article/view/273>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ANGOTTI, José André Peres; CALDAS, Iberê Luiz; DELIZOICOV NETO, Demétrio; RÜDINGER, Erik; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. Teaching Relativity with a different philosophy. **American Journal of Physics**, v. 46, n. 12, p. 1258-1262, 1978.

- BARRETO, Márcio. **Física – Einstein para o ensino médio**: Uma leitura interdisciplinar. Campinas, SP: Papirus, 2009.
- BEISER, Arthur. **Conceptos de Física Moderna**. México: McGraw-Hill, 1977.
- CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física Moderna**: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- CASTELLANI, Otávio Cesar. Discussão dos Conceitos de Massa Inercial e Massa Gravitacional. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 356-359, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/qNW57LLv44WdN8zsWLhzBbQ/?lang=pt>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- CLEMENT, Luiz; CUSTÓDIO, José Francisco; ALVES FILHO, José de Pinho. A Qualidade da Motivação em Estudantes de Física do Ensino Médio. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 84-95, 2014. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273331433006>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- CHABAY, Ruth W.; SHERWOOD, Bruce W. **Física Básica**: Mecânica Moderna (volume I). Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- COSTA, Douglas Fernandes da; DUARTE, Nataly da Silva; CARVALHO, Juliana Barros; COSTA E SILVA, Janaína; MIGUEL, Damiana Maria de Moraes. Importância do uso de vídeos como ferramenta didática durante o ensino remoto. **Anais do VIII Encontro Nacional das Licenciaturas (ENALIC)**, 2021. Disponível em: <[https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enalic/2021/TRABALHO\\_EV163\\_MD3\\_SA101\\_ID498\\_22102021142154.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enalic/2021/TRABALHO_EV163_MD3_SA101_ID498_22102021142154.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- COX, Brian; FORSHAW, Jeff. **Why does  $E=mc^2$ ?** (And why should we care?). Cambridge, U.S.A.: Da Capo Press, 2009.
- DAHMEN, Sílvio R. **Relatividade Geral**: Teoria e Aplicações. Porto Alegre, RS: Instituto de Física da UFRGS, 2022. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~dahmen/DahmenRelatividadeGeral.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- D'INVERNO, Ray; VICKERS, James. **Introducing Einstein's Relativity**: A deeper understanding. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 2021.
- EINSTEIN, Albert. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1980.
- EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física Quântica**: Átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. Rio de Janeiro: LTC, 1988.
- EPSTEIN, Lewis Carroll. **Relativity Visualized**. San Francisco, U.S.A.: Insight Press, 1985.
- FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; ARAÚJO, Israel Marinho; MENESES, Margarida Irene da Rocha de; SACERDOTE, Helena Célia de Souza. Pontes conceituais: uma sequência didática para o Eletromagnetismo no Ensino Médio como proposta de introdução à Física

Revista Conexão na Amazônia v. 5, n. 2, Ano, 2024

Moderna. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 119–137, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/28862>>. Acesso em: 16 set. 2023.

GIBILISCO, Stan. **Understanding Einstein's Theories of Relativity: Man's New Perspective on the Cosmos**. New York, U.S.A.: Dover Publications Inc., 1983.

GOTO, Mario. **Introdução à Teoria da Relatividade**. Curitiba, PR: Appris Editora, 2020.

GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José Cláudio. Teoria da Relatividade Restrita e Geral no programa de Mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575–583, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xTzQFbkM9ky7B86zs7GZBzt/?format=html#>>. Acesso em: 16 set. 2023.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna (volume 4)**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

HENDERSON, Linda Dalrymple. **The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2013.

HENRIQUES, Alfredo Barbosa. **Teoria da Relatividade Geral: Uma introdução**. Lisboa, Portugal: IST Press, 2015.

HEWITT, Paul. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

IBGE. **Conheça o Brasil – População: Cor ou Raça**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18319-cor-ou-raca.html>>. Acesso em: 16 set. 2023.

IUPAP. **The Importance of Physics to Society**. International Union of Pure and Applied Physics – IUPAP, 1999. Disponível em: <[https://iupap.triumf.ca/C12/IUPAP\\_AIMS.html#:~:text=Physics%20contributes%20to%20the%20technological,other%20physical%20and%20biomedical%20sciences.](https://iupap.triumf.ca/C12/IUPAP_AIMS.html#:~:text=Physics%20contributes%20to%20the%20technological,other%20physical%20and%20biomedical%20sciences.)>. Acesso em: 16 set. 2023.

JÓFILI, Zélia. Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola. **Educação: Teorias e Práticas**, ano 2, n. 2, p. 191-208, 2002. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7560/7560.PDF>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

KELLER, Frederick J.; GETTYS, W. Edward; SKOVE, Malcolm J. **Física: Volume 2**. São Paulo: Makron Books, 1999.

KNEUBIL, Fabiana Botelho. **E=mc<sup>2</sup> e o mundo da matéria**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.

KOKUBUN, Fernando. **O Elevador de Einstein em uma garrafa de água**. Centro de Referência para o Ensino de Física, Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=o-elevador-de-einstein-em-uma-garrafa-de-agua>>. Acesso em: 16 set. 2021.



- LILLEY, Sam. **Discovering Relativity for yourself**. New York, U.S.A.: Cambridge University Press, 1981.
- LIMA, Fernanda Barboza de. Ensino remoto em tempos de Covid-19: percepções de alunos do curso de Letras. **Palimpsesto**, v. 19, n. 34, p. 60-78, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.12957/palimpsesto.2020.54136>>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- MARTINS, Roberto de Andrade. **O universo**: teorias sobre sua origem e evolução. São Paulo: Moderna, 1994.
- MATSAS, George. Relatividade Geral. **Revista USP**, n. 66, p. 22-29, 2005. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13428>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- MIRANDA, Kacia Kyssy Câmara de Oliveira; LIMA, Alzenir da Silva; OLIVEIRA, Valeska Crysleine Machado de; TELLES, Cinthia Beatrice da Silva. Aulas remotas em tempo de pandemia: Desafios e percepções de professores e alunos. **Anais do VII Congresso Nacional de Educação (CONEDU)**, 2020. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/68086>>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- NEVES, Relatividade bem comportada: buracos negros regulares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, p. e3303, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/9fZDDKLCxrrDN5Tp6bN8Zgp/?lang=pt#>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- NOVELLO, Mário. **O que é cosmologia?** A revolução do pensamento cosmológico. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.
- OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste dos Santos Freire. Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 83-102, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6440>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- PERKOWITZ, Sidney. Relativity. **Encyclopaedia Britannica**. 2023. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/relativity>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- PIATELLA, Oliver Fabio. Introdução à Relatividade Geral. **Cadernos de Astronomia**, v. 1, n. 1, p. 30-39, 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/343388303\\_Introducao\\_a\\_relatividade\\_e\\_geral](https://www.researchgate.net/publication/343388303_Introducao_a_relatividade_e_geral)>. Acesso em: 16 set. 2023.
- POSNER, George J.; STRIKE, Kenneth A.; HEWSON, Peter W.; GERTZOG, William A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.3730660207>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- PRADO, Xabier; DOMÍNGUEZ, José Manuel; AREA, Iván; EDELSTEIN, José; MIRA, Jorge; PAREDES, Ángel. **Learning and teaching Einstein's Theory of Special Relativity**: State of the Art. ArXiv, 2020. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2012.15149>>. Acesso em: 16 set. 2023.



RAPOSO, Washington Luiz; REIS, José Claudio. A cultura da quarta dimensão no final do século XIX e início do século XX: um conceito para além do espaço-tempo de Einstein-Minkowski. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 494-530, 2020. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n2p494>>. Acesso em: 16 set. 2023.

RENN, Jürgen. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 27–36, 2005. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rbef/a/KpdmhFh7HFfNFTqmnBR6WFD/#>>. Acesso em: 16 set. 2023.

RESNICK, Robert. **Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad**. México: Editorial Limusa, 1977.

RODRIGUES, Ellen Nogueira. As percepções dos professores e alunos no contexto da pandemia de covid-19: uma revisão de literatura. In: LACERDA, Tiago Eurico de; GRECO JUNIOR, Raul. **Educação remota em tempos de pandemia: ensinar, aprender e ressignificar a educação**. Curitiba, RP: Editora Bagai, 2021. Disponível em: <<https://editorabagai.com.br/product/educacao-remota-em-tempos-de-pandemia-ensinar-aprender-e-ressignificar-a-educacao/>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SANTOS, Marcielio Alves dos; ARAÚJO, Jefferson Flora Santos de. Uso das ferramentas pedagógicas e tecnológicas no contexto das aulas remotas. **Revista Educação Pública**, v. 21, n. 17, 11 de maio de 2021. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/17/uso-das-ferramentas-pedagogicas-e-tecnologicas-no-contexto-das-aulas-remotas>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. **Princípios de Física: Mecânica Clássica e Relatividade (volume 1)**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

SILVA, Ana Carolina Oliveira; SOUSA, Shirliane de Araújo; MENEZES, Jones Baroni Ferreira de. O ensino remoto na percepção discente: desafios e benefícios. **Dialogia**, n. 36, p. 298–315, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/dialogia/article/view/18383>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SILVA, Michele Conceição da; MOREIRA, Vinícius da Silva; GAMBARATO, Vivian Toledo Santos; NAGAO, Marco Antonio. Implantação e utilização do ensino remoto: vantagens e desvantagens. **Anais da 10ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC Botucatu**, 2021. Disponível em:

<<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/XJTC/XJTC/paper/viewFile/2610/3053>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SKINNER, Ray. **Relativity for Scientists and Engineers**. New York, U.S.A.: Dover Publications, 1982.

SOUZA, Mayara Medaglia Leães; SOUZA, Paulo Sérgio Souza de; RAMOS, Maurivan Güntzel. O interesse dos alunos em aprender ciências e matemática na escola. **CCNEXT - Revista de Extensão**, Santa Maria, v.3, Ed. Especial, p. 1015-1021, 2016. Disponível em:

<[https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/12090/2/O\\_interesse\\_dos\\_](https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/12090/2/O_interesse_dos_)

alunos\_em\_aprender\_ciencias\_e\_matematica\_na\_escola.pdf>. Acesso em: 16 set. 2023.

STACHEL, John. **O ano miraculoso de Einstein**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2008.

SUTTER, Paul. Why Relativity's True: The Evidence for Einstein's Theory. **Space.com**, 2018. Disponível em: <<https://www.space.com/41020-putting-relativity-to-the-test.html>>. Acesso em: 16 set. 2023.

TAYLOR, Edwin F.; WHEELER, John Archibald. **Spacetime Physics: Introduction to Special Relativity**. New York, U.S.A.: W. H. Freeman and Company, 1992.

TIPLER, Paul; LLEWELLYN, Ralph. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

TIRONI, Cristiano Rodolfo; SCHMIT, Eduardo; SCHUHMACHER, Vera Rejane Niedersberg; SCHUHMACHER, Elcio. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Águas de Lindóia, SP, 2013. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/303247292\\_A\\_Aprendizagem\\_Significativa\\_no\\_Ensino\\_de\\_Fisica\\_Moderna\\_e\\_Contemporanea](https://www.researchgate.net/publication/303247292_A_Aprendizagem_Significativa_no_Ensino_de_Fisica_Moderna_e_Contemporanea)>. Acesso em: 16 set.2023.

VITTI, Poliana; BORGES, Marcos Augusto Francisco. Desafio Jovem Engenheiro: um torneio para incentivar o ingresso de estudantes de nível médio em carreiras de exatas. **Anais do XXIV Workshop sobre Educação em Computação**, Porto Alegre, p. 20565-2065, 2016. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/9649>>. Acesso em: 16 set. 2023.