



O FILME INTERESTELAR COMO RECURSO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM EM ASTRONOMIA

Edvan Gomes da Silva Bandeira¹

Marilha Aparecida Cruz Cunha²

Adriano José Ortiz³

Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior⁴

RESUMO: O filme Interestelar (2014) é uma obra relevante da ficção científica que combina entretenimento com conceitos científicos, tornando-se um recurso para discutir Astronomia e Física. Este trabalho visa analisar os conceitos científicos representados no filme, como buracos negros, dilatação temporal, viagens interestelares e a busca por exoplanetas habitáveis, relacionando-os aos conteúdos previstos na Base Nacional Comum Curricular. A pesquisa, de natureza qualitativa e abordagem documental, compreende o filme como um documento cultural. O artigo foi constituído a partir da seleção e análise de cenas que retratam fenômenos físicos, como a dilatação temporal no planeta Miller, a travessia da nave Endurance pelo buraco de minhoca e a representação do buraco negro Gargântua, confrontando essas passagens com referenciais teóricos da Física Moderna. Este procedimento seguiu as etapas propostas por Bardin. Os resultados apontam que o uso de trechos selecionados do filme favorece a contextualização dos conceitos científicos em sala de aula, tornando o ensino de Astronomia mais dinâmico, visual e contextualizado, além de despertar o interesse dos estudantes pela Ciência.

PALAVRAS-CHAVE: Dilatação Temporal; Viagens interestelares; Exoplanetas; Ensino de Física.

¹Universidade Estadual de Maringá - UEM- Maringá-PR. E-mail: edvan-bandeira@hotmail.com

²Universidade Estadual de Maringá - UEM- Maringá-PR. E-mail: marilhagicruz@gmail.com

³Instituto Federal do Paraná, Campus Ivaiporã-PR. E-mail: adriano.ortiz@ifpr.edu.br

⁴Universidade Estadual de Maringá - UEM - Maringá-PR. E-mail: caomjunior@uem.br

EL CINE INTERESTELAR COMO RECURSO DOCENTE- PEDAGÓGICO PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE EN ASTRONOMÍA

RESUMEN: La película *Interestelar* (2014) es una obra relevante de la ciencia ficción que combina entretenimiento con conceptos científicos, convirtiéndolo en un recurso valioso para abordar temas de Astronomía y Física. Este trabajo tiene como objetivo analizar los conceptos científicos representados en la película —como los agujeros negros, la dilatación temporal, los viajes interestelares y la búsqueda de exoplanetas habitables— relacionándolos con los contenidos establecidos en la Base Nacional Común Curricular (BNCC) de Brasil. La investigación, de naturaleza cualitativa y con un enfoque documental, considera la película como un documento cultural. El artículo se desarrolló a partir de la selección y análisis de escenas que representan fenómenos físicos, como la dilatación temporal en el planeta Miller, el paso de la nave *Endurance* a través de un agujero de gusano y la representación del agujero negro Gargantúa, contrastando dichas escenas con referentes teóricos de la Física Moderna. El procedimiento siguió las etapas propuestas por Bardin. Los resultados indican que el uso de fragmentos seleccionados de la película favorece la contextualización de los conceptos científicos en el aula, haciendo que la enseñanza de la Astronomía sea más dinámica, visual y contextualizada, además de despertar el interés de los estudiantes por la Ciencia.

PALABRAS CLAVE: Dilatación Temporal; viajes interestelares; Exoplanetas; Enseñanza de la Física.

THE INTERESTELAR FILM AS A TEACHING-PEDAGOGICAL RESOURCE FOR TEACHING AND LEARNING IN ASTRONOMY

ABSTRACT: The film *Interstellar* (2014) is a relevant work of science fiction that combines entertainment with scientific concepts, making it a valuable resource for discussing Astronomy and Physics. This study aims to analyze the scientific concepts represented in the film, such as black holes, time dilation, interstellar travel, and the search for habitable exoplanets—relating them to the contents outlined in Brazil's National Common Curricular Base (BNCC). The research, qualitative in nature and employing a documentary approach, regards the film as a cultural document. The article was developed through the selection and analysis of scenes depicting physical phenomena, such as time dilation on Miller's planet, the traversal of the *Endurance* spacecraft through a wormhole, and the representation of the black hole Gargantua, confronting these scenes with theoretical frameworks from Modern Physics. The procedure followed the stages proposed by Bardin. The results indicate that using selected excerpts from the film enhances the contextualization of scientific concepts in the classroom, making the teaching of Astronomy more dynamic, visual, and contextualized, while also stimulating students' interest in Science.

KEYWORDS: Temporal Dilation; Interstellar travel; Exoplanets. Teaching Physics.

1. INTRODUÇÃO

O filme *Interestelar*, lançado em 2014, foi dirigido por Christopher Nolan e combina elementos de ficção científica e drama, com uma duração de 2 horas e 49 minutos. Matthew McConaughey, Anne Hathaway, Michael Caine, Mackenzie Foy e Ellen Burstyn estão entre os protagonistas da história *Interestelar* (2014).

A participação do físico Kip Thorne na produção do filme ganha credibilidade à obra, pois ele é um renomado cientista americano, que recebeu o Prêmio Nobel de Física em 2017 por sua contribuição ao projeto *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory* (LIGO) e pela primeira detecção direta de ondas gravitacionais (Gregersen, 2023).

Ghizoni e Neves (2018, p. 289) ressaltam que “a presença do físico Kip Thorne na criação e produção do filme foi de extrema importância para a ciência relativística retratada em *Interstellar*”. Conforme os autores, o Cinema e a Física sempre despertaram a atenção do público e da comunidade acadêmica. Esse interesse começou no século XX, com o lançamento, em 1902, do primeiro filme de ficção científica: *Le Voyage dans la Lune*, Figura 1. O filme, com cerca de 16 minutos de duração, mudo e em preto e branco, disponível na plataforma YouTube, narra a história de um grupo de cientistas que constrói um projétil e viaja até a Lua, onde se deparam com seres extraterrestres. Após serem capturados, conseguem escapar e retornam à Terra, caindo no oceano. Resgatados no mar, são recebidos como heróis.

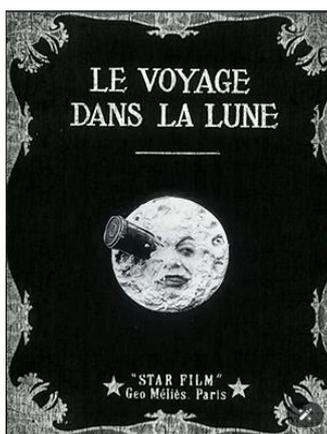


Figura 1. Filme *Le Voyage dans la Lune*.

Fonte: <https://www.festival-cannes.com/f/le-voyage-dans-la-lune/>

No que tange o filme *Interestelar* (2014) retrata um cenário em que a espécie humana está à beira da extinção devido à crise ambiental. Cooper, um ex-piloto da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), é recrutado para liderar uma missão espacial por meio de um buraco de minhoca, localizado perto de Saturno, em busca de um novo planeta habitável para a humanidade. Durante a jornada, a equipe de exploradores enfrenta dificuldades relacionadas à relatividade do tempo, enquanto realiza descobertas científicas que desafiam a compreensão humana.

A obra utiliza conceitos de Física Moderna, incluindo a teoria da relatividade de Einstein, para retratar viagens espaciais em relação ao tempo e ao espaço. Para Ghizoni e Neves (2018, p. 293), este filme é “recheado de conceitos físicos e científicos através das cenas, incluindo fenômenos e eventos relativísticos como buracos negros, buracos de minhoca (wormholes), viagem no tempo e afins” (*Interestelar*, 2014).

Nesse sentido, a abordagem de temas como astrofísica e astronomia, amplamente explorados no filme, também se destaca no ensino de Ciências e Física. Vieira e Batista (2022, p. 01) apontam que “[...] os conteúdos mais discutidos no Ensino Médio são aqueles ligados à astrofísica, seguidos por astronomia’. No entanto, muitos desses assuntos são discutidos em Ciências por professores que não têm formação específica para esse ensino (Bandeira *et al.*, 2024). Isso demonstra a importância de discussões científicas sobre essa temática.

No âmbito do ensino de Física, a temática é abordada pela Base Nacional Comum Curricular –BNCC (Brasil, 2018), na Unidade Curricular - Terra e Universo: Formação e Evolução. De acordo com Lima Júnior *et al.* (2017), nesta unidade curricular são discutidos temas como a gravitação universal, os movimentos dos corpos celestes, o surgimento das forças contemporâneas do Universo, as galáxias, as estrelas, os modelos cosmológicos da antiguidade, o funcionamento e a evolução das estrelas, a formação do nosso Sistema Solar, as condições habitáveis e o surgimento da vida em partes do Universo.

Ortiz *et al.* (2019), Ferreira e Cajueiro (2023) defendem que, apesar de a Astronomia ser prevista na BNCC, ainda existem desafios em sala de aula para que os alunos aprendam sobre esses assuntos. Em sua análise, os autores detectaram aulas conteudistas e expositivas, com o livro didático sendo o principal material utilizado. Essa realidade evidencia a necessidade de pensar em outros recursos metodológicos.

Moreira (2020) afirma que o Ensino de Física permanece focado na aprendizagem mecânica e na preparação para os vestibulares, dificultando consequentemente a aprendizagem significativa. Conforme o pesquisador, o ensino deve ser mais pautado em conceitos do que em fórmulas, haja vista que aprender física não se resume a decorar fórmulas e resolver problemas. O autor ainda explica que ensinar e aprender Física pressupõe na aplicação de diferentes metodologias pedagógicas que vão desde contextualizações até práticas experimentais, promovendo uma aprendizagem baseada no diálogo e no pensamento crítico.

Diante disso, o presente trabalho visa analisar o filme *Interestelar* (2014) como um recurso didático para o ensino de Física e Astronomia, ao destacar a relação entre os conceitos científicos abordados na obra e os conteúdos previstos na BNCC (Brasil, 2018). A partir de uma abordagem qualitativa e documental, busca-se discutir como a contextualização de temas como buracos negros, dilatação temporal e busca por exoplanetas pode tornar as aulas mais dinâmicas e atrativas, contribuindo para uma aprendizagem significativa e para o despertar do interesse dos alunos pela Ciência.

2. METODOLOGIA

Conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Física integra a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essa área procura promover a compreensão dos fenômenos naturais, dos princípios científicos e das tecnologias associadas, estimulando o pensamento crítico, a resolução de problemas e a capacidade de interpretar o mundo com base em evidências e modelos científicos (BRASIL, 2018).

Nesse sentido, o ensino de Física, inserido no campo das Ciências da Natureza, pode utilizar recursos didáticos diversificados que aproximem os estudantes dos fenômenos científicos de forma contextualizada e dinâmica. Entre esses recursos, destaca-se o cinema como potencial instrumento de mediação entre ciência e cultura.

Este estudo, de natureza qualitativa e abordagem documental, considera o filme como um documento cultural capaz de expressar e mediar conceitos científicos. Segundo Fontana e Pereira (2023), essa técnica contribui para o entendimento de fenômenos científicos ao utilizar produções cinematográficas como objeto de análise, neste caso, o filme *Interestelar* (2014). Para embasar a análise das cenas e dos conceitos apresentados, realizou-se uma busca bibliográfica nas bases *SciELO*, *Google Scholar* e Portal de Periódicos da CAPES.

Diante disso, na ótica de Fontana e Pereira (2023, p. 49), esse tipo de pesquisa "[...] tem como proposta a produção de conhecimentos, sendo assim, ela se apresenta como uma opção para o entendimento de fenômenos pesquisados (sejam eles sociais e/ou naturais)". Contudo, essa metodologia requer inúmeras ações para estabelecer a validade, confiabilidade e originalidade das fontes. Cabe lembrar que, antes mesmo de assistir ao filme, já se sabia que este havia sido escrito em colaboração com um físico. Assim, não se tratou de uma descoberta ao acaso.

A pesquisa seguiu as três etapas propostas por Bardin (2016, p. 125) para a Análise de Conteúdo, que “se organiza em torno de três polos cronológicos”: a pré-análise, que consiste na organização e leitura inicial dos dados para a familiarização com o material; a segunda etapa, a exploração do material, na qual ocorre a categorização das informações conforme critérios definidos; e, por fim, a terceira etapa, o tratamento dos resultados, destinada à análise e interpretação dos dados, buscando identificar significados e construir inferências que sustentem a compreensão do fenômeno investigado.

Na pré-análise, buscou-se a escolha do filme *Interestelar* (2014). Na organização do material, foi necessário assistir ao filme, identificando assuntos passíveis de discussão científica. Em seguida, foram pesquisados, na literatura teórica, trabalhos em Astronomia, como os de Vieira e Batista (2022), Côrtes, Freixo e Barreto (2022), Ferreira e Cajueiro (2023), Ghizoni e Neves (2018).

Posteriormente, foram investigados conceitos como buracos negros e singularidades; dilatação temporal e relatividade geral; viagens interestelares e propulsão; exoplanetas habitáveis e a busca por novas “Terras”. Em seguida, esses dados foram organizados e interpretados (Fontana; Pereira, 2023, p. 51).

Já na fase de tratamento dos dados, as ideias foram sistematizadas, conectando as reflexões ao conteúdo do filme e seguindo as indicações de que o pesquisador deve almejar quatro objetivos para controlar a qualidade dos documentos utilizados em suas atividades analítico-investigativas: 1) autenticidade dos documentos; 2) credibilidade dos documentos; 3) representatividade dos documentos; e 4) significado derivado dos documentos (Fontana; Pereira, 2023).

Além disso, o estudo foi desenvolvido em consonância com as habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, especificamente:

(EM13CNT204) – Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema

Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, como softwares de simulação e de realidade virtual (BRASIL, 2018, p. 557).

(EM13CNT303) – Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões (BRASIL, 2018, p. 559).

Essas habilidades orientaram a seleção e a análise das cenas, bem como a articulação entre os conceitos científicos e as representações cinematográficas, de modo a favorecer o desenvolvimento de competências relacionadas à leitura crítica da ciência e ao uso de tecnologias digitais no processo de Ensino e Aprendizagem.

Com base nesse procedimento, optou-se por discutir:

- A representação visual do buraco negro Gargântua: análise da cena do planeta Miller, onde ocorre a dilatação temporal, permitindo discutir os efeitos da gravidade extrema sobre o tempo e a plausibilidade científica dessa representação.
- A cena da nave Endurance atravessando o wormhole (buraco de minhoca): comparação com a teoria científica, destacando os acertos e as licenças poéticas presentes.
- As cenas dos planetas Miller, Mann e Edmunds: abordagem das características e da plausibilidade científica desses ambientes, buscando identificar os desafios de sobrevivência em ambientes extremos, como no planeta congelado de Mann.

Dessa forma, este estudo busca contribuir para a reflexão sobre o uso do cinema na educação científica, evidenciando como a ficção pode servir como uma ponte entre o conhecimento científico e o interesse dos estudantes, tornando o aprendizado mais dinâmico e contextualizado.

3. REVISÃO TEÓRICA

Côrtes, Freixo e Barreto (2022), argumentam que para entender melhor um assunto proposto é necessário entender a teoria, estabelecendo relações com o imaginário e o real. Por isso, nesta seção, são abordados os conceitos relacionados à Relatividade espacial e Relatividade Geral, incluindo buracos negros, singularidades, horizonte de eventos e buracos de minhoca. Além disso,

discute-se a representação desses fenômenos no filme *Interestelar* (2014), analisando sua relevância para o ensino de Física e Astronomia.

A teoria da relatividade, segundo May (2021), divide-se em duas partes: a relatividade especial/restrita e a relatividade geral. A relatividade especial é aplicada na análise dos movimentos de objetos no espaço-tempo, em velocidades constantes próximas à da luz, considerando a ausência de gravidade. Nesse contexto, o espaço e o tempo deixam de ser grandezas absolutas (Freitas; Gomes, 2019).

Para isso, parte-se do princípio de que as leis físicas são as mesmas em todos os referenciais inerciais (isto é, aqueles que se movem a velocidades constantes) e de que a velocidade da luz no vácuo é constante (uma constante absoluta), sendo independente do observador. Em termos conceituais, um referencial inercial é um sistema de referência em que um corpo livre, ou seja, que não sofre ação de forças externas, permanece em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. Esse tipo de referencial é essencial para o entendimento da relatividade especial, pois é nele que as leis da física clássica (como as de Newton) e as da teoria de Einstein podem ser comparadas e reinterpretadas.

Quando um observador está em um referencial inercial, ele mede o tempo, o espaço e a velocidade dos corpos de forma consistente, o que permite investigar como essas medidas variam quando comparadas a outros referenciais que se movem a velocidades diferentes. Na relatividade geral, esse conceito é expandido para incluir referenciais acelerados, o que possibilita compreender a gravitação como curvatura do espaço-tempo. Essa característica rompe com a ideia de simultaneidade, uma noção antes aceita na física clássica (como na teoria de Galileu), segundo a qual eventos distantes poderiam ser considerados simultâneos.

A partir dessa descoberta, os cientistas compreenderam que o tempo e o espaço não são grandezas absolutas, mas variam conforme o movimento do observador. Um dos efeitos previstos por Einstein é a dilatação temporal, fenômeno em que o tempo passa mais lentamente para um corpo em movimento muito rápido quando comparado ao tempo medido por um observador em repouso.

Por exemplo, se uma nave espacial viajar a uma velocidade próxima à da luz, o relógio a bordo dessa nave registra a passagem do tempo mais devagar em relação a um relógio idêntico mantido na Terra. Assim, ao retornar, o astronauta terá envelhecido menos do que as pessoas que permaneceram em nosso planeta.

Outro efeito igualmente importante é a contração do comprimento. Esse

fenômeno indica que um objeto em movimento a velocidades relativísticas aparenta ser menor na direção do movimento quando observado de fora. Em outras palavras, se essa mesma nave for observada da Terra enquanto viaja em alta velocidade, ela parecerá encurtada no sentido do deslocamento, embora os tripulantes não percebam essa mudança. Além disso, é possível calcular a proporção entre massa e energia por meio da famosa equação 1 (Freitas; Gomes, 2019).

$$E = mc^2 \quad (1)$$

Na equação apresentada, $E = m c^2$, E representa a energia total de um corpo, expressa em joules (**J**); m corresponde à massa do corpo, medida em quilogramas (**kg**); e c é a velocidade da luz no vácuo, uma constante universal com valor aproximado de $3,0 \times 10^8$ m/s. Essa relação evidencia que a matéria e a energia são proporcionais à massa multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz. Essa equivalência, proposta por Einstein, é fundamental para compreender fenômenos de altas energias, como reações nucleares e processos astrofísicos.

Como a velocidade da luz é uma constante finita (e também a máxima possível no universo), nenhum objeto ou informação pode viajar mais rápido do que a luz. Isso implica que, caso um evento ocorra em um local distante, os observadores próximos a esse evento o perceberão antes daqueles que estão mais afastados. Ou seja, a distância entre o observador e o evento influencia diretamente na percepção de sua ocorrência.

Na mecânica clássica, por exemplo, um metro era um metro em qualquer local, e uma hora sempre equivalia a 60 segundos, independentemente da posição do observador. Entretanto, de acordo com Freitas e Gomes (2017), na relatividade especial ou restrita o referencial inercial influencia as medições: tudo passa a depender do ponto de vista do observador, tornando o tempo e o espaço relativos, enquanto a velocidade da luz permanece constante.

De acordo com Freitas e Gomes (2019, p. 3), a relatividade da simultaneidade explica que, para diferentes referenciais inerciais (S e S'): “Eventos simultâneos em um referencial inercial S não o serão em outro referencial inercial S' em movimento relativo.” Em outras palavras, essa previsão indica que relógios sincronizados no referencial S não demonstram sincronismo para observadores no referencial S' , e o oposto também é verdadeiro. Assim, uma pessoa localizada em um determinado referencial inercial pode olhar para o seu relógio e observar que se passaram 10 horas, enquanto outra, em um local diferente, pode perceber que apenas 1 hora se passou. Ou seja, a percepção do tempo depende do referencial e da posição do

observador.

Essa diferença se torna ainda mais evidente para um observador que está se movendo a velocidades próximas à da luz, pois ele experimentará o tempo de maneira distinta. Além disso, na relatividade geral, não apenas o tempo é relativo, mas também as dimensões dos objetos. Um observador pode medir um objeto como tendo 10 centímetros, enquanto outro, dependendo do lugar e do referencial, pode perceber esse mesmo objeto com 12 centímetros, por exemplo.

Portanto, conclui-se que em alguns casos, o tempo pode parecer passar mais devagar (fenômeno conhecido como dilatação do tempo). Já em relação à medição do espaço, um objeto pode parecer menor para um observador parado em comparação com outro que está em movimento a velocidades próximas à da luz. De forma geral, objetos que se movem a velocidades próximas à da luz apresentam alterações observáveis tanto no tempo quanto no espaço (May, 2021).

Já a relatividade geral é uma ampliação da teoria da relatividade especial incluindo a ação da gravidade e considerando referenciais acelerados. Nesse contexto, a gravidade é descrita como a curvatura do espaço-tempo causada pela presença de energia. Diferente da física clássica, onde a gravidade era interpretada como uma força que atuava sobre um objeto. Na relatividade geral, ela é o resultado da deformação do espaço-tempo pela presença de corpos massivos (May, 2021).

Se um objeto for lançado em queda livre, ele seguirá o caminho mais curto possível no espaço-tempo. Com base nessa teoria, possibilita-se prever fenômenos como a curvatura da luz por grandes massas. Também se pode observar que o tempo passa mais devagar em campos gravitacionais mais intensos (fenômeno da dilatação temporal gravitacional), além de explicar a existência de buracos negros e a propagação de ondas gravitacionais.

Na perspectiva de Neves (2017), a teoria da relatividade proposta por Einstein previa a existência de buracos negros e também contribuiu para a detecção de ondas gravitacionais durante a colisão de dois buracos negros. Usando as equações de Einstein, Karl Schwarzschild descreveu como um corpo astrofísico compacto, em que o campo gravitacional gerado por sua massa dificulta a passagem de luz para fora. Dessa forma, surge o conceito de buraco negro, em que nem objetos que tenham a velocidade da luz são capazes de escapar.

A solução proposta por Karl Schwarzschild descreve um corpo astrofísico esfericamente simétrico, dotado apenas de massa, sem rotação e sem

carga elétrica. Trata-se da forma mais simples de buraco negro, que resulta diretamente das equações de campo de Einstein e serve como base para compreender os efeitos gravitacionais extremos no espaço-tempo. Posteriormente, surgiram generalizações dessas soluções: a solução de Kerr, que representa buracos negros rotativos, e a solução de Reissner–Nordström, que inclui corpos com carga elétrica. Essas variações permitem modelar diferentes tipos de buracos negros reais e demonstram como o campo gravitacional se deforma consoante a presença de rotação e carga (Neves, 2017).

O conceito de buraco de minhoca é descrito por Souza e Silva (2012) como uma possível alternativa às equações de Einstein, descrevendo uma largura mínima (garganta) que liga duas regiões remotas do espaço-tempo. A princípio, o buraco de minhoca serviria como um atalho para viagens interestelares, reduzindo o tempo da viagem. Essa característica representa que o buraco de minhoca constitui uma alteração topológica no espaço-tempo, ligando duas regiões distantes por uma garganta.

No filme *Interestelar* (2014), a representação do buraco negro Gargântua, criado com a consultoria do físico Kip Thorne, se aplica em uma cena em que o astronauta Romilly explica a Cooper o conceito de buraco de minhoca. Para isso, ele utiliza uma folha de papel dobrada e perfura suas extremidades com uma caneta, ilustrando como a distorção do espaço-tempo pode conectar dois pontos distantes do universo, encurtando significativamente o tempo de viagem interestelar, como se pode observar na Figura 2.



Figura 2. Romilly ilustrando o conceito de buraco de minhoca ao perfurar uma folha de papel dobrada com uma caneta. Fonte: *Interstellar*, 2014. Port. 58 min.

A cena da folha de papel dobrada e perfurada, utilizada por Romilly para explicar o conceito de buraco de minhoca, representa um excelente exemplo de como uma demonstração simples pode transmitir ideias altamente complexas da Física Moderna. Mesmo sem o uso de aparatos tecnológicos sofisticados, o

experimento permite ao espectador compreender visualmente a noção de distorção do espaço-tempo, tornando-se uma estratégia didática replicável em sala de aula.

Côrtes, Freixo e Barreto (2022) defendem que esse tipo de abordagem, que alia imaginação e visualização concreta, favorece a compreensão de conceitos abstratos e pode ser adaptada ao ensino de Ciências, especialmente quando associada à linguagem cinematográfica. Nesse sentido, o cinema é compreendido aqui como tecnologia cultural e pedagógica, capaz de potencializar o diálogo entre arte, ciência e educação. O filme *Interestelar* (2014), ao integrar consultoria científica e narrativa visual, exemplifica como recursos midiáticos podem complementar experiências educativas, estimulando a curiosidade e o pensamento científico.

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reconhece a importância da Astronomia para o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes. Conforme Ortiz *et al.* (2019, p. 80), esse conteúdo está presente “nos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, na unidade temática Terra e Universo, e no Ensino Médio, na competência específica 2 do eixo Ciências da Natureza e suas Tecnologias”. Essa diretriz evidencia que a compreensão de fenômenos astronômicos e cosmológicos, como a formação das estrelas, a gravitação e a estrutura do Universo, constitui parte essencial da formação científica básica.

Nesse contexto, torna-se pertinente abordar conceitos da Física Moderna, especialmente aqueles relacionados à Teoria da Relatividade e aos buracos negros, que estão entre os temas mais fascinantes e desafiadores da Astronomia contemporânea. De acordo com Neves (2017), a teoria proposta por Albert Einstein não apenas previu a existência dos buracos negros, mas também serviu de base para compreender fenômenos posteriormente observados, como as ondas gravitacionais geradas pela colisão desses objetos. A partir das equações de campo de Einstein, o físico Karl Schwarzschild desenvolveu a primeira solução exata para descrever o espaço-tempo em torno de um corpo extremamente massivo e compacto. Nessa configuração, a gravidade é tão intensa que nem mesmo a luz consegue escapar, originando o conceito de buraco negro.

3.1. Dilatação Temporal e Relatividade Geral

Conforme May (2021), a dilatação temporal refere-se à desaceleração do tempo compreendida por um observador em relação a outro, resultante do movimento relativo ou da influência de um campo gravitacional. Esse fenômeno, previsto pela teoria da relatividade de Einstein, evidencia que o tempo não é absoluto,

mas sim dependente do referencial adotado, ocasionando diferentes taxas de passagem temporal para distintos observadores.

A teoria da relatividade, segundo May (2021), divide-se em duas partes: a relatividade especial e a relatividade geral, ambas envolvendo o fenômeno da dilatação do tempo. Um dos princípios centrais da relatividade especial estabelece que a velocidade da luz no vácuo é sempre a mesma para qualquer observador. Se duas pessoas estiverem se movendo em velocidades constantes uma em relação à outra, elas medirão intervalos de tempo diferentes para os mesmos acontecimentos. No entanto, essa diferença só se torna perceptível quando a velocidade se aproxima da velocidade da luz.

Dahmen (2022) exemplifica esse efeito ao considerar uma nave capaz de viajar a uma velocidade próxima à da luz. Segundo a teoria da relatividade, os tripulantes perceberam a distância à sua frente como "encolhida", permitindo que viajassem distâncias ainda maiores em um tempo de vida humano, desde que a velocidade da nave permanecesse próxima à velocidade da luz. Para um observador na Terra, o tempo dentro da nave pareceria passar mais devagar devido à dilatação temporal. Isso significa que, quanto mais rápido a nave se deslocasse em velocidade da luz, mais tempo os tripulantes teriam para viajar, possibilitando, em teoria, alcançar regiões extremamente distantes do Universo.

Esse efeito é ilustrado no filme *Interestelar* (2014), em uma cena no planeta Miller. Devido à proximidade desse planeta com o horizonte de eventos do buraco negro Gargântua, o tempo ali sofre uma desaceleração extrema: enquanto uma hora em Miller equivale há sete anos na Terra, demonstrando na prática as implicações da dilatação temporal gravitacional (Ghizoni; Neves, 2018).

3.2 Viagens Interestelares e Propulsão

Alcoforado (2021) detalha que há muitos obstáculos a serem superados para possibilitar viagens interestelares e propulsão. O primeiro obstáculo é a criação de foguetes capazes de atingir velocidades próximas à luz, além de permitir que os foguetes facilitem o deslocamento humano para locais habitáveis tanto dentro quanto fora do sistema solar. Além disso, o foguete deve conseguir atingir a velocidade de escape da Terra, o que equivale a 11,2 km/s. O desafio do foguete não deve ser apenas em alcançar altitudes de centenas de quilômetros, mas sim de atingir velocidades elevadas para se manter em órbita ou escapar da atração gravitacional da Terra.

Outro obstáculo seria o tempo de viagem, como a exemplo disso é a viagem da Terra até Marte, que pode levar de seis a doze meses. Eles teriam que

permanecer lá por pelo menos 15 meses, aguardando que Marte e a Terra estejam alinhados ao Sol e mais próximos, para então poderem retornar à Terra. É importante considerar ainda questões como as condições climáticas, as radiações e as emissões de gases carbônicos. Além de doenças dos astronautas (Alcoforado; 2021).

Outro exemplo de dificuldade seria uma viagem para um exoplaneta, como Próxima Centauri B. Caso um cientista decidisse ir para lá, a viagem levaria cerca de 40 anos. Isso faz com que, na prática, quem estivesse organizando a pesquisa provavelmente falecerá antes de chegar ao destino. Mesmo que conseguíssemos atingir a velocidade da luz, estimativas indicam que seriam necessários, em média, 100 mil anos para viajar de um lado ao outro da galáxia (Alcoforado, 2021).

3.3 Exoplanetas Habitáveis e a Busca por Outras Terras

O conceito de exoplanetas e a busca por planetas habitáveis, como os do sistema de Gargântua no filme *Interestelar* (2014), têm ganhado destaque na Ciência. De acordo com Martioli (2006, p. 31), exoplanetas são "[...] planetas fora do sistema solar, que orbitam uma ou mais estrelas que não sejam o Sol". O pesquisador explica que ainda é necessário um maior cuidado na definição de um planeta. Conforme a União Astronômica Internacional (IAU), para um corpo celeste ser considerado um planeta, o mesmo deve seguir três critérios: 1. Deve orbitar uma estrela; 2. Precisa ter massa suficiente para que sua gravidade predomine sobre as forças de um corpo rígido, garantindo uma forma aproximadamente esférica em equilíbrio hidrostático; 3. Deve ser capaz de limpar sua órbita, removendo ou incorporando outros objetos próximos (Silva Filho, 2022).

Rodrigues, Galante e Avellar (2016) afirmam que, desde 1998, a NASA, Agência Espacial Norte-Americana, reestruturou seu modo de fazer pesquisas e inseriu a Astrobiologia como um campo dedicado à procura por vida fora da Terra. Essa necessidade de compreender se existe vida extraterrestre surgiu a partir da busca por entender a vida em nosso próprio planeta. Os autores destacam que, ao investigar outros planetas, a primeira questão discutida pelos cientistas são as condições necessárias para o surgimento da vida. Relacionado a isso, o estudo da detecção de vida extraterrestre investiga tanto as condições quanto os ambientes que podem propiciar a vida. Sabe-se que, na Terra, as primeiras formas de vida foram unicelulares.

Devido à curiosidade da humanidade em descobrir a possibilidade de vida fora da Terra, diversos instrumentos modernos têm sido empregados na pesquisa, buscando entender como os planetas funcionam e investigando

possíveis locais que possam abrigar vida. Da mesma forma que a paleobiologia estuda a vida na Terra em seus primórdios, esses estudos fornecem indícios para investigar sinais de vida, tanto no Sistema Solar quanto em exoplanetas (Rodrigues; Galante; Avellar, 2016).

No filme *Interestelar* (2014), a busca pela sobrevivência da humanidade se reflete na procura de exoplanetas potencialmente habitáveis como alternativa ao colapso ambiental do planeta Terra. Neste contexto, Ghizoni e Neves (2018, p. 294) levantam uma reflexão sobre o desfecho da obra: “O desfecho leva à reflexão: a espécie humana nasceu no planeta Terra, porém, seria possível a vida humana prosperar em outros locais do Universo?”

3.3.1 A relação com os planetas visitados no filme (Miller, Mann e Edmunds) e suas características.

No filme *Interstellar* (2014), os planetas visitados pelos protagonistas estão localizados em um sistema planetário que orbita o buraco negro Gargântua. A escolha dos planetas se deu na perspectiva de haver vida, devido a suas características.

O planeta Miller orbita bem próximo do buraco negro, conseqüentemente causando uma dilatação temporal, resultado da relatividade geral. Como visto no filme, um dia no planeta equivale a 7 anos na Terra. A superfície é coberta por um oceano raso que sofre ondas gigantes em decorrência da atração de Gargântua. Apesar de estar em uma zona habitável do buraco negro, o planeta não é habitável devido às condições extremas, como as ondas gigantes e a alta gravidade (*Interstellar*, 2014).

O planeta Mann é coberto por gelo e possui uma atmosfera fina com temperaturas baixíssimas. No entanto, sob a superfície gelada, há nuvens e uma camada de amônia tóxica. Entende-se que, no início, o planeta tinha potencial para haver vida, no entanto, tornou-se inóspito (*Interstellar*, 2014).

4. ANÁLISE DO FILME

No filme *Interestelar* (2014), a cena em que a nave *Endurance* atravessa o wormhole, próximo a Saturno, representa um momento marcante na trama. A equipe de astronautas viaja através dessa estrutura cósmica para alcançar outra galáxia, onde esperam encontrar planetas potencialmente habitáveis. A representação visual do buraco de minhoca no filme, baseada em cálculos científicos, destaca a curvatura do espaço-tempo e a distorção da luz ao redor da estrutura, elementos desenvolvidos com o auxílio do físico Kip Thorne.

Antes de abril de 2019 não havia imagem direta de um buraco negro;

apenas representações teóricas e artísticas, como a simulação do filme *Interestelar* (2014), que se apoiavam na teoria da relatividade geral. A divulgação dos dados da colaboração Event Horizon Telescope (EHT) permitiu, pela primeira vez, a obtenção de uma imagem da silhueta do buraco negro supermassivo designado M87, situado no “centro da galáxia Messier 87”, com massa de bilhões de vezes a do Sol (Neves, 2020, p.2).

A imagem capturada pelo Event Horizon Telescope EHT gerou comparações imediatas com a versão cinematográfica de *Interestelar* (2014). Embora existam diferenças visuais notáveis, a representação de Gargântua foi baseada em cálculos científicos (Longaresi *et al.*, 2022). De acordo com Neves (2020), em 2019 o EHT registrou pela primeira vez a imagem do buraco negro M87, cuja aparência difere daquela apresentada no filme *Interestelar*.

A principal diferença está no ângulo de observação: enquanto Gargântua é visto de perfil, o M87 foi registrado de cima, ocultando a fina faixa luminosa do disco de acreção. Vale reforçar que outra diferença marcante é que a imagem do M87 é limitada pela resolução do EHT conforme podemos observar na Figura 3, resultando em uma aparência menos definida que a de Gargântua no filme.

Além da diferença de ângulo de observação, é importante destacar outros fatores que explicam as distinções visuais entre as duas imagens. A imagem do M87, produzida pelo Event Horizon Telescope, foi obtida por meio da interferometria de base muito longa (VLBI), técnica que combina os sinais de múltiplos radiotelescópios distribuídos pelo planeta para criar uma imagem equivalente à de um telescópio do tamanho da Terra. Essa imagem não foi capturada na faixa do visível, mas sim em ondas de rádio, o que limita a definição espacial e exige um processo complexo de reconstrução computacional. Na interferometria, cada par de telescópios representa uma linha de base, que corresponde a um ponto amostrado no plano u-v; como nem todos os pontos desse plano podem ser medidos, o astrônomo precisa interpolar os dados ausentes para gerar a imagem final. Assim, por mais impressionante que seja o registro do M87, ele carrega certo grau de subjetividade científica, decorrente das decisões tomadas na reconstrução da imagem a partir da transformação inversa de Fourier.

A qualidade da imagem do EHT é limitada pela enorme distância de 53 milhões de anos-luz, mas representa um avanço histórico na observação direta de buracos negros Mandelbaum (2020). Na Figura 3, podemos ver a comparação entre o buraco negro Gargântua e o buraco negro M87.

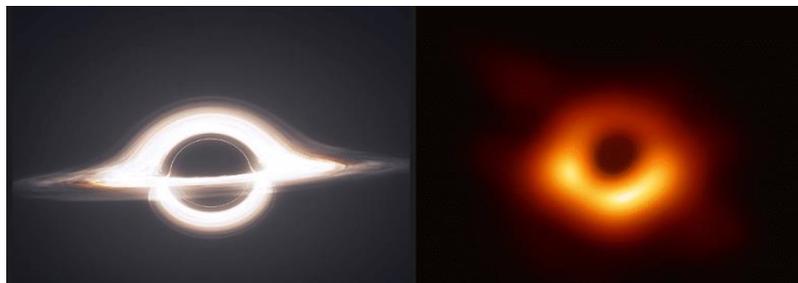


Figura 3. Comparação entre o buraco negro Gargântua do filme *Interstellar* (2014) e a primeira fotografia do buraco negro M87.

Fonte: Mandelbaum (2020)

A esquerda temos o buraco negro Gargântua representada no filme *Interstellar* (2014) e a direita temos o buraco negro M87, descoberto em 2019.

4.1 O Planeta Miller e a Dilatação Temporal

Em *Interstellar* (2014), a dilatação temporal tem um papel essencial na trama, especialmente na cena do Planeta Miller. Como já discutido no tópico “Dilatação Temporal e Relatividade Geral”, a proximidade do planeta com o buraco negro Gargântua faz com que o tempo passe muito mais devagar em relação à Terra, de modo que uma hora em Miller equivale a sete anos terrestres (Ghizoni; Neves, 2018).

A equivalência temporal entre o planeta Miller e a Terra pode ser explicada pela dilatação temporal gravitacional, prevista pela relatividade geral. Em um campo gravitacional intenso, o tempo medido por um observador próximo a uma grande massa é mais lento em relação a um observador distante. Essa relação pode ser descrita, de forma simplificada, por:

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

Em que:

Δt Representa o tempo medido por um observador em repouso;

$\Delta t'$ É o tempo próprio medido pelo observador em movimento;

v É a velocidade relativa entre os referenciais;

c É a velocidade da luz no vácuo

Nessa expressão, Δt corresponde ao tempo medido por um observador distante (por exemplo, alguém na Terra), enquanto $\Delta t'$ representa o tempo próprio, isto é, o intervalo medido por um observador localizado em um ponto sob forte influência gravitacional ou em movimento acelerado (como os astronautas no planeta Miller). A variável v indica a velocidade relativa entre os referenciais e c é a velocidade da luz no vácuo (Freitas; Gomes, 2019).

Quando a situação envolve campos gravitacionais intensos, como nas proximidades de um buraco negro supermassivo, a diferença temporal observada não depende apenas da velocidade, mas também da intensidade da gravidade local. Nesses casos, a relação entre o tempo próprio e o tempo distante pode ser expressa de forma mais completa por:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{rc^2}}} \quad (3)$$

Em que G é a constante gravitacional universal, M é a massa do corpo central, r é a distância radial até esse corpo e c é novamente a velocidade da luz. Essa equação evidencia que quanto mais próximo um observador está de um corpo massivo, como um buraco negro, maior será o efeito de dilatação temporal.

No contexto do filme *Interestelar* (2014), o planeta Miller orbita muito próximo ao buraco negro Gargântua, como descrito o buraco negro rotativo (modelo de Kerr). Essa proximidade extrema faz com que o tempo na superfície do planeta transcorra significativamente mais lenta: aproximadamente uma hora em Miller equivale a sete anos na Terra.

Embora esse valor tenha sido ajustado por conveniência narrativa, ele é coerente com as previsões da relatividade geral, segundo as quais diferenças drásticas na passagem do tempo são esperadas em regiões próximas ao horizonte de eventos de buracos negros supermassivos.

Essa diferença temporal tem consequências significativas nos personagens do filme, especialmente quando Cooper retorna à nave *Endurance* e percebe que 23 anos se passaram na Terra. Embora, para ele, tenha sido apenas um curto período. O impacto da dilatação temporal se torna ainda mais evidente no desfecho do filme, quando Cooper, apesar de ter biologicamente a mesma idade de quando partiu para a missão, já teria 124 anos. Isso se intensifica na cena emocionante em que ele assiste à sua filha, agora com cerca de 90 anos, no leito de morte (Ghizoni; Neves, 2018). Como mostra na Figura 4.



Figura 4. Cooper com 124 anos e sua filha Murph, com aproximadamente 90 anos.
Fonte: *Interstellar*, 2014 *apud* Ghizoni; Neves, 2018, p. 308. Port. 160 min.

5. DISCUSSÃO

O cinema, enquanto linguagem artística e cultural, tem se consolidado como um importante recurso no Ensino e Aprendizagem, especialmente por sua capacidade de relacionar o conhecimento científico a contextos próximos da realidade dos estudantes. Quando utilizado de forma planejada, o filme pode favorecer a curiosidade, a reflexão crítica e a compreensão de conceitos abstratos, estabelecendo ligação entre a ficção e a ciência. Nesse sentido, a análise do filme *Interstellar* (2014) como ferramenta pedagógica permite explorar o potencial educativo das obras cinematográficas, conforme discutem os autores a seguir.

Neves *et al.* (2000) propõem que o uso de ficção científica como uma ferramenta pedagógica pode contribuir para despertar a curiosidade de modo natural e lúdico, além de auxiliar na investigação e descoberta de pensamentos equivocados e representações mentais. Posteriormente, o professor pode compará-las após aplicar as contextualizações científicas, acompanhando, assim, o desenvolvimento do aluno.

Côrtes, Freixo e Barreto (2022, p. 99) explicam que, nos filmes, existem inúmeras possibilidades de análises e conteúdos diversificados, e que cada tipo de filme pode provocar uma sensação diferente, além de permitir imaginar possibilidades irreais.

Da mesma maneira que Ferreira e Cajueiro (2023) destacam, apesar de a Astronomia ser prevista na BNCC (Brasil, 2018), ainda existem desafios em sala de aula para que os alunos aprendam sobre esses assuntos. No filme, encontramos uma metodologia diferenciada, que possibilita o uso de recursos tecnológicos para ampliar as ferramentas pedagógicas, indo além das aulas expositivas, dos livros e dos materiais impressos. Visto que, o filme consegue traduzir conceitos difíceis e abstratos, como buracos negros e dilatação temporal,

de forma visual e acessível.

Cabe ressaltar que a proposta de utilização do filme *Interestelar* (2014) em sala de aula não implica necessariamente a exibição integral da obra, mas sim o uso pedagógico de trechos selecionados que possam suscitar discussões científicas relevantes. Essa abordagem é mais realista e viável dentro do tempo escolar, permitindo que o professor trabalhe apenas cenas que exemplifiquem conceitos como dilatação temporal, buracos negros e viagens interestelares. Assim, o filme torna-se um recurso de apoio didático, e não um conteúdo obrigatório a ser assistido na íntegra. Dessa forma, sua utilização dialoga com as competências da BNCC (Brasil, 2018), sobretudo no eixo “Terra e Universo”, ao incentivar a análise crítica de fenômenos e a contextualização da ciência em produções culturais contemporâneas. Além disso, a proposta se ancora em uma perspectiva metodológica que valoriza o uso de diferentes linguagens e mídias para o ensino de Ciências, conforme defendem Bandeira *et al.* (2024) e Neves *et al.* (2000), contribuindo para tornar o processo de Ensino e Aprendizagem mais acessível.

Percebe-se que a consultoria de Kip Thorne garantiu uma representação científica precisa de fenômenos como o buraco negro Gargântua. Observamos que a representação do buraco negro, do horizonte de eventos e da distorção do espaço-tempo ao seu redor reflete a precisão com a teoria de Einstein. Isso, pode contribuir para o ensino de Física, ajudando os alunos a visualizarem e compreenderem esses conceitos.

Além disso, a comunicação entre os personagens em diferentes locais do espaço é afetada por limitações que representam a ideia da velocidade da luz como uma constante finita. Esse é outro conceito difícil de explicar em sala de aula, como a noção de que a luz tem uma velocidade finita que nada pode ultrapassá-la.

Na cena em que os protagonistas visitam Gargântua, o filme mostra como o tempo passa mais devagar devido à força da gravidade. Esse efeito pode ser relacionado ao “Estudo dos Gêmeos”, um experimento inovador da NASA realizada entre o ano de 2015 e 2016, em que comparou os efeitos do espaço no corpo humano ao analisar o astronauta aposentado Scott Kelly, que passou quase um ano na Estação Espacial Internacional, e seu irmão gêmeo idêntico, Mark Kelly, que permaneceu na Terra.

Os resultados do Estudo dos Gêmeos da NASA (NASA, 2019) apontaram diferenças em aspectos como expressão genética, densidade óssea e envelhecimento celular entre os astronautas Scott e Mark Kelly. Contudo, essas alterações decorreram de múltiplos fatores biológicos e ambientais, como a

microgravidade, a exposição à radiação cósmica e mudanças epigenéticas, e não de efeitos relativísticos significativos.

A busca por exoplanetas habitáveis no filme reflete questões reais da Astronomia moderna, aproximando a ficção da Ciência atual. Os avanços tecnológicos e os estudos em Astrobiologia têm possibilitado a identificação de exoplanetas com condições propícias à vida. Além disso, a exploração espacial, impulsionada por missões como as do telescópio Kepler e do James Webb, tem fornecido dados cada vez mais precisos sobre atmosferas e composições químicas de exoplanetas. Assim, o filme *Interestelar* (2014), não apenas especula sobre a colonização espacial, mas também dialoga com as investigações científicas que buscam responder se a humanidade poderá um dia habitar outros planetas.

No entanto, o filme também toma liberdades criativas, como a estabilidade do buraco de minhoca e a sobrevivência em ambientes extremos, que não são apoiadas pela Ciência atual. A representação da quinta dimensão e do "quarto de livros" é mais ficcional do que científica, mas ainda assim serve como um recurso narrativo para explorar ideias complexas de forma imaginativa.

Embora *Interestelar* (2014) apresente elementos ficcionais que extrapolam o campo científico, sua narrativa possibilita uma rica articulação entre imaginação e conhecimento. Essa combinação estimula a reflexão crítica dos estudantes e contribui para o desenvolvimento de uma compreensão mais contextualizada da Ciência, reforçando o valor do cinema como recurso pedagógico no Ensino de Ciências.

5. CONCLUSÃO

Diante do estudo qualitativo, de abordagem documental, percebemos a importância de usar filmes como *Interestelar* (2014) para popularizar a Ciência e contribuir para tornar a aprendizagem e o ensino de Física mais significativos, especialmente em temas complexos e difíceis de serem abordados. A comparação entre a fundamentação teórica e as ideias da Física moderna mostrou a autenticidade em discutir assuntos de física de maneira prazerosa e acessível.

O apoio do físico Kip Thorne, garantindo uma representação científica precisa dos fenômenos retratados, trouxe credibilidade ao filme, sugerindo que ele é um bom material para uso pedagógico. Essa abordagem se alinha à temática proposta pela BNCC, na Unidade Terra e Universo: Formação e Evolução.

Portanto, a representatividade e a potencialidade do filme, aliadas à sua credibilidade científica, destaca seu potencial para contribuir com o ensino de Física e Astronomia a fim de promover uma aprendizagem significativa. Entretanto, contextualizações como essa podem inspirar o interesse pela Ciência, mesmo quando o filme toma liberdades criativas para fins narrativos.

REFERÊNCIAS

- Alcoforado, F. *Os cinco grandes desafios humanos para realizarem viagens espaciais e interestelares*. 2021. Recuperado de https://www.academia.edu/53287851/OS_CINCO_GRANDES_DESAFIOS_HUMANOS_PARA_REALIZAREM_VIAGENS_ESPACIAIS_E_INTERESTELARES. Acesso em 10 março 2025.
- Almeida, C. R. (2021) Buracos Negros: mais de 100 anos de história. *Cadernos de Astronomia* 2, 93-105. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.47456/cad.astro.v2n1.33499>. Acesso em 03 nov. 2025.
- Bandeira, E. G. S., Santos, J. C. B., Magalhães Júnior, C. A. O., Cedran, J. C., Moran, M. (2024) Concepções de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental sobre o ensino de astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação Científica Crítica e Emancipadora* 2. Recuperado de <https://doi.org/10.5281/zenodo.14590569>. Acessado em 22 fev. 2025.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Almedina Brasil. Recuperado de <https://madmunifacs.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/08/anc3a1lise-de-contec3bado-laurence-bardin.pdf>. Acesso em 04 nov. 2025.
- Brasil. Ministério da Educação. 2018. Base Nacional Comum Curricular. Recuperado de <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acessado em 05 nov. 2025.
- Côrtes, L. M., Freixo, A. A., Barreto, K. F. (2022) Perdido em Marte: os sentidos da ficção construindo possibilidades para o ensino de Ciências da Natureza. *Vitruvian Cogitationes* 3, 95–113.
- Dahmen, S. R. (2022) Fundamentos da Teoria da Relatividade: uma introdução à teoria do espaço e o tempo. Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS. Recuperado de

- <https://www.if.ufrgs.br/~dahmen/DahmenRelativitaet.pdf>. Acesso em 10 março 2025.
- Ferreira, R. C., Cajueiro, D. D. S. (2023) Astronomia na Educação Básica por meio de práticas pedagógicas aliadas à BNCC: um relato de experiência. *Vitruvian Cogitationes* 4, 259–275. Recuperado de <https://doi.org/10.4025/rvc.v4iextra.70786>. Acessado em 06 nov. 2025.
- Fontana, F., Pereira, A. C. T. (2023) Pesquisa documental. In: Magalhães Júnior, C. A. O., Batista, M. C. (org.). *Metodologia da Pesquisa em Educação e Ensino de Ciências*. Ponta Grossa: Atena, p. 42-57.
- Freitas, G. B. R. L., Gomes, A. H. (2019) Dilatação do tempo, referenciais acelerados e o paradoxo dos gêmeos. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 41, e20180282. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/rbef/a/kPsHJPxTpsX6WBvz3jgjPKx/>. Acesso em 09 março 2025.
- Ghizoni, H., Neves, M. C. D. (2018) INTERSTELLAR: a relatividade na ficção científica e o ensino de física. *Olhar de Professor* 21, 289-310. Recuperado de <https://revistas.uepg.br/index.php/olhardeprofessor/article/view/14192/209209211299>. Acessado em 09 março 2025.
- Gregersen, E. Kip Thorne: físico americano. (2023) *Encyclopædia Britannica*. Recuperado de <https://www.britannica.com/biography/Kip-Thorne>. Acessado em 08 março 2025.
- Interstellar. Direção: Christopher Nolan. Produção: Emma Thomas, Christopher Nolan, Lynda Obst. Roteiro: Jonathan Nolan, Christopher Nolan. Música: Hans Zimmer. Elenco: Matthew McConaughey, Anne Hathaway, Jessica Chastain, Michael Caine. EUA: Warner Bros. Imagens da Paramount; Legendary Pictures, 2014. 1 DVD (169 min.), son., color.
- Krauss, R. (2002) Os espaços discursivos da fotografia. *Arte e Ensaios* 13, 155-167. Recuperado de https://fotografiaeteoria.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/05/ae13_rosalind_krauss.pdf. Acesso em 07 março 2025.
- Lima Jr, J. G. S., Andrade, J. E., Dantas, J. M., Gomes, L. M. (2017) Uma reflexão sobre o ensino de Astronomia na perspectiva da Base Nacional Comum Curricular. *Scientia Plena* 13.

- Longaresi, R. H., Cornélio, D. S., Almeida, L. A. F. de, & Campos, S. D. (2022). *Interestelar e o planeta Miller: introduzindo o conceito de força diferencial gravitacional*. Revista de Enseñanza de la Física, 34(2), 83-96. Recuperado de <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v34.n2.39486>. Acessado em 06 nov. 2025.
- May, A. (2021). *O que é a dilatação do tempo?* Live Science. Recuperado de <https://www.livescience.com/what-is-time-dilation>. Acessado em 04 nov. 2025.
- Mandelbaum, R. F. (2020) Por que a primeira foto de um buraco negro não se parece com o Gargantua de “Interestelar”? Universo Racionalista. Recuperado de <https://universoracionalista.org/por-que-a-primeira-foto-de-um-buraco-negro-nao-se-parece-com-o-gargantua-de-interestelar/>. Acessado em 22 fev. 2025.
- Martioli, E. (2006) Exoplanetas: O que são e como detectá-los. Tese (Doutorado em Astrofísica) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Moreira, M. A. (2021) Desafios no ensino da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física 43, Suppl 1. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Acessado em 04 nov. 2025.
- NASA. (2019) Resultados do estudo sobre gêmeos da NASA publicados. Recuperado de <https://www.nasa.gov/humans-in-space/nasas-twins-study-results-published-in-science-journal/>. Acessado em 22 fev. 2025.
- Neves, J. C. S. (2020). *O buraco negro e sua sombra*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 42, e20200216. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0216>. Acessado em 22 de fev. 2025.
- Neves, J. (2017) Relatividade bem comportada: buracos negros regulares. Revista Brasileira de Ensino de Física 39, e3303. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/9fZDDKLCxrrDN5Tp6bN8Zgp/?lang=pt>. Acessado em 23 fev. 2025.
- Neves, M. C. D., Cardoso, F. C., Sakai, F. S., Veroneze, P. R., Andrade, A., Bernabé, H. S. (2000) A ficção científica no ensino de física: melhoria do ensino de ciências e da história da ciência por meio de estratégias informais de ensino. Revista Ciências Exatas e Naturais.

- Ortiz, A. J., Leite, J. C., Carmo, T., Batista, M. C., Magalhães Júnior, C. A. O. (2019) Representações sociais de alunos do final do Ensino Médio sobre Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - Relea* 27, 79-91.
- Rodrigues, F., Galante, D., Avellar, M. G. B. (2016) Astrobiologia: Estudando a vida no Universo. In: *Astrobiologia: uma ciência emergente*, p. 1-42. Recuperado de <https://repositorio.usp.br/directbitstream/893ead88-3ff8-4f80-a8f5-4f6de27c5819/2779928.pdf>. Acesso em 04 nov. 2025.
- Silva Filho, P. C. F. (2022) Um estudo sobre a detecção de exoplanetas com inteligência artificial. TCC (Graduação) - Curso de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Recuperado de https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64015/7/2022_tcc_pcfsilva_filho.pdf. Acessado em 06 nov. 2025.
- Silva, S. S. et al. (2012) Teorema de integração de Nash aplicado ao estudo do Wormhole atravessável.
- Vieira, T. F., Batista, M. C. (2022) Análise de investigações sobre temas de Astronomia e suas abordagens no ensino médio brasileiro. *Vitruvian Cogitationes* 3, 1–16.