

ENTRE A LUA E AS ESTRELAS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ASTROFÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Between the moon and the stars: a didactic approach to teaching astrophysics in elementary school

Rody Iago Dutra Gomes [rodydutrages@gmail.com]

Jefferson Soares da Costa [jefferson.costa@ufrn.br]

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Campus Universitário s/n - Lagoa Nova, Natal – RN, CEP: 59078-970

Recebido: 30/12/2025

Aceito: 03/03/2026

Resumo

A Astrofísica é uma ciência que busca por meio de resoluções matemáticas e físicas compreender os fenômenos astronômicos. A partir dessa problemática elaboramos uma proposta de intervenção composta por uma sequência didática, tendo como base a obra, O Herói da Lua Cheia e o experimento intitulado o Código Secreto de Payne, que integra de modo complementar a base da astronomia e a compreensão de estudos básicos da Astrofísica, como a espectroscopia, que é uma técnica analítica que opera mediante a radiação eletromagnética. A pesquisa refere-se a uma abordagem interdisciplinar entre a Astronomia e Física, por meio de práticas interativas. Desta forma, o objetivo geral é desenvolver e aplicar uma sequência didática que combine literatura e experimentação científica para o ensino de Astrofísica. Os objetivos específicos incluem: avaliar o impacto dessa abordagem na compreensão dos conceitos de luz e espectros, investigar a receptividade dos alunos a métodos de ensino baseados em experimentação, e analisar as possibilidades de integração de experimentos científicos no currículo de ciências do ensino fundamental. A pesquisa se fundamenta na abordagem freiriana nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti, e nos estudos de ensino de Astronomia, sustentabilidade e espectroscopia. A metodologia envolve a aplicação de uma sequência didática em turmas do 9º ano, com a aplicação do livro, O herói da Lua Cheia e a realização de um experimento de espectroscopia baseado nas pesquisas de Cecília Payne. Espera-se que os resultados revelem o impacto positivo da metodologia na compreensão dos alunos sobre conceitos astronômicos. As limitações incluem o número restrito de turmas e a possibilidade de engajamento dos alunos. Contudo, a pesquisa poderá ser expandida para outras escolas.

Palavras-Chave: Ensino de Astrofísica; Espectroscopia; Cecília Payne; interdisciplinaridade; Sequência didática.

Abstract

Astrophysics is a science that seeks to understand astronomical phenomena through mathematical and physical resolutions. Based on this issue, we developed an intervention proposal consisting of a

teaching sequence grounded in the book *O Herói da Lua Cheia* and the experiment entitled *Código Secreto de Payne*, which complementarily integrates basic astronomy with the understanding of foundational Astrophysics studies, such as spectroscopy—an analytical technique that operates through electromagnetic radiation. The research refers to an interdisciplinary approach between Astronomy and Physics through interactive practices. Thus, the general objective is to develop and apply a didactic sequence that combines literature and scientific experimentation for teaching Astrophysics. The specific objectives include: assessing the impact of this approach on understanding the light and spectra concepts, investigating students' receptivity to experimentation-based teaching methods, and analyzing the possibilities of integrating scientific experiments into the elementary school science curriculum. The research is grounded in the Freirean approach, in the Three Pedagogical Moments proposed by Delizoicov and Angotti, and in studies on the teaching of Astronomy, sustainability, and spectroscopy. The methodology will involve applying a didactic sequence to 9th-grade classes, using the book *O herói da Lua Cheia* and conducting a spectroscopy experiment based on Cecilia Payne's research. It is expected that the results will reveal the positive impact of the methodology on students' understanding of astronomical concepts. The limitations include the restricted number of classes and the potential level of student engagement. However, the research may be expanded to other schools.

Keywords: Astrophysics Teaching; Spectroscopy; Cecília Payne; Interdisciplinarity; Didactic Sequence.

1. Introdução

A astronomia e a astrofísica têm ganhado destaque na cultura contemporânea, impulsionadas pelo avanço das missões espaciais e pela popularização de descobertas sobre diversos fenômenos, tais como buracos negros, exoplanetas e galáxias distantes (Paula, 2015). Conforme destacado por Pinto, Silva & Silva (2018), apesar desse apelo social e midiático, o ensino de astronomia no Ensino Fundamental acaba ficando limitado e fragmentado, sem aprofundamento conceitual, que se restringem ao Sistema Solar e aos movimentos aparentes dos corpos celestes, sem aprofundar os conceitos científicos fundamentais.

Do ponto de vista curricular, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) prevê, no 9º ano de Ciências, objetos de conhecimento e habilidades que permitem articular Astronomia, radiações e explicações científicas sobre a luz, bem como discutir sustentabilidade e conservação ambiental. No eixo Terra e Universo, por exemplo, aparecem conteúdos como composição, estrutura e localização do Sistema Solar no universo, astronomia e cultura e evolução estelar. Do mesmo modo, no eixo Matéria e energia, o documento inclui radiações e suas aplicações na saúde, além de habilidades que tratam da formação das cores da luz e da classificação das radiações eletromagnéticas por frequência, fontes e aplicações, o que abre espaço para atividades experimentais e discussões sobre como a luz carrega informações físicas sobre as fontes emissoras (Brasil, 2018).

Nesse contexto, estudos apontam que a formação inicial dos professores influencia as abordagens adotadas em sala de aula, especialmente no tratamento de conceitos de Física e Astronomia, áreas que exigem uma abordagem investigativa e interdisciplinar (Slovinski, Alves-Brito & Massoni, 2021), como a integração da astrofísica na problematização ambiental. O físico-professor, com sua formação específica, tem um papel crucial na construção de um ensino mais aprofundado, capaz de integrar conceitos científicos, desenvolver o pensamento crítico e promover a investigação. Nesse cenário, é urgente repensar a formação e o papel do professor de Ciências,

permitindo que ele se torne um mediador do conhecimento científico e incentivador de práticas investigativas e participativas (Parente, 2012). Como evidenciado por De Carvalho França et al. (2018), a implementação de práticas experimentais foi uma ótima estratégia para promover e valorizar a autonomia dos alunos, além de que:

[...] os alunos se mostraram mais interessados a participar das aulas, foram instigados a pensar a partir de uma questão problematizadora, sentiram-se desafiados e tiveram a oportunidade de utilizar conceitos científicos, estabelecer relações entre ciência, tecnologia e ambiente, refletir, discutir e analisar informações para tomar decisões de forma mais consciente de seu papel enquanto cidadão na sociedade (De Carvalho França et al., p. 13, 2018).

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar e analisar uma sequência didática que integra literatura e experimentação científica para o ensino de conceitos básicos de astrofísica articulados à sustentabilidade no 9º ano do Ensino Fundamental, com ênfase na compreensão da natureza da luz, na formação de espectros visíveis e no uso da espectroscopia como ferramenta de investigação científica. Especificamente, busca-se discutir as potencialidades dessa abordagem para promover práticas investigativas, ampliar o engajamento dos estudantes e contribuir para a inserção de conteúdos de astrofísica no ensino de ciências. Para tanto, a proposta articula a leitura do livro *O Herói da Lua Cheia* com a realização do experimento *O Código Secreto* de Payne, proporcionando uma experiência interativa e contextualizada.

A organização do artigo contempla, inicialmente, uma fundamentação teórica que discute os referenciais que sustentam a proposta, abordando a educação problematizadora de base freiriana e os Três Momentos Pedagógicos, a educação para a sustentabilidade a partir do manguezal como contexto pedagógico, o ensino de astronomia e astrofísica na educação básica e o papel da espectroscopia, com destaque para a contribuição histórica de Cecilia Payne. Em seguida, apresenta-se a metodologia, na qual são descritos o contexto da pesquisa, os participantes, os materiais didáticos utilizados (o livro ilustrado e o experimento) e a organização da sequência didática estruturada nos três momentos pedagógicos. Por fim, o artigo discute os resultados esperados e as potencialidades da proposta, refletindo sobre suas contribuições para a aprendizagem de conceitos científicos, o desenvolvimento de práticas investigativas e a articulação entre astrofísica, educação ambiental e ensino de Ciências no Ensino Fundamental.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Educação problematizadora, abordagem freiriana e os Três Momentos Pedagógicos

Na Pedagogia freiriana, a educação problematizadora concebe o ensino como prática dialógica, contextualizada e comprometida com a leitura crítica da realidade, em oposição à educação “bancária”, focada na transmissão de conteúdos prontos. Em Pedagogia do Oprimido, Freire afirma que “o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa” (Freire, 1987, p. 39), sublinhando que ambos se tornam sujeitos do processo de conhecimento, produzindo compreensões a partir de situações concretas e de temas geradores que emergem da experiência social.

Em Pedagogia da Autonomia, essa concepção é aprofundada ao destacar que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”

(Freire, 1996, p. 25), o que reforça o papel do professor como mediador ético e intelectual de práticas que estimulam curiosidade epistemológica, investigação e autoria dos educandos. Freire enfatiza que “um dos saberes fundamentais à prática educativo-crítica é o que adverte da necessidade de promoção da curiosidade” para que se converta em “curiosidade epistemológica” (Freire, 1996, p. 32), valorizando a pergunta, o diálogo e a construção de sentido no ato educativo.

No campo específico do ensino de Ciências, a organização da sequência didática apoia-se nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), sistematizados por Delizoicov e Angotti e posteriormente aprofundados com Pernambuco, como forma de operacionalizar, em sala de aula, princípios da educação problematizadora de Paulo Freire. Dessa forma, Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2002), propõem uma metodologia que parte da apresentação de um tema inicial, no qual os alunos podem explicitar suas concepções prévias. Na sequência, busca-se promover a construção do conhecimento científico por meio de diferentes atividades e, ao final, retomar a problematização inicial, aplicando os novos conceitos adquiridos e formulando novos questionamentos, para que “tornem possível ao aluno apropriar-se da visão do mundo em que a produção científica está inserida” (Delizoicov; Angotti & Pernambuco, 2002, p. 23).

Esta proposta estrutura o trabalho didático em três fases interdependentes, favorecendo a passagem do senso comum à sistematização conceitual, sem romper com a realidade vivida pelos estudantes. Na problematização inicial, “são apresentadas questões e/ou situações para discussão com os alunos” para que “sintam necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detêm” (Delizoicov & Angotti, 1992, p. 29) de modo que funcionam como situações que despertam interesse e tornam contradições explícitas entre explicação do senso comum e o saber científico. Nessa etapa, segundo Delizoicov & Angotti (1992), o professor deve mais em questionar e lançar dúvidas sobre o assunto do que em responder e fornecer explicações.

Na organização do conhecimento, “o núcleo do conteúdo específico de cada tópico será preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos” (Delizoicov & Angotti, 1992, p. 30). Trata-se do momento em que conceitos e modelos científicos são introduzidos, planejados e reconstruídos por meio de leituras, debates, experimentos e registros, ou seja, deve-se utilizar os mais variados recursos. Pois como destacado pelos autores:

[...] a abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador (Delizoicov; Angotti & Pernambuco, 2002, p. 194).

A aplicação do conhecimento, terceiro momento pedagógico, segundo Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2002), tem por finalidade retomar tanto as situações inicialmente discutidas quanto outras situações análogas, de modo que os alunos mobilizem os conhecimentos em construção para analisar e interpretar os fenômenos estudados. No livro Física, de Delizoicov & Angotti (2000), observa-se, na Unidade 3, uma proposta metodológica para o conteúdo de Radiação Solar: na problematização inicial, são apresentadas questões relacionadas ao mar e à exposição ao sol; na organização do conhecimento, a construção conceitual é conduzida a partir das propriedades das ondas, contemplando parâmetros fundamentais, tipos de ondas, velocidade de propagação e a interação das ondas com a matéria. Destaca-se, ainda, que os autores não restringem perguntas e problematizações ao momento inicial; ao longo do desenvolvimento temático, são propostas diversas

questões orientadoras e, no terceiro momento, retoma-se o conjunto de questões inaugurais para reinterpretação e análise, considerando possíveis mudanças nas compreensões dos estudantes. Nesse sentido, os autores assinalam que:

[...] não é obrigatório a resposta precisa a todas as questões, nem se pode garantir todas as respostas somente com o conhecimento adquirido até aqui. O importante é refletir sobre as questões e tentar aproximar o novo conhecimento da interpretação de fenômenos (Delizoicov & Angotti, 2000, p. 68).

Ao articular os Três Momentos Pedagógicos (3MP) com a leitura literária mediada e a experimentação em Astrofísica (espectroscopia), a proposta busca favorecer uma aprendizagem com sentido. Conforme indicam Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2002), cabe ao professor manter-se atento à fala do aluno e ao contexto em que ela se produz, procurando compreender se tal manifestação está ancorada na cultura do estudante ou no conhecimento científico que está sendo introduzido. Nessa perspectiva, a narrativa literária atua como contexto gerador de problematizações, enquanto a experimentação oferece evidências que sustentam explicações de natureza científica. Assim, a proposta tende a fortalecer o protagonismo estudantil, a argumentação e a compreensão de que o conhecimento científico constitui uma construção humana, histórica e socialmente situada, em consonância com os princípios da educação problematizadora no Ensino Fundamental.

2.2. Educação sustentável e o manguezal como contexto pedagógico

A sustentabilidade, enquanto princípio orientador da educação contemporânea, implica a formação de sujeitos críticos capazes de compreender e intervir nas relações entre sociedade, natureza e ciência. Como destaca Tozoni-Reis, no artigo Pesquisa-ação em educação ambiental, “a Educação Ambiental como crítica é a sua preocupação com os aspectos socioambientais das relações humanas, isto é, preocupamo-nos com as relações que os indivíduos estabelecem entre si e com o ambiente onde vivem, compreendendo-os – sociedade e ambiente – de forma crítica e transformadora” (Tozoni-Reis, 2008, p. 158), assumindo dimensões éticas, sociais, econômicas e culturais na leitura dos conflitos ambientais. Nessa perspectiva, o ensino deve favorecer a leitura crítica do território e das práticas humanas que nele se inscrevem, promovendo a construção de conhecimentos contextualizados e socialmente relevantes, em sintonia com uma educação ambiental que problematiza as causas estruturais da degradação, e não apenas seus sintomas.

Segundo Melo et al. (2025), o manguezal configura-se como contexto pedagógico privilegiado para o trabalho com sustentabilidade, por ser um ecossistema costeiro de elevada produtividade biológica, importância socioambiental e extrema vulnerabilidade às ações antrópicas. A literatura evidencia que o manguezal cumpre funções ecológicas, como área de berçário e refúgio para várias espécies, além de contribuir para a manutenção de atividades pesqueiras. No âmbito da Educação Ambiental, iniciativas em áreas de manguezal buscam sensibilizar para a conservação do ecossistema, articulando sustentabilidade e desenvolvimento comunitário, como os trabalhos desenvolvidos por Martins et al. (2011) e Teixeira, Moura & De Andrade Meireles (2016).

Além de atuar na proteção da linha costeira, na retenção de sedimentos e no sequestro de carbono, o manguezal se mostra fértil para discussões interdisciplinares que articulam conteúdos de Ciências da Natureza, Geografia, Física, Química e Biologia, bem como dimensões históricas, culturais e econômicas associadas às populações que dele dependem.

Do ponto de vista pedagógico, a utilização do manguezal como contexto de ensino dialoga com abordagens contextualizadas e problematizadas, nas quais o conhecimento científico é mobilizado para compreender fenômenos reais e próximos da vivência dos estudantes. Segundo Pereira, Farrapeira & De Lyra Pinto (2006), a educação ambiental sobre manguezais, no contexto escolar, deve partir do diagnóstico das percepções prévias dos estudantes e, a partir delas, organizar uma ação educativa contextualizada, capaz de desmistificar concepções equivocadas sobre o ecossistema. No estudo, aplicaram-se questionários antes e depois de uma intervenção didática com exposição interativa e debates, apoiada por múltiplos recursos (como painel temático, revista em quadrinhos, maquete e jogo educativo). Os resultados indicam diferenças de conhecimento prévio entre estudantes de municípios com distintas relações com o manguezal (maior desconhecimento em Olinda, conhecimento relativo no Recife e maior vivência em Itapissuma). Após a intervenção, observou-se aumento de respostas satisfatórias e parcialmente satisfatórias, sugerindo ampliação do repertório e da compreensão sobre o tema, com destaque para o grupo de Itapissuma.

Sob a ótica freiriana, o manguezal pode ser compreendido como um tema gerador, pois emerge da realidade local e das contradições socioambientais vivenciadas pelos sujeitos. Freire lembra que, na educação libertadora, os temas geradores são extraídos da realidade vivida, e o ponto de partida do processo educativo é a problematização dessa realidade (Freire, 1987), entendendo a educação como “uma educação para a decisão, para a responsabilidade social e política” (Freire, 1967, p. 12).

A problematização de questões como degradação ambiental, poluição, ocupação irregular e justiça socioambiental permite que o processo educativo se configure como prática de liberdade: “A tarefa do educador dialógico é, trabalhando em equipe interdisciplinar este universo temático, recolhido na investigação, devolvê-lo, como problema, não como dissertação, aos homens de quem recebeu” (Freire, 1987, p. 59), deslocando o ensino de um caráter transmissivo para um horizonte emancipatório, alinhado à educação para a sustentabilidade.

Nesse sentido, trabalhar a sustentabilidade a partir do manguezal como contexto pedagógico não apenas amplia a compreensão dos estudantes sobre os sistemas naturais, mas também fortalece o vínculo entre escola, território e comunidade. Conforme Teixeira, Moura & De Andrade Meireles (2016), experiências de Educação Ambiental crítica em áreas de manguezal evidenciam que as atividades realizadas com jovens tendem a ampliar o interesse e o engajamento participativo nas ações propostas. Os autores ressaltam, contudo, a necessidade de ampliar e dar continuidade a essas iniciativas, de modo a contribuir também para o desenvolvimento local das famílias que vivem nesses ambientes. Destacam, ainda, a importância de que os conhecimentos construídos sejam socializados no território, favorecendo a formação de multiplicadores ambientais na própria comunidade. Ao reconhecer o manguezal como espaço de aprendizagem, promove-se uma educação comprometida com a preservação ambiental, a valorização dos saberes locais e a formação de sujeitos conscientes de seu papel na construção de sociedades mais justas e sustentáveis, em consonância com a Educação Ambiental crítica e com uma perspectiva freiriana de educação como prática de liberdade.

2.3. Astrofísica e ensino de Astronomia

A compreensão do manguezal como sistema socioecológico também permite ampliar o olhar para processos físicos que conectam o território a dinâmicas de maior escala. Entre esses processos,

destaca-se a força de maré, associada à interação gravitacional entre a Terra, a Lua e o Sol, que influencia a periodicidade das marés e, consequentemente, a dinâmica costeira em regiões estuarinas. Nesse sentido, a leitura literária mediada pode atuar como contexto gerador de problematizações: na obra *O herói da Lua Cheia* (Gomes & Coelho, 2025), o tema norteador é o desaparecimento das “árvores aéreas” do manguezal, destacando sua função de proteção das comunidades ribeirinhas que vivem próximas a essas áreas. A narrativa acompanha César, um garoto negro que, ao ir de bicicleta de sua residência à escola, observa transformações no ambiente e é levado a investigar relações entre o manguezal e as marés. Assim, investigar as marés pode funcionar como um “fio condutor” que liga a leitura crítica do ambiente local à interpretação de fenômenos celestes, preparando o terreno para a introdução de conceitos e métodos próprios da Astronomia e, posteriormente, da Astrofísica.

Nesse contexto, a Astrofísica pode ser compreendida como o ramo da Astronomia que aplica princípios e modelos da física para explicar as propriedades físicas e os processos dos corpos celestes, investigando grandezas como temperatura, composição química, densidade, campos magnéticos, estrutura interna e evolução estelar. Conforme Kepler & Saraiva (2017), apresenta a astrofísica como a aplicação das leis da natureza (física) para compreender a estrutura e a história dos corpos celestes.

Dessa forma, a espectroscopia, ferramenta central dessa disciplina, permite decompor a luz emitida ou absorvida por estrelas e outros objetos, inferindo parâmetros como composição elementar, temperatura superficial (via lei de Wien), velocidade radial (efeito Doppler) e presença de campos magnéticos (efeito Zeeman). Como afirmam Kepler & Saraiva, “cada linha escura no espectro de uma estrela está associada à presença de um elemento químico na atmosfera da estrela”, ainda nesta página os autores destacam, que “mais do que a composição química, é a temperatura que determina o espectro das estrelas”, ou seja, majoritariamente as estrelas em geral, possuem 90% de hidrogênio em sua composição (Kepler & Saraiva, 2017, p. 187).

No contexto do ensino de Astronomia, pesquisas revelam que estudantes chegam à escola com concepções alternativas persistentes sobre fenômenos cotidianos, como fases da Lua – frequentemente atribuídas à “sombra da Terra sobre a Lua” –, estações do ano – ligadas à “distância variável da Terra ao Sol” – e natureza das estrelas, vistas como “buracos no céu” ou “lâmparinas” (Langhi, 2009, p. 27). Essas ideias intuitivas, enraizadas no senso comum, evidenciam dificuldades em coordenar escalas espaciais, geometria de iluminação relativa e movimentos orbitais, além de obstáculos na compreensão da luz como radiação eletromagnética e da relação cor-temperatura (ex.: estrelas vermelhas mais frias que azuis) (Scarinci & Pacca, 2006).

Diante desse cenário, propostas didáticas eficazes devem articular observação (céu real/virtual), experimentação (luzes/filtros) e modelagem conceitual com problematização, ressignificando concepções prévias e aproximando alunos da epistemologia astrofísica. Atividades sequenciais que integrem imagens de espectros, construção de modelos e análise crítica de evidências favorecem não só a compreensão científica, mas também o reconhecimento do caráter histórico e provisório das teorias, posicionando a Astronomia como componente essencial da alfabetização científica e da leitura crítica do mundo (Silva, 2018).

2.4. Espectroscopia e a contribuição de Cecilia Payne

A espectroscopia constitui uma técnica analítica fundamental na Astrofísica, que consiste em decompor a radiação eletromagnética proveniente de uma fonte celeste em seus diferentes comprimentos de onda, gerando espectros que podem ser contínuos (emitidos por corpos opacos

quentes), de emissão (linhas brilhantes produzidas por gases transparentes excitados) ou de absorção (linhas escuras sobre fundo contínuo, causadas por gases frios que absorvem comprimentos de onda específicos) (Maciel, 1991). A análise qualitativa e quantitativa desses espectros permite deduzir a composição química, temperatura, velocidade radial, densidade e outros parâmetros físicos de estrelas, nebulosas e galáxias, configurando um dos pilares da Astrofísica moderna (Kepler & Saraiva, 2017).

Um marco histórico nessa área é a contribuição de Cecilia Payne-Gaposchkin (1900-1979), cuja tese de doutorado, defendida em 1925 na Universidade de Harvard, revolucionou a compreensão da composição estelar. Aplicando a teoria da ionização térmica aos espectros estelares, Payne demonstrou que as estrelas são compostas predominantemente por hidrogênio e hélio – elementos até um milhão de vezes mais abundantes que os metais terrestres –, contrariando a crença vigente de que a composição estelar seria semelhante à da Terra, com predominância de ferro (Vieira; Massoni & Alves-Brito, 2021). Essa descoberta, inicialmente recebida com ceticismo por pares como seu orientador, Henry Norris Russell, foi posteriormente reconhecida e proclamada como “a tese de doutorado mais brilhante já escrita da astronomia” (Wayman, 2002, p. 28).

No contexto escolar, trabalhar a trajetória de Cecilia Payne associada a atividades práticas de espectroscopia – como decomposição de luz com prismas, filtros e lâmpadas espectrais – permite não apenas discutir conceitos científicos, mas também problematizar questões de gênero e inclusão na Ciência. Payne enfrentou barreiras sexistas, como a recusa inicial no Departamento de Física de Harvard e a subestimação de seu trabalho por colegas homens, tornando-se a primeira mulher a obter PhD em Astronomia pela instituição e, posteriormente, a integrar seu corpo docente (Vieira; Massoni & Alves-Brito, 2021). Essa abordagem enriquece a formação científica crítica, promovendo a compreensão da produção do conhecimento como processo histórico, coletivo e marcado por relações de poder, alinhada à educação problematizadora (Freire, 1970).

A fundamentação teórica apresentada estabelece uma estrutura pedagógica integrada. A educação problematizadora freiriana, operacionalizada pelos Três Momentos, articula-se a uma proposta interdisciplinar, que toma o manguezal como tema gerador e contexto de Educação Ambiental crítica. A problematização do território mobiliza conhecimentos prévios e questões socioambientais, enquanto a organização do conhecimento integra fenômenos físicos como as marés para conectar ambiente local e astronomia. Nesse percurso, a espectroscopia, cujo estudo, enriquecido por contribuições históricas como a de Cecilia Payne, amplia a alfabetização científica ao evidenciar a ciência como construção humana. Por fim, a aplicação do conhecimento consolida a compreensão integrada entre processos ambientais e celestes, favorecendo aprendizagem significativa orientada à sustentabilidade.

3. Metodologia

3.1. Contexto da pesquisa e participantes

A sequência didática foi planejada para turmas do 9º ano do Ensino Fundamental, no componente curricular de Ciências. A escolha desse nível se justifica pelo fato de os estudantes, em geral, já terem tido contato com conteúdo de sustentabilidade, noções introdutórias de Física e Astronomia básica ao longo do percurso escolar, o que favorece o aprofundamento de uma abordagem interdisciplinar que articula conservação ambiental e Astrofísica. Desta forma, a proposta avança para discussões sobre como fenômenos astronômicos se relacionam com dinâmicas ambientais locais e

para a ideia central de que a luz pode ser investigada como evidência científica, pois carrega informações físicas sobre as fontes emissoras.

A participação dos estudantes será mediada pela equipe docente da escola, com autorização da gestão e, quando pertinente, mediante consentimento dos responsáveis, respeitando os aspectos éticos da pesquisa em educação. O número de participantes, a faixa etária e demais características do contexto escolar devem ser detalhados a partir da realidade da implementação.

3.2. Materiais didáticos: livro ilustrado e experimento

3.2.1. Livro ilustrado “O Herói da Lua Cheia”

A obra é utilizada como disparador narrativo para articular Astronomia e conservação ambiental em um contexto próximo ao cotidiano dos estudantes. A história acompanha César, um garoto curioso e apaixonado por Astronomia, que investiga como a Lua cheia se relaciona a fenômenos naturais que impactam diretamente os manguezais, essenciais para a vida marinha, para a subsistência de moradores locais e para a proteção ambiental. Com o apoio de Helena (mãe), tio Antônio e da professora Jaci, o protagonista compreende o papel das marés influenciadas pela Lua no equilíbrio ecológico da região, enquanto a comunidade enfrenta a ameaça de um projeto de construção sobre o manguezal (Gomes & Coelho, 2025). A leitura é mediada pelo professor, com pausas estratégicas para rodas de conversa, levantamento de saberes prévios e formulação de hipóteses, de modo que os elementos narrativos funcionam como ponte entre imaginação, observação do céu e explicações científicas. O livro se encontra de forma gratuita digitalmente no repositório da UFRN, conforme o link: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/65570>.

3.2.2. Experimento “O Código Secreto de Payne”

Dentre os tópicos investigados pelo personagem principal do livro O Herói da Lua Cheia, César, destaca-se o estudo das estrelas, conforme descrito entre os capítulos 4 e 5. Contudo, a abordagem não se limita à leitura do texto, uma vez que será desenvolvida uma atividade investigativa que reúne dois experimentos integrados, conforme apresentado na figura 1: (i) a construção, pelos estudantes, de um espectroscópio de baixo custo, utilizando caixa de papelão e CD como rede de difração, e (ii) a observação controlada em um estrelário, confeccionado pelo professor, por envolver uma montagem elétrica com fios e um conjunto de três lâmpadas (incandescente, fluorescente e halógena vermelha) instaladas em caixas que simulam “estrelas” com diferentes assinaturas espectrais. O objetivo é permitir que os estudantes observem e comparem espectros, registrem padrões e compreendam que a luz pode ser analisada como evidência, pois carrega informações físicas relacionadas às propriedades das fontes emissoras. A proposta dialoga com a dimensão histórico-científica ao retomar as pesquisas de Cecilia Payne, que evidenciaram a predominância de hidrogênio na composição estelar, resultado que foi reconhecido e validado posteriormente, reforçando a ciência como construção baseada em dados, debate e validação comunitária.

Para garantir acessibilidade e replicabilidade, os materiais do espectroscópio priorizam itens de baixo custo e/ou recicláveis (papelão, CD/DVD, fita adesiva, tesoura/estilete e papel preto), enquanto o estrelário organiza as fontes de luz em condições controladas, favorecendo a comparação sistemática entre diferentes tipos de espectro e a conexão entre narrativa, experimento e explicação científica.



Figura 1: Materiais didáticos utilizados como ferramenta pedagógica na sequência didática. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

3.3. Organização da sequência didática

A sequência didática (SD) foi estruturada a partir dos três momentos pedagógicos (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento), totalizando 9 aulas de 50 minutos (450 minutos), articulando a leitura mediada da obra *O Herói da Lua Cheia*, atividades investigativas e experimentação em espectroscopia (tabela 1).

Tabela 1: Síntese das aulas da sequência didática.

Aula	Momento (3MP)	Capítulos do livro	Síntese do que será realizado na aula
1	Problematização inicial	Prefácio (autores)	Apresentação da SD (objetivos, dinâmica e temas) e aplicação do pré-teste (diagnóstico inicial)
2	Problematização inicial	Cap. 1–2	Sarau literário com leitura mediada e discussão inicial da narrativa, personagens e situação-problema
3	Organização do conhecimento	Cap. 2–3	Leitura orientada e sistematização inicial de conceitos de Astronomia/Física mobilizados pela narrativa (ex.: corpos celestes e marés)

4	Organização do conhecimento	Cap. 4	Leitura orientada e sistematização de conceitos (ex.: Sistema Solar, ciclos e estações) articulados à temática ambiental
5	Organização do conhecimento	Cap. 5	Discussão histórico-científica: Cecilia Payne e introdução à ideia de espectro como evidência científica
6	Organização do conhecimento	Cap. 6	Leitura orientada e aprofundamento (ex.: marés/fases da Lua e relações com o manguezal) e a construção do espectroscópio
7	Organização do conhecimento	Cap. 7	Aplicação investigativa: observação e comparação de espectros em ambiente controlado e a interpretação dos padrões (“assinatura” da luz)
8	Aplicação do conhecimento	Cap. 8–9	Debate orientado sobre consequências socioambientais da degradação apresentada na narrativa, mobilizando os conceitos trabalhados
9	Aplicação do conhecimento	Cap. 10	Leitura e discussão final com foco em síntese e reflexão (“ação comunitária e recuperação”) e o pós-teste

Cap – Capítulos; SD – Sequência Didática.

3.3.1. Problematização inicial (2 aulas – 100 minutos)

Na etapa de problematização inicial, será apresentada aos estudantes a proposta da SD, seus objetivos e a dinâmica das atividades, explicitando os temas centrais que serão trabalhados (Astronomia, fenômenos associados à Lua e relações com o ecossistema do manguezal). Ainda nessa etapa, será aplicado um pré-teste (questionário diagnóstico) com o objetivo de mapear concepções iniciais da turma sobre os assuntos que serão abordados ao longo das aulas.

Ao final dessa etapa, será realizado um sarau literário, com leitura mediada e discussão dos capítulos 1 e 2 do livro. Essa atividade visa contextualizar a narrativa, apresentar os personagens e mobilizar a curiosidade, promovendo um primeiro debate coletivo sobre os problemas socioambientais descritos na obra e suas relações com fenômenos naturais.

3.3.2. Organização do conhecimento (5 aulas – 250 minutos)

A etapa de organização do conhecimento corresponde ao núcleo formativo da SD e será desenvolvida por meio da intermediação entre leitura, experimentos e atividades investigativas, de modo alternado e articulado. Nessa fase, as leituras orientadas dos capítulos subsequentes serão combinadas a momentos de sistematização conceitual e práticas experimentais, favorecendo a construção progressiva das explicações científicas mobilizadas pela narrativa.

As atividades incluem: (i) discussões guiadas sobre conceitos astronômicos e físicos presentes no enredo (por exemplo, marés, fases da Lua, fontes de luz e espectros); (ii) construção do

espectroscópio de baixo custo pelos estudantes, utilizando materiais acessíveis (caixa de papelão e CD como rede de difração), com orientações de segurança, manuseio e registro; e (iii) realização do experimento “O Código Secreto de Payne”, com observação controlada de diferentes fontes luminosas em um estrelário construído pelo professor, permitindo a comparação de padrões espectrais e a discussão da noção de “assinaturas” da luz.

3.3.3. Aplicação do conhecimento (2 aulas – 100 minutos)

Na etapa de aplicação do conhecimento, os estudantes serão convidados a sintetizar e mobilizar os conceitos construídos ao longo da SD por meio de um debate orientado sobre as consequências da degradação ambiental apresentada na obra (com ênfase na degradação do solo e na ameaça ao manguezal), relacionando-as aos conteúdos científicos trabalhados. Em seguida, ocorrerá a leitura e discussão do capítulo 10, com problematizações voltadas à transferência do aprendizado para o contexto local, por meio de questões como: “O que podemos fazer em nossa própria comunidade?” e “Como o conhecimento científico e a ação comunitária contribuem para a recuperação do manguezal e para a proteção do meio ambiente?”. Ao final da SD, será aplicado um pós-teste (questionário avaliativo) com o objetivo de verificar avanços conceituais e indícios de aprendizagem decorrentes das atividades desenvolvidas.

A avaliação do impacto da SD será realizada por meio de diferentes instrumentos de coleta, com destaque para: (i) pré-teste e pós-teste, visando identificar mudanças nas concepções dos estudantes; (ii) registros produzidos pelos estudantes ao longo das aulas (fichas de observação, desenhos de espectros, produções textuais e/ou sínteses); e (iii) observações em sala registradas em diário de campo pelo professor pesquisador, considerando engajamento, participação e dificuldades recorrentes.

Os dados serão analisados por meio de categorias analíticas definidas previamente e/ou emergentes, buscando identificar evidências de aprendizagem conceitual, apropriação de linguagem científica, envolvimento com a proposta e percepções dos estudantes acerca da articulação entre narrativa, experimentação e temática socioambiental.

4. Resultados e Discussão

Espera-se que a sequência didática contribua para que os estudantes reconheçam o manguezal não apenas como um ecossistema a ser preservado, mas como um território de produção e circulação de conhecimentos científicos, capaz de suscitar perguntas investigáveis e relações com fenômenos naturais observáveis. Nessa direção, Oliveira, Cardoso & Cruz (2019) relatam uma intervenção no Ensino Fundamental, com foco em educação ambiental no ecossistema de manguezal, na qual os estudantes alcançaram 96% de desempenho em itens relacionados à compreensão dos animais presentes nesse ambiente. Embora esse resultado derive de outro contexto e não possa ser tomado como evidência direta desta proposta, ele sustenta a argumentação de que a aproximação entre ciência

escolar e experiências territoriais pode favorecer maior engajamento e participação ativa dos estudantes, além de ampliar o sentido atribuído aos conteúdos científicos trabalhados em sala.

No campo conceitual, a proposta foi concebida para ampliar a compreensão dos estudantes sobre a natureza da luz, a formação de espectros e o modo como a Astrofísica mobiliza essas informações para investigar propriedades estelares. Nesse sentido, Amorim et al. (2021) apresentam evidências de que abordagens que articulam atividades investigativas e experimentação de baixo custo tendem a favorecer a aprendizagem em espectroscopia, uma vez que possibilitam ao estudante “visualizar” um conceito abstrato por meio de um artefato observável. No estudo citado, os autores combinaram experimentos e simuladores, permitindo que os alunos relacionassem cor e temperatura estelar, por exemplo, reconhecendo que estrelas azuis apresentam temperaturas mais elevadas do que estrelas vermelhas ou amarelas, e relataram avanços em itens avaliativos associados à identificação e interpretação de espectros. Esses achados sustentam, em termos teóricos e metodológicos, a escolha de integrar experimentação na sequência didática aqui proposta.

Além dos conceitos, antecipa-se o desenvolvimento de habilidades de natureza científica, especialmente observação, registro, comparação e argumentação, mobilizadas quando os estudantes descrevem espectros, comparam fontes luminosas e justificam interpretações com base em evidências. Essa expectativa se apoia no referencial do ensino por investigação sistematizado por Carvalho (2018), no qual o professor organiza situações para que os alunos pensem, falem evidenciando argumentos, leiam criticamente e escrevam, e em que a aprendizagem é compreendida também como capacidade de argumentar e produzir registros sobre o conteúdo científico. Além disso, o artigo reúne pesquisas em que análises de aulas identificaram indicadores de alfabetização científica (como explicação, levantamento de hipóteses, organização de informações, previsão e justificativa), mostrando que propostas investigativas podem favorecer práticas discursivas e epistêmicas associadas à construção de explicações científicas. No 9º ano, tais competências são particularmente relevantes por fortalecerem processos de problematização e explicação que tendem a apoiar a transição para o Ensino Médio, onde se intensifica a exigência de operar com diferentes linguagens das ciências (oral, escrita, gráfica e matemática).

Apesar de Kepler & Saraiva (2017) destacarem corretamente a predominância do hidrogênio nas estrelas (cerca de 90% da composição), a ausência de referência a Cecilia Payne, cuja tese, em 1925, foi decisiva para consolidar essa compreensão a partir da interpretação de espectros estelares e do uso do arcabouço da ionização térmica, evidencia uma lacuna recorrente em materiais didáticos. Essa omissão não é apenas um detalhe historiográfico: ela impacta a forma como os estudantes compreendem a construção do conhecimento científico, frequentemente apresentada como linear, descontextualizada e atribuída a poucos nomes consagrados. Nesse sentido, o resgate histórico proposto nesta intervenção didática se justifica por contribuir tanto para a compreensão conceitual (luz, espectros e composição estelar) quanto para uma visão mais crítica e contextualizada da ciência.

Conforme discutem Façanha, Araújo & Monteiro (2025), a inserção da presença feminina na produção do conhecimento científico no processo de ensino constitui uma estratégia relevante diante da persistência de uma cultura patriarcal que invisibiliza as contribuições de mulheres. Embora as autoras reconheçam que sequências didáticas, por si só, não são capazes de eliminar preconceitos e violências de gênero, elas apontam que tais propostas podem abrir caminhos concretos para tensionar narrativas hegemônicas e fomentar discussões sobre uma ciência mais plural. Assim, ao integrar a trajetória de Cecilia Payne à sequência didática, a proposta não apenas amplia referências históricas no ensino de Astrofísica, mas também favorece a problematização de quem produz ciência e de como certos sujeitos são sistematicamente apagados das narrativas escolares.

Por fim, a articulação entre leitura literária (O Herói da Lua Cheia) e experimentação (O Código Secreto de Payne) apresenta potencial para integrar dimensões cognitivas e formativas, conceitos de Astrofísica, discussão socioambiental ligada ao território e problematizações sobre gênero e produção científica. Esse encaminhamento dialoga com Trentin & De Castro (2025), que em uma pesquisa teórica baseada em revisão bibliográfica, argumentam que a literatura infantojuvenil, quando articulada a uma perspectiva freiriana, pode mobilizar pensamento crítico e diálogo reflexivo sobre questões ambientais, além de estimular empatia, imaginação e consciência ecológica, configurando-se como recurso didático interdisciplinar e formativo. Embora o estudo tenha como foco crianças de 5 a 10 anos, seus fundamentos sustentam, por analogia pedagógica, o uso de narrativas também no 9º ano, desde que as atividades sejam ajustadas em complexidade e aprofundamento conceitual. À luz dos Três Momentos Pedagógicos, na abordagem freiriana, a sequência tende a fortalecer um percurso em que os estudantes problematizam, constroem explicações e aplicam ideias em novas situações, evitando que a Astronomia permaneça restrita à curiosidade. Em futuras aplicações, recomenda-se avaliar a proposta por meio de pré e pós-teste sobre luz e espectros, rubricas de argumentação científica e análise de produções textuais dos estudantes, de modo a verificar mudanças conceituais e formativas. Entre as limitações, destacam-se tempo de aula, número de turmas, formação docente e disponibilidade de recursos didáticos; ainda assim, a proposta sugere viabilidade de expansão para outras turmas e escolas, com adaptações que preservem seu núcleo investigativo e interdisciplinar.

5. Considerações Finais

O artigo apresentou uma proposta de sequência didática para o ensino de conceitos básicos de Astrofísica no 9º ano do Ensino Fundamental, integrando literatura, experimentação e história da Ciência. A partir da obra “O Herói da Lua Cheia” e do experimento “O Código Secreto de Payne”, buscou-se articular os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti à pedagogia freiriana, na construção de um percurso formativo que valoriza a participação ativa dos estudantes e a interpretação de fenômenos astronômicos.

A metodologia adotada na elaboração da sequência didática evidencia a relevância de se trabalhar um conteúdo utilizando várias ferramentas, potencializando o ensino de Ciências no Ensino Fundamental ao combinar leitura literária mediada, experimentação e argumentação científica estruturada e contextualizada.

Os resultados esperados indicam que a proposta tem potencial para favorecer a compreensão de conceitos como luz, espectros e espectroscopia, além de estimular o interesse pela Astronomia e pela investigação científica. Como desdobramentos, sugerem-se estudos futuros que acompanhem a aplicação da sequência em diferentes contextos escolares, bem como a produção de materiais de apoio para professores que desejem inserir a Astrofísica de forma mais sistemática no currículo de Ciências.

Referências Bibliográficas

Amorim, M. A.; Farias, D. A., Anjos, E. M., Nascimento, E. C.V. & Silva, W. F. (2021). Análise de espectros utilizando espectroscópio caseiro. In: SALES, Francisco Odécio (org.). *Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 4*. p. 15-25. Ponta Grossa, PR: Atena.

Brasil (2018). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>.

Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 765–794.

De Carvalho França, N. N., Do Nascimento, A. C. L. M., Silva, L. E. O., Dias-Da-Silva, C. D., Dos Santos, D. B. & Almeida, L. M. (2018). Atividades Práticas No Ensino De Ciências: A Relação Teoria E Prática E A Formação Do Licenciando Em Ciências Biológicas. *Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 44–60.

Delizoicov, D., Angotti, J. A. & Pernambuco, M. M. (2002). Ensino de ciências: fundamentos e métodos. 5. Ed. São Paulo: Cortez.

Delizoicov, D. & Angotti, J.A. (1992). Física. São Paulo: Cortez.

Delizoicov, D. & Angotti, J.A. (2000). Metodologia do ensino de ciências. São Paulo: Cortez.

Façanha, A. A. de B., Araújo, H. M. & Monteiro, R. K. S. Mulheres Cientistas e suas contribuições para o ensino de ciências. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, [S. l.], v. 16, n. 1, p. e25162648, 2025. DOI: 10.22407/2176-1477/2025.v16.2648.

Freire, P. (1996). Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra.

_____ (1970). Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1ª ed.

_____ (1987). Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 17ª ed.

_____ (1967). Educação como prática da liberdade. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Gomes, R. I. D. & Coelho, J. G. (2025). O herói da Lua Cheia. – 1. ed. – Natal: SEDIS-UFRN.

Kepler, S. O. & Saraiva, M. F. O. (2017). Astronomia e Astrofísica. 4. ed. São Paulo: *Editora Livraria da Física*.

Langhi, R. (2009). Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores. 370 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru.

Maciel, W. J. (1991). *Astronomia e astrofísica: curso de extensão universitária do Departamento de Astronomia - IAG/USP*. Ed. rev. São Paulo: IAG/USP, 2022. E-book. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/astrofísica/livros-e-apostilas>

Martins, A. L. P., Funo, I. C. S. A., Vinhote, H. C. A., Costa, M. N. G. & Durans, C. C. T. (2011). Educação ambiental sobre o ecossistema manguezal junto a uma comunidade do município de São Luís – MA. *Revista Educação Ambiental em Ação*, n. 36.

Melo, L. M. B., Gomes, L. I. S., Santos, J. G. X., Primo, T. P. C. & Melo Júnior, M. (2025). Valorização do manguezal no ensino de ciências e biologia: reflexões a partir de uma experiência de campo. In: CONEDU – Congresso Nacional de Educação, 2025, Campina Grande. Anais do CONEDU. Campina Grande: *Realize Editora*, p. 1–10.

Oliveira, R. R. S., Cardoso, I. S. & Cruz, M. V. (2019). Educação ambiental e análise dos ecossistemas de manguezais com alunos da educação básica. *Geografia Ensino & Pesquisa*, [S. l.], v. 23, p. e25.

Parente, A. G. L. (2012). *Práticas de investigação no ensino de ciências: percursos de formação de professores*. 2012. 234 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências.

PAULA, R. L. G. (2015). *A astrofotografia como estratégia de ensino e popularização da astronomia*. 13 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação (Licenciatura em Física) - Câmpus Central - Sede: Anápolis - CET - Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO.

Pereira, E. M., Farrapeira, C. M. R. & De Lyra Pinto, S. (2006). Percepção e educação ambiental sobre manguezais em escolas públicas da região metropolitana do Recife. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 17.

Pinto, C.M.S.F., Silva, J.P.G. & Silva, M.F.A.A. (2018). Dificuldades no Ensino de Astronomia em sala de aula: um relato de caso. *Revista vivências em Ensino de Ciências*. Pernambuco, v. 2, n. 2, p. 65-75.

Scarinci, A. L. & Pacca, J. L. A. (2006). Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 89–99.

Silva, M. G. (2018). *Metodologia do ensino de astronomia no ensino fundamental I*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.

Slovinski, L., Alves-Brito, A. & Massoni, N. T. (2021). A Astronomia em currículos da formação inicial de professores de Física: uma análise diagnóstica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, p. e20210173.

Teixeira, N. F. F., Moura, P. E. F. & De Andrade Meireles, A. J. (2016). Educação Ambiental em área de manguezal para o desenvolvimento sustentável e comunitário. *Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental*, v. 21, n. 2, p. 176-187.

Tozoni-Reis, M. F. C. (2008). Pesquisa-ação em educação ambiental. *Pesquisa em Educação Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 155–169, 2008.

Trentin, L. & De Castro, R. M. (2025). Possibilidades da Literatura Infantojuvenil na Educação Ambiental: Fundamentos Pedagógicos na Perspectiva de Paulo Freire. *Docent Discunt*, v. 6, n. 00, p. e01964-e01964.

Vieira, P. C., Massoni, N. T. & Alves-Brito, A. (2021). O papel de Cecilia Payne na determinação da composição estelar. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, p. e20210028.

Wayman, P. A. (2002). Cecilia Payne-Gaposchkin: astronomer extraordinaire, *Astronomy & Geophysics*, Volume 43, Issue 1, Pages 1.27–1.29, <https://doi.org/10.1046/j.1468-4004.2002.43127.x>