



Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

Revista Latinoamericana de Educación em Astronomía
Latin-American Journal of Astronomy Education

n. 40, 2025

ISSN 1806-7573

Editor responsável

Jorge Horvath (IAG/USP)

Comitê Editorial

Cristina Leite (IF/USP)

Sergio M. Bisch (Planetário de Vitória/UFES)

Editora Executiva

Paula Cristina Gonçalves (SME/Rio Claro)

Editores Associados

Sônia E. M. Gonzatti(CETEC/UNIVATES)

Rodolfo Valentim (UNIFESP)

Gleici Kelly de Lima(UNESP)

Antonio Carlos Mometti (UNIFESP)

Direitos

© by autores

Todos os direitos desta edição reservados

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

É permitida a reprodução para fins educacionais mencionando as fontes

Esta revista também é disponível no endereço: www.relea.ufscar.br

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia / Universidade Federal de São Carlos. n. 40 (2025). São Carlos 2025.

ISSN: 1806-7573

Revista em Português, Inglês e Espanhol

1. Astronomia –estudo e ensino –periódicos. I.Universidade Federal de São Carlos.

CDD – 520.07

Ficha catalográfica elaborada na Biblioteca Comunitária da UFSCar

Bibliotecário responsável: Arildo Martins - CRB/8 7180

Editorial

Com um leve atraso cumprimos em lançar o número 40 da RELEA, com oito artigos de pesquisa completos. Parte deste atraso se deve novamente à falta de formatação adequada por parte dos autores. Como enunciado no número anterior, os artigos fora de formato serão devolvidos imediatamente quando constatadas diferenças com o template da RELEA, tal como acontece com qualquer revista internacional que utiliza esse sistema, sem serem enviados aos árbitros. Pedimos assim especial atenção para este assunto, favorecendo um fluxo mais ágil para a edição e para os autores que desejam ver suas contribuições avaliadas e publicadas logo.

Mais informações sobre a Revista e instruções para os autores podem ser encontradas em: <www.relea.ufscar.br>. Os artigos podem ser escritos em português, espanhol ou inglês.

Agradecemos aos Editores Associados, aos autores, aos árbitros e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, nos ajudaram na continuidade desta iniciativa e, em particular, na elaboração da presente edição.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor Responsável

Editorial

Con un pequeño retraso, nos complace publicar el número 40 de RELEA, que incluye ocho artículos de investigación completos. Parte de este retraso se debe, nuevamente, a la falta de formato adecuado por parte de los autores. Como se indicó en el número anterior, los artículos que no estén formateados correctamente serán devueltos de inmediato si se detectan discrepancias con el template de la RELEA, como ocurre con cualquier revista internacional que utiliza este sistema, sin ser enviados a revisión por pares. Por lo tanto, solicitamos especial atención a este asunto, lo que favorece un flujo de trabajo más ágil para la edición y para los autores que desean ver sus contribuciones evaluadas y publicadas con rapidez.

Más informaciones sobre la Revista e instrucciones para los autores pueden encontrarse en: <www.relea.ufscar.br>. Los artículos pueden estar escritos en portugués, español o inglés.

Agradecemos a los Editores Asociados, a los autores, a los árbitros y a todos aquellos que, directa o indirectamente, nos ayudaron en la continuidad de esta iniciativa y, en particular, en la preparación de esta edición.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor Responsable

Editorial

With a slight delay, we are pleased to launch issue number 40 of the RELEA, featuring eight complete research articles. Part of this delay is again due to inadequate formatting by the authors. As stated in the previous issue, articles that are not formatted correctly will be returned immediately if discrepancies are found with the RELEA template, as is the case with any international journal that uses this system, without being sent to peer reviewers. We therefore ask for special attention to this matter, favoring a more agile workflow for editing and for authors who wish to see their contributions evaluated and published soon.

More informations about the Journal and instructions for authors can be found at: <www.relea.ufscar.br>. Articles can be written in Portuguese, Spanish or English.

We thank the Associate Editors, the authors, the referees and all those who, directly or indirectly, helped us in the continuity of this initiative and, in particular, in the preparation of this edition.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor-in-Chief

SUMÁRIO

ASTRONOMIA INDÍGENA: PATRIMÔNIO CULTURAL E EDUCAÇÃO INTERCULTURAL DO POVO PITAGUARY	8
ANÁLISE DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DAS LEIS DE KEPLER NO ENSINO MÉDIO: UM OLHAR A PARTIR DOS CONSTRANGIMENTOS DIDÁTICOS QUE EMERGEM DO SABER A ENSINAR E DO SABER ENSINADO	38
INVESTIGANDO ERROS CONCEITUAIS EM ASTRONOMIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS E GEOGRAFIA DO PNLD 2024	90
POTENCIALIDADES DO “GUIA MANGÁ: UNIVERSO” COMO FERRAMENTA DIDÁTICA À LUZ DA TEORIA CRÍTICA DE PAULO FREIRE	119
ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA NA FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES EM ASTRONOMIA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL	148
A ASTRONOMIA INDÍGENA DA AMÉRICA DO SUL E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA CONSTRUÇÃO DE NOVAS NARRATIVAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	186
LITERATURA E EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA: DESAFIOS, TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA	216
O FILME INTERESTELAR COMO RECURSO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM EM ASTRONOMIA	240

SUMARIO

ASTRONOMÍA INDÍGENA: PATRIMONIO CULTURAL Y EDUCACIÓN INTERCULTURAL DEL PUEBLO PITAGUARY _____	9
ANÁLISIS DE LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DE LAS LEYES DE KEPLER EM LA EDUCACIÓN SECUNDARIA: UNA PERSPECTIVA A PARTIR DE LAS RESTRICCIONES DIDÁCTICAS QUE EMERGEN DEL SABER A ENSEÑAR Y DEL SABER ENSEÑADO _____	38
INVESTIGACIÓN DE ERRORES CONCEPTUALES EN ASTRONOMÍA EN LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS Y GEOGRAFÍA DEL PNLD 2024 _____	90
EL POTENCIAL DE LA "GUÍA MANGA: UNIVERSO" COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA A LA LUZ DE LA TEORÍA CRÍTICA DE PAULO FREIRE _____	119
ROTACIÓN POR ESTACIONES: UMA PROPUESTA METODOLÓGICA EM LA FORMACIÓN CONTINUA DE PROFESORES EM ASTRONOMÍA PARA ESTUDIANTES COM DISCAPACIDAD VISUAL _____	149
ASTRONOMÍA INDÍGENA EN AMÉRICA DEL SUR E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS NARRATIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS _____	187
LITERATURA Y EDUCACIÓN EN ASTRONOMÍA: RETOS, TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS EN LA EDUCACIÓN BRASILEÑA _____	217
EL CINE INTERESTELAR COMO RECURSO DOCENTE-PEDAGÓGICO PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE EN ASTRONOMÍA _____	241

CONTENTS

INDIGENOUS ASTRONOMY: CULTURAL HERITAGE AND INTERCULTURAL EDUCATION OF THE PITAGUARY PEOPLE _____	9
ANALYSIS OF THE DIDACTIC TRANSPOSITION OF KEPLER'S LAWS IN HIGH SCHOOL: A PERSPECTIVE ON THE DIDACTIC CONSTRAINTS THAT ARISE FROM THE KNOWLEDGE TO BE TAUGHT AND THE TAUGHT KNOWLEDGE _____	39
INVESTIGATING CONCEPTUAL ERRORS IN ASTRONOMY IN SCIENCE AND GEOGRAPHY TEXTBOOKS FROM THE PNLD 2024 _____	91
THE POTENTIAL OF THE "MANGA GUIDE: UNIVERSE" AS A TEACHING TOOL IN THE LIGHT OF PAULO FREIRE'S CRITICAL THEORY _____	120
ROTATION BY STATIONS: A METHODOLOGICAL PROPOSAL IN THE CONTINUING TRAINING OF TEACHERS IN ASTRONOMY FOR STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENTS _____	149
INDIGENOUS ASTRONOMY IN SOUTH AMERICA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONSTRUCTION OF NEW NARRATIVES FOR SCIENCE TEACHING _____	187
LITERATURE AND EDUCATION IN ASTRONOMY: CHALLENGES, TRENDS, AND PERSPECTIVES IN BRAZILIAN EDUCATION _____	217
THE INTERESTELAR FILM AS A TEACHING-PEDAGOGICAL RESOURCE FOR TEACHING AND LEARNING IN ASTRONOMY _____	241



ASTRONOMIA INDÍGENA: PATRIMÔNIO CULTURAL E EDUCAÇÃO INTERCULTURAL DO POVO PITAGUARY

Nairys Costa de Freitas¹
Heliomárzio Rodrigues Moreira²
Mairton Cavalcante Romeu³
Maria Cleide da Silva Barroso⁴

RESUMO: Os povos indígenas brasileiros, como os Pitaguary, desenvolveram profundos conhecimentos astronômicos, utilizando-os para guiar suas atividades cotidianas e compreender o mundo natural. No entanto, esses saberes ancestrais encontram-se ameaçados pela imposição de valores e práticas culturais ocidentais. Este estudo tem como objetivo investigar a relação entre a Astronomia tradicional dos Pitaguary e o ensino de Ciências nas escolas indígenas da comunidade, buscando compreender como os próprios Pitaguary veem a possibilidade de integrar seus conhecimentos celestes ao currículo escolar. Além disso, a pesquisa analisa o papel das políticas públicas na promoção da educação intercultural e na valorização dos saberes ancestrais. Utilizando metodologia qualitativa de abordagem etnográfica, realizamos uma entrevista semiestruturada com lideranças do povo Pitaguary. A análise dos dados, realizada por meio da análise temática, permitiu identificar as principais categorias e temas presentes nas falas dos entrevistados, revelando a importância da Astronomia tradicional na identidade cultural dos Pitaguary e a necessidade de valorizar esses conhecimentos no contexto escolar. Os resultados desta pesquisa contribuem para a valorização da diversidade epistemológica e para a divulgação dos saberes astronômicos tradicionais no ensino de Ciências, fortalecendo a luta pela educação indígena diferenciada e pela preservação da cultura Pitaguary.

PALAVRAS-CHAVE: Astronomia Indígena; Ensino de Astronomia; Educação Científica; Diversidade Epistemológica; Etnia Pitaguary.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Fortaleza – CE. E-mail: nairys.freitas07@aluno.ifce.edu.br.

2 Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Fortaleza – CE. E-mail: heliomarziom@gmail.com.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Fortaleza – CE. E-mail: mairtoncavalcante@ifce.edu.br.

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Fortaleza – CE. E-mail: ccleide@ifce.edu.br.

ASTRONOMÍA INDÍGENA: PATRIMONIO CULTURAL Y EDUCACIÓN INTERCULTURAL DEL PUEBLO PITAGUARY

RESUMEN: Los pueblos indígenas de Brasil, como los Pitaguary, han desarrollado profundos conocimientos astronómicos, que utilizan para orientar sus actividades cotidianas y comprender el mundo natural. Sin embargo, este conocimiento ancestral está amenazado por la imposición de valores y prácticas culturales occidentales. Este estudio pretende investigar la relación entre la Astronomía tradicional pitaguary y la enseñanza de las Ciencias en las escuelas indígenas de la comunidad, tratando de entender cómo ven los propios Pitaguary la posibilidad de integrar sus conocimientos celestes en el currículo escolar. La investigación también analiza el papel de las políticas públicas en la promoción de la educación intercultural y la valoración de los conocimientos ancestrales. Utilización de una metodología cualitativa con un enfoque etnográfico, realizamos entrevistas semiestructuradas con líderes del pueblo Pitaguary. Los datos fueron analizados por medio de análisis temático para identificar las principales categorías y temas presentes en las declaraciones de los entrevistados, revelando la importancia de la Astronomía tradicional en la identidad cultural de los Pitaguary y la necesidad de valorar este conocimiento en el contexto escolar. Los resultados de esta investigación contribuyen a la valorización de la diversidad epistemológica y a la difusión del conocimiento astronómico tradicional en la enseñanza de las Ciencias, fortaleciendo la lucha por la educación indígena diferenciada y la preservación de la cultura Pitaguary.

PALABRAS CLAVE: Astronomía Indígena; Enseñanza de Astronomía; Educación Científica; Diversidad Epistemológica; Etnia Pitaguary.

INDIGENOUS ASTRONOMY: CULTURAL HERITAGE AND INTERCULTURAL EDUCATION OF THE PITAGUARY PEOPLE

ABSTRACT: Brazil's indigenous peoples, such as the Pitaguary, have developed profound astronomical knowledge, using it to guide their daily activities and understand the natural world. However, this ancestral knowledge is under threat from the imposition of Western cultural values and practices. This study aims to investigate the relationship between traditional Pitaguary Astronomy and Science teaching in the community's indigenous schools, seeking to understand how the Pitaguary themselves see the possibility of integrating their celestial knowledge into the school curriculum. In addition, the research analyzes the role of public policies in promoting intercultural education and valuing ancestral knowledge. Using a qualitative methodology with an ethnographic approach, we conducted semi-structured interviews with leaders of the Pitaguary people. Data analysis, carried out using thematic analysis, enabled us to identify the main categories and themes present in the interviewees' statements, revealing the importance of traditional Astronomy in the Pitaguary's cultural identity and the need to value this knowledge in the school context. The results of this research contribute to the valorization of epistemological diversity and the dissemination of traditional astronomical knowledge in Science teaching, strengthening the struggle for differentiated indigenous education and the

preservation of Pitaguary culture.

KEYWORDS: *Indigenous Astronomy; Teaching Astronomy; Scientific education; Epistemological diversity; Pitaguary ethnicity.*

1. INTRODUÇÃO

Os indígenas foram os primeiros “astrônomos” do Brasil, pois as atividades diárias deste povo estão associadas às coisas do Céu (Afonso, 2006a). Os fenômenos astronômicos sempre estiveram ligados à sobrevivência dos povos indígenas, uma delas é a colheita, plantio, caça, pesca e outras atividades importantes (Afonso, 2010). Logo, é importante salientar que existem pesquisadores que se dedicam ao estudo da Astronomia Indígena de vários povos e culturas (Garcia *et al.*, 2016). Assim, a conexão do ser humano com o céu promove a manifestação de conhecimentos relacionados “às coisas do céu”, os quais foram ensinados de geração em geração verbalmente por meio de atividades práticas, mitologias e tradições (Jalles *et al.*, 2013).

A Astronomia Indígena brasileira é reconhecida como um patrimônio importante para o país, indicando seu destaque ao mapear e sistematizar os conhecimentos astronômicos dos povos originários (Martins de Carvalho *et al.*, 2021). Um dos indicativos de que o homem sempre observou o céu, é a fala de Luiz Galdino, pesquisador brasileiro da arte rupestre pré-histórica, também autor de “A Astronomia Indígena” (2011), o qual assegurou que o firmamento da Astronomia é repleto de indicadores da percepção humana, desde a pré-história, que os eventos como as mudanças climáticas – ventos, chuvas, frio, calor – assim como a produção de frutos e a reprodução dos animais detectavam as estações do ano. O homem se baseava pelos fenômenos sazonais, e por esta razão sempre se interessou em mapear o céu, de modo que as estrelas serviam como guias na caça, na prática da agricultura e da pesca. Um ponto importante na organização humana foi a união de várias estrelas em grupos, a fim de facilitar a identificação, dando origem ao estudo das constelações (Fares *et al.*, 2004).

É de suma importância considerar que a Astronomia ensinada nas escolas brasileiras é originária de uma concepção ocidental do céu noturno (Araújo; Verdeaux & Cardoso, 2017). Assim, levando em conta o dizer de Rodrigues e Leite (2020), os quais consideram a Astronomia Indígena uma área da ciência que discorre os “[...] saberes sobre o céu atrelada às manifestações socioculturais dos povos, possuindo a potencialidade de abordar a diversidade cultural no contexto das aulas de ciências da natureza” (p. 01). Nesse sentido,

Oliveira (2022) afirmou que a pluralidade cultural é um dos temas transversais importantes para a educação, tendo como premissa as recomendações da Base Nacional Comum Curricular – BNCC.

Logo, a educação escolar indígena diferenciada é um dos direitos básicos conquistados pelos povos indígenas, garantido pela Constituição Federal de 1988, conforme o Art. 210 e § 2º: “O ensino fundamental regular será ministrado em língua portuguesa, assegurada às comunidades indígenas também a utilização de suas línguas maternas e processos próprios de aprendizagem” (Brasil, 1988). Similarmente à Lei nº 9.394/96, que norteia as Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDBEN, validada no artigo 78, a qual propõe a garantia de uma educação escolar bilíngue e intercultural (Brasil, 1996). Em concordância, a Lei nº 11.645/2008 alterou o Art. 26 – A da referida lei, o qual passou por modificações pela Lei nº 10.639/2003, tornando indispensável o ensino da História da África, dos afro-brasileiros e dos povos indígenas.

Com base no parágrafo anterior, as mudanças ocorridas no campo educacional indígena ganharam força com início em 1996, com o assentimento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, asseverando a concepção de uma educação diferenciada, respaldada pelo uso das línguas dos indígenas, pelo reconhecimento dos conhecimentos milenares e a formação de professores indígenas para o desempenho das funções em sala de aula de suas respectivas comunidades. Contudo, a partir do início desse marco histórico ocorreram alterações significativas, dando origem a novas práticas sociais para a escola em terras indígenas (Grupioni, 2001). Assim, é importante considerar o significado do valor pedagógico da Astronomia Indígena para a educação básica, conforme citado por (Afonso, 2006):

Devemos ressaltar o valor pedagógico do ensino da Astronomia Indígena, principalmente a dos indígenas e a dos afro-brasileiros, para os alunos do ensino fundamental e médio de todo o Brasil, por se tratar de uma astronomia baseada em elementos sensoriais (como as Plêiades e Via Láctea), e não em elementos geométricos e abstratos, e também por fazer alusão a elementos de nossa Natureza (sobretudo fauna e flora) e história, promovendo autoestima e valorização dos saberes antigos, salientando que as diferentes interpretações da mesma região do céu, feitas por diversas culturas, auxiliam na compreensão das diversidades culturais (Afonso, 2006, p. 79).

Embora o protagonismo histórico e cultural dos povos indígenas tenha

sido ocultado (Milanez et al., 2019) e os seus conhecimentos tradicionais estejam ameaçados, é fundamental legitimar a importância da Astronomia Indígena e o reconhecimento das diversas compreensões sobre o Universo, o qual vem se tornando crucial para o fortalecimento do discurso de resistência (Copixo, 2017).

No trabalho exposto, a Astronomia é apresentada conforme a cultura do povo Pitaguary, o qual vive entre as cidades de Pacatuba, Maracanaú e Maranguape, região metropolitana do estado do Ceará. A história dessa etnia começa em 1665, marcada por diversos conflitos envolvendo habitantes nativos, portugueses e holandeses no Ceará, tendo como consequência a formação de um aldeamento original, formado pelos Potiguara, conhecido como Bom Jesus da Aldeia de Parangaba. Em 1980, construíram as aldeias São Sebastião de Paupina, dando origem às Aldeias de Caucaia e à Aldeia Nova de Pitaguary (Porto Alegre, 1992; Pinheiro, 2021).

Considerando o problema de pesquisa estabelecido, o trabalho exposto tem como objetivo analisar a relação entre a Astronomia tradicional Pitaguary e o ensino de Ciências nas escolas indígenas da comunidade, questionando o papel das políticas públicas na promoção da educação intercultural e na valorização dos conhecimentos ancestrais.

2. O CÉU DOS INDÍGENAS: UMA BREVE DISCUSSÃO

A pluralidade de culturas existentes no Brasil que antecede o seu descobrimento até os dias atuais, com diferentes visões, possibilita o desenvolvimento dos saberes indígenas a respeito das relações entre a terra e o céu (Afonso, 2010). Assim, as diversas concepções culturais, as múltiplas figuras projetadas no céu e sua mitologia, permitem olhar para o céu e interpretar a natureza mediante um novo ponto de vista, ajustar o foco e decidir se irá preservar a natureza ou contribuir para a extinção da humanidade (Krenak, 2020).

Magalhães (1837–1898) relata em seu livro, escrito em 1876, diversas informações a respeito da cultura, mitologia e religião dos indígenas brasileiros. Uma das informações mais importantes é da contagem do tempo, já que para os indígenas o dia e a noite não eram divididos em horas, mas em intervalos de tempo maiores, em que o dia era representado pelo Sol, à noite, pela escuridão, e, as demais estrelas, pela Lua e pelo barulho dos pássaros. Além disso, o autor relata que os indígenas conheciam um número maior de constelações do que ele, se destacando pelo discernimento preciso do tempo à

noite e pela observação de manchas no céu, conhecida hoje como Via Láctea (Magalhães, 1935).

Koch-Grünberg (1872–1924), no decorrer de sua viagem a Roraima e ao Orinoco de 1911 a 1913, juntou uma coletânea de contos mostrando diversos mitos referentes aos eclipses solares e lunares. Um dos mitos apresenta as relações orbitais entre o Sol e a Lua, narrando a maneira como Makunaíma é devorado por um lagarto enorme, e em seguida foi salvo pelo seu irmão Ma'nape, o qual abriu o lagarto e tirou Makunaíma do perigo (Koch-Grünberg, 1953).

Nesse contexto, os mitos apresentam que sempre foi de grande interesse para os indígenas relacionar o Sol e Lua ao cotidiano, pois orientam os calendários, são referências para as mitologias envolvendo os heróis das suas comunidades e estão diretamente ligados a duas entidades antropomorfas. Assim, para os indígenas, os raios do Sol representavam um homem com uma coroa em sua cabeça, enfeitada de prata e penas de papagaio (Gama & Pereira, 2021).

Em 1612, o missionário capuchinho francês Claude d'Abbeville conviveu quatro meses com os indígenas tupinambás do Maranhão, próximo à Linha do Equador. Sua convivência com os povos originários possibilitou o registro de cerca de 30 estrelas e constelações, as quais foram descritas em seu livro "Histoire de la Mission de Pères Capucins en l'Isle de Maragnan et terres circonvoisins", publicado em Paris, em 1614, o qual foi considerado uma das mais relevantes fontes da etnografia dos Tupi. Contudo, o missionário identificou apenas algumas constelações (Lima & Moreira, 2005; Germano, 2013).

Ainda conforme Lima e Moreira (2005), foi realizada uma análise de documentos históricos a respeito dos extintos tupinambás e sua relação com a tradição astronômica Guarani, possibilitando ainda atualmente identificar algumas das constelações citadas pelo missionário D'Abbeville, visto que as duas culturas são da mesma família linguística e os seus sistemas astronômicos são semelhantes. Ainda de acordo com Claude d'Abbeville, os indígenas Tupinambá observavam também a "trajetória" do Sol, e reconheciam que quando o Sol vinha do polo ártico trazia-lhes ventos e brisas. Caso acontecesse o contrário, trazia-lhes chuvas, quando vinha do outro lado em seu nascimento para nós. Além disso, seu calendário possuía doze meses, como o nosso.

A Astronomia Indígena é um campo de pesquisas explorado recentemente, além disso, é interdisciplinar e aborda o reconhecimento da dimensão cultural da Astronomia (Gama & Pereira, 2021). Na visão de Silva e Baptista (2018), o conhecimento tradicional apresenta um conjunto de saberes empíricos, os quais são construídos pela sociedade a fim de garantir sua sobrevivência. Os autores ainda levam em consideração que esse conjunto de conhecimentos: “[...] não é reconhecido como “Ciência”, pelo menos não como “Ciência ocidental”, mas que possui um valor intrínseco como forma de sobrevivência desses povos, além de representar a relação destes com a natureza” (p. 03, grifos do original).

A comunidade científica possui pouco envolvimento com o sistema astronômico indígena brasileiro, pode ser levada ao esquecimento nas próximas uma ou duas gerações. A extinção desses conhecimentos pode ocorrer pelo processo de globalização acelerado e devido às dificuldades em documentar, avaliar, legitimar, amparar e divulgar os conhecimentos dos povos originários (Afonso, 2013). Um dos exemplos a ser citado neste trabalho é a estimativa de presença humana que data mais de 11.000 anos no estado do Ceará. Logo, no decorrer da invasão, estima-se que o estado era altamente habitado por 22 povos indígenas entre serra, mar e sertão (Maciel, 2017). Esses povos eram oriundos da costa do Pacífico, cuja origem veio de duas populações de pessoas altas e robustas, e outra composta por pessoas de estrutura mediana (Pinheiro, 2002; Studart Filho, 1965). Assim, no início do século XVII, quando os portugueses iniciaram a invasão do Ceará, havia 75.000 índios, Tupi e 150.000 índios Tapuias em terras cearenses (Pompeu Sobrinho, 1937), que posteriormente foram gradualmente expulsos e dizimados (Maciel, 2017).

Embora parte dos povos tradicionais tenha sido dizimada e a luta pelos seus direitos, é fato que “Investigações recentes mostram que as sociedades tribais conhecem sistemas astronômicos de grande refinamento” (Magaña, 1988, p. 447). Uma das formas de resgatar os conhecimentos tradicionais dos povos indígenas é por meio das escolas diferenciadas, as quais são semelhantes às escolas das regiões urbanas, a fim de “incluir” os indígenas na sociedade nacional (Ladeira, 2004).

3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O presente trabalho possui uma natureza qualitativa, com argumentos maioritariamente descritivos para a compreensão dos dados (Marconi &

Lakatos, 2010). Esta abordagem visa obter dados descritivos de pessoas, lugares e processos interativos, em que a compreensão dos fenômenos é dada consoante ao ponto de vista dos sujeitos participantes (Dalfovo; Lana & Silveira, 2008; Creswell, 2013). No entanto, com o intuito de adquirir elementos para a pesquisa, foi feito o uso de ferramentas etnográficas, a fim de refletir a respeito da Astronomia inserida na realidade social da comunidade Pitaguary (Haguette, 2005). Assim, com o intuito de valorizar o uso das palavras dos sujeitos da pesquisa (Gil, 2008; Flick, 2002; Haguette, 1997), optou-se por usar a entrevista como instrumento de pesquisa.

Os sujeitos desta investigação foram três lideranças Pitaguary, selecionadas por conveniência, pois foi realizado um convite aos líderes que tivessem maior disponibilidade de tempo e/ou que atuasse como docente nas escolas da aldeia. A entrevista semiestruturada foi realizada com duas lideranças femininas, que atuam como professoras das escolas locais e uma liderança masculina (Pajé). A entrevistada “Manjé” é cuidadora do sagrado feminino, mãe de santo, formada em Licenciatura Intercultural pela Universidade Federal do Ceará (UFC), palestrante e liderança indígena, seguidora de Pajé, raizeira, cachimbeira e parteira. Realizou os filmes *Vozes Guerreiras*, 2021, *Vozes da Terra* e *Curumins de Luz (Erês)* em 2022. A entrevistada “Cacica” atua como liderança há quase 30 anos, a mesma também é docente dos anos finais do Ensino Fundamental, graduada em curso de Magistério Indígena Diferenciado, ofertado pela UFC em parceria com a Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI) e ativista na luta em defesa pela educação, pela saúde, pelos direitos das mulheres e pela autodeterminação dos povos indígenas. Optamos por manter o anonimato do(a)s entrevistado(a)s.

As entrevistas foram filmadas em um intervalo de noventa minutos e passaram por uma transcrição. Nas palavras de Halcomb e Davidson (2006, p. 38), transcrever diz respeito à “reprodução das palavras faladas, como as que provêm de uma entrevista gravada, em texto escrito”. A transcrição deste trabalho é considerada não naturalista, a qual prioriza o discurso verbal e está centrada na ocultação dos elementos idiossincráticos da narrativa, se tratando de uma transcrição polida e repleta de seletividade (Bucholtz, 2000; Oliver, Serovich, & Mason, 2005).

Os entrevistadores registraram informações pessoais, como idade, sexo, formação acadêmica, atuação profissional, preservando a identidade das entrevistadas. A entrevista foi realizada pessoalmente, seguindo um roteiro, a

fim de responder às questões norteadoras da pesquisa. As perguntas na entrevista foram elaboradas com base em Jinkings (2000) e David (2004). É fundamental destacar que o roteiro foi composto por assuntos que incluíam as concepções dos indígenas a respeito do Universo; considerando como “as coisas do céu” são abordadas nas aulas de Ciências do Ensino Fundamental e Médio das escolas indígenas Pitaguary. Além disso, foi evidenciada a luta pela educação indígena diferenciada, a qual vem sendo fundamental na preservação e valorização dos saberes ancestrais.

Os dados adquiridos na entrevista foram analisados mediante a técnica de análise temática. Na visão de Rampazzo (2013), esse tipo de análise serve de fundamento para realizar um resumo de um texto, cujo objetivo é expor uma sequência lógica de abstrações. Para Souza (2019), a análise temática pode ser útil nas abordagens indutiva e baseada nos dados, a qual parte de uma série de categorias pré-definidas ou temas estabelecidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os Pitaguary estão situados em dois municípios cearenses, os quais são Maracanaú e Pacatuba, ambos localizados na região metropolitana de Fortaleza (Diniz, 2010). Os Pitaguary são reconhecidos por algumas características que os definem na sociedade, além disso, se destacam por serem diferentes e levam sua cultura para a sala de aula por meio dos sinais diacríticos definidores, como a pintura corporal, consideradas pelos próprios como diferente das demais etnias. De igual modo, a dança do Toré, considerada significativa, também é ensinada na escola diferenciada (Oliveira, 2016).

Assim, a entrevista a seguir investiga os principais aspectos da Astronomia utilizados no ensino de Ciências, levando em consideração a cultura e os costumes do povo Pitaguary. Tendo como justificativa que, desde o princípio das sociedades, a observação dos fenômenos astronômicos desperta a admiração da humanidade. Deste modo, a organização da observação dos fenômenos cósmicos teve como resultado diversas interpretações relacionadas aos povos que as utilizaram conforme as suas necessidades cotidianas, fazendo com que o céu se torne um componente cultural, o qual, de forma singular reflete os povos e suas culturas, suas crenças e suas relações com a natureza (Oliveira, 2020).

Entrevistador(a): “Como vem sendo o ensino de Ciências da Natureza para os jovens e crianças Pitaguary no contexto dos costumes e cultura de vocês?”

Manjé: “Nós trabalhamos dentro da perspectiva desse sagrado, somos guiados pelas estrelas. Não sei se vocês sabem, mas, todos os indígenas até hoje, somos guiados pelas estrelas, quando a gente quer saber se o inverno vai ser bom, a gente vê através das estrelas, inclusive através do Sol, vemos através da Lua se vai chover ou não. Nós trabalhamos principalmente dentro dessa espiritualidade, uma coisa bem milenar e somos orientados por esses fenômenos da natureza. Além disso, deitamos no chão para reverenciar a mãe Terra também, dentro desse segmento a gente vai trabalhando isso nas nossas crianças, pois acreditamos que elas serão como nós quando não estivermos mais aqui. Hoje, a gente faz esse segmento dentro das escolas indígenas, e ensinar a importância disso é um trabalho muito bonito, pois reunimos crianças e troncos velhos para uma roda de conversa aqui na nossa aldeia, onde a gente partilha vários saberes”.

Um dos fatores revelados no decorrer da entrevista, são os ensinamentos dos saberes dos povos indígenas, por estarem sob ameaça de extinção nos últimos anos, devido ao genocídio e epistemicídio, bem como os efeitos do pós-colonialismo, o qual vem levando as comunidades a se preocuparem com a preservação dos seus conhecimentos (Garcia et al. 2016). Feito isso, a manjé relata a importância dos ensinamentos dos saberes para os estudantes da escola diferenciada Ita-Ara, considerando estes conhecimentos e costumes como sagrado. Além disso, é evidenciado na entrevista a forte ligação dos Pitaguary com a natureza, a Terra, o Universo e a importância dos fenômenos astronômicos para a pesca, caça, plantio e colheita. As perspectivas a respeito da relevância destes fenômenos estão em concordância com as palavras de Afonso (2006), o qual ressalta o valor pedagógico da Astronomia Indígena, por valorizar os conhecimentos antigos fundamentados em elementos sensoriais (como as Plêiades e Via Láctea).

É de suma importância a aproximação entre a comunidade científica e as comunidades nativas, a qual é dada como exemplo a partir da interação dos indígenas com a natureza (Mariuzzo, 2018). Em concordância, o trabalho de Hoffmann (2021) apresentou o resgate da Cultura Astronômica dos indígenas e relacionou os conhecimentos empíricos dos povos indígenas da etnia Avá-Guarani a respeito da Astronomia com os conhecimentos científicos a respeito

da observação do céu noturno. A partir desse pressuposto, o diálogo a seguir trata da ligação dos indígenas Pitaguary com a natureza e com as coisas do céu, tendo como base o trabalho de Garcia et al. (2016), o qual delineia uma abordagem a respeito do céu dos indígenas em sala de aula. A seguir, o diálogo consiste em relatar a importância da relação dos indígenas Pitaguary com a natureza e os fenômenos astronômicos.

Entrevistador(a): “Na sua concepção, qual a ligação dos Pitaguary com a natureza e com as coisas do céu”?

Manjé: “Existe uma ligação entre nós, a natureza e o céu, a qual abordamos nas nossas aulas para as nossas crianças, em que ensinamos descansar para sentir essa conexão. Esse vem sendo o nosso trabalho nas escolas diferenciadas, mostrar o significado da nossa existência nesse planeta, a importância da conexão com a natureza e da preservação ambiental”.

O diálogo expressa a abordagem dos ensinamentos a respeito da importância da natureza e o céu dos indígenas, o qual é relatado como um dos trabalhos fundamentais das escolas diferenciadas. Afonso e Velho (2013) afirmam que nos últimos anos vem suscitando um interesse crescente pelos saberes do céu dos povos originários do Brasil, em especial devido à lei Nº 11.645/2008, de 10 de março de 2008, que recomenda a obrigatoriedade do estudo da história e cultura indígena, nas instituições públicas e privadas de Ensino Fundamental e de Ensino Médio.

Ainda em relação à pergunta anterior, a Manjé entrevistada acrescenta a seguinte fala:

Manjé: Continuação: “As crianças, eu não digo todas, elas são muito desligadas, e conectadas à tecnologia. Isso faz muito mal, e a gente tenta fazer a diferença do plantar dentro das escolas indígenas, a gente conta com as crianças para que elas saibam o verdadeiro sentido do ‘se alimentar’ e do agradecer quem plantou o alimento. A escola diferenciada é justamente isso, a gente ensina tudo através da Lua, das estrelas, do Universo, da Terra e das Árvores a importância de estarmos aqui hoje. Então a gente vai ensinando aos poucos porque tem criança ainda que tá muito desligada, pois a gente acaba caindo também dentro dessa tecnologia que ajuda, mas também atrapalha. Então é

mais ou menos isso que a gente vem Trabalhando dentro das escolas com crianças, com os jovens e adolescentes”.

A narrativa enfatiza a importância de ensinar às crianças Pitaguary sobre sua conexão essencial com a natureza e o cosmos, levando esse ensinamento para as escolas diferenciadas, pois, segundo a entrevistada, os professores ensinam por meio das estrelas, da Lua e da Terra. A Manjé cita a Astronomia Cultural, a qual é considerada uma área de pesquisa recente, em que os pesquisadores buscam compreender como as diversas sociedades se relacionam e constroem conhecimentos a respeito do céu. Bueno et al. (2019) ainda consideram que essas relações são construções humanas, onde cada grupo social faz a sua própria interpretação sobre os corpos celestes, e a partir dessas compreensões, passam a ter nomes e significados distintos.

Para complementar a pesquisa, foi realizada uma entrevista com mais uma representatividade e liderança da reserva indígena Pitaguary. A entrevistada será identificada neste trabalho como “Cacica”, cuja experiência adquirida ao longo dos há quase 30 anos à educação indígena e ao movimento em prol do seu povo tem sido fundamental para a descrição dos conhecimentos e patrimônio cultural do povo Pitaguary, bem como nos proporcionando uma visão privilegiada da história da educação local.

Nessa etapa da entrevista, foi abordada a experiência do Pajé da aldeia Pitaguary, o qual menciona a importância de se orientar pelas estrelas a partir dos ensinamentos de seus pais.

Entrevistador(a): “A partir da sua experiência de vida e dos ensinamentos dos troncos velhos, qual a importância dos astros para o seu cotidiano”?

Pajé: “Desde criança meu pai me ensinou a importância da conexão com a natureza, e a partir daí, aprendemos a observar o que ela quer nos dizer através do nascer e do pôr do Sol, bem como orientações das estrelas e da Lua para atividades de plantação, colheita, caça e de pesca. Além desses ensinamentos, compreendemos que a natureza e o céu estão conectados com todos os seres vivos – animais e pessoas. A preservação desses saberes e da natureza representa nossa subsistência, pois fazem parte da nossa existência e do nosso sagrado”.

As palavras do Pajé coadunam com o dizer de Krenak (2020), o qual afirma que os nossos corpos possuem uma intrínseca relação com tudo aquilo que é vida, e que a Terra, o céu e o que sentimos não estão separados. Assim, Afonso (2010, p. 3) afirma que “[...] os pajés dizem que tudo que existe no céu

existe também na Terra, que nada mais seria do que uma cópia imperfeita do céu”.

Nessa parte da entrevista, foi abordada a experiência da Cacica com os ensinamentos dos seus troncos velhos sobre a Astronomia, bem como a associação desses saberes com o cotidiano.

Entrevistador (a): “Qual a sua experiência com a Astronomia em relação a agricultura, ao cotidiano e as maneiras de sobrevivência”?

Cacica: “Na minha infância era tudo natural, nós brincávamos ao redor da luz da fogueira, nos baseávamos pela luz da Lua, a sombra e a posição do Sol. Quando minha mãe queria saber se era meio-dia, ela pedia para que eu fosse lá fora e ficasse em pé. Se eu ficasse em pé no meio do terreiro e não visse minha sombra, era porque indicava que era meio-dia, e já estava próximo de papai chegar em casa para almoçar.

Então, meus pais tinham um hábito de nos reunir ao redor da fogueira e nos mostrar as estrelas e a Lua. Era através desses astros que meus pais baseavam para saber o período de plantação e colheita, e uma das que me chamaram a atenção foi a posição dos Três Reis Magos. Quando os Três Reis Magos estavam direcionados para cá, era porque o inverno ia ser bom”.

Uma das experiências marcantes relatadas pela Cacica, se trata de ela ficar em pé no meio do terreiro para saber se já era meio-dia. Essa experiência era realizada pelos povos antigos por meio de um instrumento chamado Gnômon, o qual se trata de uma haste cravada verticalmente sobre o solo. Esse instrumento também foi utilizado nas seguintes civilizações: Egito (obeliscos) no século XV a.C., na China no século II a.C., na Grécia no século VII a.C. e em diversas partes do mundo (Afonso et al., 2016).



Figura 1: Gnômon indígena reconstruído pelo pesquisador Germano Afonso, usado como relógio solar (Foto: Lucio Silva/Divulgação)

A Figura 1 apresenta o Gnômon, o qual a humanidade sempre utilizou para medir o tempo. Sua utilidade estava relacionada com a observação do comprimento da sombra durante o dia, visando realizar tarefas diárias com base nesse instrumento. A observação das sombras⁵ do Gnômon também possibilitava definir as estações do ano, as quais também eram fundamentais nas atividades agrícolas (Soares, 2011).

Os Três Reis Magos citados pela Cacica são também conhecidos como as Três Marias (conhecidas conceitualmente como asterismos) na Astronomia europeia. O cinturão de Órion (Três Marias ou Três Reis Magos) é composto pelas estrelas δ Orionis (Mintaka), ϵ Orionis (Alnilam) e ζ Orionis (Alnitak), as quais representam o joelho da perna sadia da constelação do Homem Velho (formada pelas constelações ocidentais Touro e Órion), uma das constelações mais importantes dentro das comunidades indígenas brasileiras (Afonso, 2013).

⁵ Existe uma concepção alternativa no Ensino de Astronomia a respeito do movimento aparente do Sol e o comportamento das sombras dos objetos com o passar do tempo, os quais são fenômenos observáveis no cotidiano. Nesse sentido, algumas pessoas acreditam que ao meio-dia não é possível formar sombra em nenhum lugar, contudo, depende da latitude das cidades, onde na maioria das vezes a sombra aparece apenas um ou dois dias do ano (Machado, 2013).

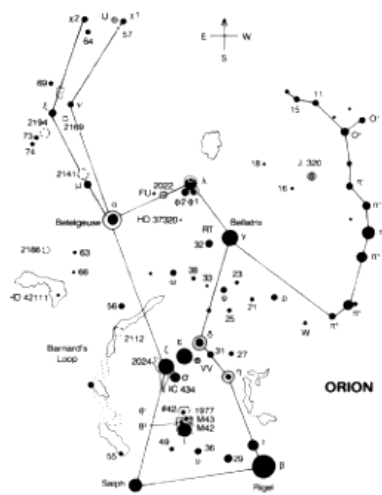


Figura 2: Constelação de Órion.

Fonte: Oliveira Filho e Saraiva (2022).

A Figura 2 mostra a constelação de Órion, na qual se encontram os Três Reis Magos citados pela Cacica. A constelação de Órion é de fácil visualização em dezembro, e para identificar, basta encontrar três estrelas próximas entre si, de mesmo brilho e alinhadas. Essas estrelas são chamadas de Três Marias ou Três Reis Magos, formando o cinturão de Órion, o caçador (Oliveira-Filho & Saraiva, 2011).

Assim, na cultura Pitaguary, quando os Três Reis Magos estivessem com o brilho mais intenso em direção a eles, significava que o inverno seria bom. Para a maioria das etnias, as três Marias ou os três Reis Magos possuem um significado espiritual, os quais indicam o caminho dos mortos para os indígenas. Por esta razão, muitas etnias sepultam seus mortos com a cabeça direcionada para o leste e os pés direcionados para o oeste, caracterizando o ciclo da vida e da morte (Afonso et al., 2016).

Cacica: Continuação: “Uma das lembranças que guardo até hoje são as sete estrelas, as quais nós chamamos de Sete Marias. A Estrela D'alva também era motivo de muitos questionamentos, pois a mesma era a mais brilhante do céu noturno. Nossa mãe nos mostrava e nós ficávamos encantados com a beleza das estrelas. Na minha infância não tínhamos iluminação elétrica, fazendo com que a beleza das estrelas se destacasse”.

As sete estrelas citadas pela Cacica, são um aglomerado aberto de estrelas jovens, azuis, situadas na constelação ocidental do Touro. Longe da

iluminação artificial e sem a luz da Lua, é possível ver sete dessas estrelas, por esta razão, também são conhecidas como as Sete Estrelas ou as Sete irmãs (Afonso; Cremonese & Bueno, 2016). Várias etnias indígenas utilizam as Plêiades (Eichu⁶, em Guarani) para construir seus próprios calendários, observando os dias do nascer helíaco (solar), do nascer anti-helíaco (antissolar) e do pôr (acaso) helíaco (solar) das Plêiades (Colonese, 2021).



Figura 3: M45 – as Sete Irmãs
Fonte: NASA/JPL/Instituto de Ciências Espaciais (2006)

A Figura 3 mostra as Plêiades, aglomerado aberto M45, catalogado como NGC 1432/35, as quais estão situadas a cerca de 4 graus da eclíptica. Por esta razão, alguns de seus elementos são continuamente ocultados pela Lua e eventualmente pelos planetas do nosso Sistema Solar (Afonso; Cremonese & Bueno, 2016).

Em seguida, foi abordada a admiração da Cacica pela Estrela D'alva. Para os indígenas, os conhecimentos a respeito das estrelas são praticamente iguais para todos, em que a Estrela D'alva é a mais conhecida (Tolentino, Moraes & Tasinaffo-Alves, 2021). Na presente pesquisa, constatamos a confirmação da abordagem dos indígenas no trabalho de Santos (2022), em que as distinções conceituais entre a definição de planeta e estrela não foram destacadas. Outro exemplo são os aglomerados de estrelas e constelações⁷, os

⁶ Para os povos Guarani, Eichu significa enxame de abelhas ou vespeiro, o qual se refere ao aglomerado estelar das Plêiades (Colonese, 2021).

⁷ É fundamental considerar que para Afonso (2010), o que difere as constelações indígenas das constelações ocidentais são os seguintes aspectos: 1) as principais constelações ocidentais registradas pelas antigas civilizações são aquelas que cruzam a

quais são conhecidos pelos povos indígenas como: “sete estrelas, cinco estrelas”, diferente da cultura ocidental.

Entrevistador(a): “Os materiais didáticos das escolas indígenas possuem conteúdos de Astronomia de acordo com a cultura de vocês?”

Cacica: “O material didático indígena somos nós mesmos, pois somos nós mesmos que conhecemos nossas histórias, nossa cultura e as nossas crenças. Nós temos a nossa própria geografia. Voltando para os livros convencionais e os conteúdos convencionais, nós temos muitos materiais didáticos nas nossas escolas. Porém, esses materiais didáticos não mencionam nossas culturas, sendo necessário fazer transposição didática para a nossa realidade local”.

A Cacica denuncia a falta de materiais didáticos que respeitem a diversidade cultural, especialmente na educação indígena. Para superar esse desafio, os professores precisam desenvolver habilidades de transposição didática, adaptando os conteúdos às realidades e interesses dos estudantes Pitaguary. Essa prática, além de tornar o ensino mais significativo, contribui para a valorização da cultura indígena e a construção de uma educação mais justa e inclusiva. As pesquisas de Santos et al. (2023) e Alves-Brito et al. (2018) corroboram essa necessidade, evidenciando a importância de incluir as diferentes culturas nos materiais didáticos e de promover a discussão sobre relações étnico-raciais em todas as áreas do conhecimento.

Entrevistador(a): “A Etnia de vocês teve alguma conquista importante na Educação?”

Cacica: “Em 1999 nós começamos a luta pela educação indígena diferenciada, pois sentíamos a necessidade de passar para os nossos alunos a nossa cultura por meio das disciplinas basilares. Muitas das vezes os pais não passavam as nossas tradições, costumes e crenças em casa, pois tinham medo da opressão, pois nossos troncos velhos sofreram a

eclíptica, plano onde os corpos planetários do nosso Sistema Solar tendem a situar-se. Já as constelações indígenas estão localizadas na faixa brilhante do céu noturno (partes claras), a qual é composta por estrelas, poeira e gás. 2) para os povos indígenas, as constelações são formadas tanto por conjuntos de estrelas como pelas manchas claras e escuras da Via Láctea (sem estrelas). Nesse sentido, a Grande Nuvem de Magalhães e Pequena Nuvem de Magalhães são consideradas constelações, as quais são apenas manchas. 3) Enquanto a União Astronômica Internacional (UAI) utiliza um total de 88 constelações, distribuídas nos dois hemisférios terrestres, alguns grupos indígenas apresentam mais de cem constelações, a partir de sua região de observação.

negação dos seus valores e dos seus direitos, foram massacrados, nosso povo também foi escravizado.

Nós temos um local sagrado, lá no alto da mangueira, onde morreram de fome e tortura muitos de nossos povos. Lá na Cafua tem o quarto dos escravos, esse quarto não foi usado para massacrar os africanos, esse quarto foi usado para torturar os indígenas, o povo originário dessa terra que hoje é chamado Brasil. Por esta razão os pais dos jovens naquela época tinham medo de dizer a sua origem, por medo de sofrer tudo novamente.

Em 1999 nós conseguimos a nossa primeira escola indígena diferenciada. A escola era linda, no formato circular, ganhamos o material de uma Organização Não Governamental (ONG) e a nossa comunidade se responsabilizou pela mão de obra. Infelizmente perdemos a nossa primeira escola por falta de estrutura, mas, depois de muita luta conseguimos, finalmente, realizar nosso sonho de ter nossa própria escola diferenciada, a qual atende os nossos jovens indígenas”.

A Cacica relata a resistência do seu povo em prol da educação indígena diferenciada, em que a resistência diante dos obstáculos teve como resultado a oportunidade de acesso gratuito à educação básica para os jovens da comunidade Pitaguary. A ideia da educação diferenciada veio por meio da necessidade de ensinar a cultura do seu povo para os mais jovens por meio das disciplinas basilares, o que causou medo e discordância em algumas famílias, devido aos sofrimentos dos seus troncos velhos.

O relato da Cacica a respeito das opressões sofridas pelos troncos velhos não é apenas um caso isolado, pois, mesmo sendo nativos, os indígenas foram os primeiros a serem escravizados, prestando trabalho forçado no engenho de açúcar, cuja mão de obra foi sobretudo nativa, antes da deportação de africanos do seu continente de origem para serem traficados e escravizados no Brasil, por volta do século XVI (Marquese, 2006). Assim, o relato comprova que sempre existiram preconceito e violência contra os povos indígenas, fazendo com que a maioria dos Pitaguary tivessem receio e negassem a própria identidade, pois as tentativas de extinguir esses povos não pararam com o passar dos anos, visto que atualmente ainda são necessárias muitas pesquisas a respeito da violência, racismo e migração dos povos indígenas (Milanez et al., 2019), “pois essas situações não têm visibilidade no país, assim como a situação das mulheres indígenas que sofrem abuso, assédio, violência sexual, que se tornam objeto de tráfico nas mãos de avaros e degradados nacionais e internacionais, não é divulgada” (Potiguara, 2018, p. 26).

A trajetória e luta dos Pitaguary pela educação diferenciada torna válida a fala dos autores Alves-Brito e Alho (2022), quando afirmam que os indígenas tiveram a sua alteridade subalternizada nas Ciências, tornando-se os principais interesses das políticas ideologicamente racistas, tirando-lhes o direito de acesso às escolas, universidades e dos lugares de autonomia cultural e científica. Por esta razão, é notória na fala da Cacica a preocupação e o medo do seu povo de sofrer do mesmo modo que seus troncos velhos, caso ensinassem suas tradições para os filhos e assumissem suas identidades. O medo de assumir a própria identidade étnica e cultural faria com que o povo Pitaguary se rendessem às políticas aniquiladoras e integracionistas que dizimaram os seus troncos velhos, a fim de se adequarem ao mundo do “desenvolvimento”, estruturado no planejamento colonialista português (Munduruku, 2012).

Em uma perspectiva mais abrangente, Walsh (2009) propõe a interculturalidade crítica como mecanismo pedagógico, de forma a questionar a racialização, subalternização, inferiorização e suas dinâmicas de poder, a fim de possibilitar diversas formas de ser, viver e saber, assim como buscar o desdobramento e criação de entendimentos e meios que não apenas articulem e proporcionem o diálogo entre as diferenças, mas que também sirvam de apoio.

Entrevistador(a): “Quais desafios vocês superaram para conseguir estabelecer a educação indígena diferenciada?”

Cacica: “Nós perdemos a nossa primeira escola por falta de estrutura. Perdemos a escola, mas não perdemos a vontade de vencer. Muitos duvidaram da nossa capacidade de vencer, consequentemente, eu fiquei dando aula debaixo das árvores, trabalho voluntário como professora e com 6 filhos pequenos para criar. Muitos colegas desistiram nessa época, até que após quatro anos sendo voluntária consegui meu primeiro salário como professora. Eu amo o que faço, e todo o meu trabalho é como forma de gratidão à educação que meus pais me deram. Eu havia parado de estudar na quinta série por falta de recursos e acesso à escola. Casei, tive filhos e só com 31 anos voltei a estudar, aos 54 anos me formei pela UFC.

Superamos muitos obstáculos na luta em defesa pela educação, saúde e pela mãe terra, que é a nossa mãe de todas as lutas. Sem a mãe terra nós não temos educação, nós não temos saúde, não temos moradia, nós não conseguiríamos nada.”

Esse trecho da entrevista revela a complexidade da luta pela educação indígena, bem como a figura da Cacica como representante de uma geração em busca de garantir o direito à educação para o seu povo. A persistência da Cacica

em prol da sua etnia é um testemunho da força da comunidade em busca de melhorias e de resistência contra uma política de morte epistêmica causada pela comunidade hegemônica europeia (Alves & Côrtes, 2023).

O presente estudo mostra a importância da diversidade cultural do céu, pois se trata de uma “diversidade epistemológica” no ensino de Astronomia (Jafelice, 2015). Assim, durante a entrevista, é comum a entrevistada associar os fenômenos astronômicos com as atividades cotidianas, transformando-os em vivências pedagógicas repletas de conhecimentos tradicionais. Logo, conforme Jafelice (2015) fala a respeito do não enquadramento da visão de mundo ocidental que separa céu e terra. Consoante a isso, Santos et. al (2023) fez uma análise a respeito das abordagens da Astronomia Indígena nos livros didáticos de Ciências, distribuídos em 2020 pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) do nono ano dos anos finais do Ensino Fundamental, o qual revela uma visão reducionista a respeito da diversidade cultural em seus conteúdos.

Os resultados obtidos apresentam que a Astronomia faz parte do cotidiano dos indígenas Pitaguary e conforme Garcia et al. (2016), em que os autores afirmam que os fenômenos astronômicos possuem uma relação direta com as atividades diárias mais comuns realizadas nas aldeias “como a pesca, a agricultura, a produção de artesanato, assim como nas poucas atividades de caça desenvolvidas” (p. 27). Logo, ao fixar o discente no Universo, é satisfatório apresentar o contexto histórico dos principais fundamentos da Astronomia, levando em consideração que parte dos fenômenos astronômicos são acessíveis e de fácil observação, além disso, estão relacionados com o cotidiano dos discentes (Kantor, 2001).

É comum ensinar nas escolas as principais ideias a respeito dos astrônomos gregos, como Tales de Mileto, que defendia que o universo era esférico; Pitágoras que defendia o movimento perfeito dos astros; Aristóteles que abordava sobre os quatro elementos; Ptolomeu, que defendia o universo girando ao redor da Terra (Sasaki, 2010). Contudo, não é comum apresentar aos estudantes pesquisas sobre o Universo a partir das contribuições de mulheres na Ciência, como Cecília Payne (Lourenço da Silva et al., 2024). Tão pouco os conhecimentos dos povos indígenas, os quais existiam bem antes dessas que são constantemente ensinadas nas escolas, um dos exemplos são os conhecimentos dos indígenas de diversas regiões da América e, especialmente, do Brasil (Sasaki, 2010).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa etnográfica, foi realizada na cidade de Pacatuba, estado do Ceará situado no Nordeste do Brasil, onde foi realizado um diálogo entre pesquisadores da área, as lideranças e troncos velhos da aldeia Pitaguary. O trabalho apresenta a visão das entrevistadas, as quais destacam a importância a valorização da natureza e dos saberes astronômicos sob a ótica de suas culturas e costumes. O diálogo ressalta a importância de abordar os ensinamentos tradicionais a respeito do cosmos e da Terra, especialmente, enfatizando as vivências da comunidade indígena, uma vez que a juventude está cada vez mais distante de suas raízes, devido as diversas tentativas de homogeneizar o mundo com a política de epistemicídio cultural.

Diante do exposto podemos concluir que a escola diferenciada é um espaço importante para a divulgação da Astronomia Indígena por meio do ensino de Ciências, pois devido ao ceticismo científico, a descontinuidade de políticas públicas e as dificuldades em reconhecer os saberes dos povos tradicionais (Freitas, Romeu & Barroso, 2025a), estes conhecimentos estão ameaçados de extinção nas próximas gerações (Santos & Menezes, 2020). Assim, é de fundamental importância a aproximação entre a comunidade científica e os povos originários, a fim de ampliar os estudos a respeito do sistema astronômico destes povos, considerando-o como um componente cultural que simboliza o seu vínculo com a natureza (Freitas; Romeu & Barroso, 2025b).

O trabalho apresenta a importância das escolas diferenciadas, diante da necessidade de manifestação sociocultural do povo Pitaguary que há muitos anos foram silenciados com medo do sofrimento que um dia seus troncos velhos passaram. Assim, a dinâmica cultural desses povos depende dos saberes ancestrais que são ensinados de geração para geração (Afonso, 2010), os quais também podem ser levados para a sala de aula e para outros espaços não formais de divulgação científica, a fim de fortalecer alteridades indígenas para além dos meios de subalternização impostos pelo sistema colonial de poder (Alves-Brito & Alho, 2022).

A luta do povo Pitaguary se destaca pela resistência em manter a educação diferenciada, independente das dificuldades impostas pela falta de políticas públicas para a comunidade indígena, pois não tiveram o mesmo privilégio epistêmico dos brancos, o qual foi estabelecido com a colonização das Américas no século XV (Grosfoguel, 2007). A Cacica destacou a necessidade de

lutar pela educação dos jovens de sua comunidade, considerando a valorização do pluralismo e a diversidade cultural, tendo-os como extensão da Ciência e da Educação. Em concordância, a Manjé fala sobre o ensino de Ciências na escola diferenciada destacando a importância da conexão da humanidade com a Terra e o céu, bem como a preservação do meio ambiente por meio de suas culturas.

Por fim, é fundamental repensar os currículos educacionais, a fim de incluir uma visão mais abrangente e intercultural a respeito da Astronomia e possibilitar um futuro mais justo, sustentável e saudável para toda a humanidade, a qual venha reconhecer e valorizar os saberes tradicionais dos povos indígenas, com o intuito de contribuir para uma compreensão ampla e inclusiva do Universo e da nossa posição nele.

Este trabalho tem como perspectiva para o futuro, promover um diálogo entre a Astronomia Indígena e a educação científica, visando a decolonização do céu dos indígenas e dos currículos escolares, garantindo o reconhecimento da pluralidade de saberes. Além disso, espera-se que este estudo seja fundamental para inspirar lideranças e a juventude indígena na luta pela garantia de políticas públicas em prol da valorização e do fortalecimento da diversidade cultural indígena, a qual exige a participação ativa desses povos em todas as etapas, desde a formulação até a implementação. É fundamental que a juventude indígena seja protagonista na preservação dos saberes ancestrais e que projetos sejam desenvolvidos em conjunto com as comunidades, visando fortalecer a identidade cultural e garantir a transmissão intergeracional dos conhecimentos astronômicos tradicionais.

REFERÊNCIAS

- Afonso, G. B. (2006a). Mitos e Estações no Céu Tupi-Guarani. *Scientific American Brasil*, 14, 46-55.
- Afonso, G. B. (2006). Relações Afro-indígenas: a e Etnoastronomia dos africanos trazidos como escravos para o Brasil se misturou com a dos nativos de nosso país constituindo novas formas de saber. *Scientific American*, edição especial sobre Etnoastronomia, 72-79.
- Afonso, G. B. (2010). Astronomia Indígena. *Revista de História*, v. 101, p. 62-65.
- Afonso, G. B. (2013). As Constelações Indígenas Brasileiras. *Telescópios na Escola*. Recuperado de:

- <https://www.pindorama.art.br/file/constelacoesindigenasguarani.pdf>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Afonso, G. B., Cremonese, C., & Bueno, L. (2016). *Ensino de história e cultura indígenas*. Curitiba: Intersaberes.
- Afonso, G. B., & Velho, L. (Diretores). (2013). *Cuaracy Ra'angaba: O Céu dos Tupi-Guarani* [Filme documentário]. Etnodoc. Petrobrás.
- Alves Brito, A., Bootz, V., & Massoni, N. T. (2018). Uma sequência didática para discutir as relações étnico-raciais (Leis 10.639/03 e 11.645/08) na educação científica. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 35(3), 917–955. Recuperado de: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p917>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Alves-Brito, A., & Alho, K. R. (2022). Educação para as Relações Étnico-Raciais: Um Ensaio Sobre Alteridades Subalternizadas nas Ciências Físicas. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 24, e37363. <https://doi.org/10.1590/1983-2117202240122>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Alves, F. A. C., & Côrtes, G. R. (2023). Raízes do epistemicídio negro: análise da produção científica do ENANCIB (1994-2019). *Em Questão*, 29, 124693. <https://doi.org/10.1590/1808-5245.29.124693>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Araújo, Diones Charles Costa, Verdeaux, Maria de Fátima da Silva, & Cardoso, Walmir Thomazi. (2017). Uma proposta para a inclusão de tópicos de astronomia indígena brasileira nas aulas de Física do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, 23(4), 1035-1054. <https://doi.org/10.1590/1516-731320170040011>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Bucholtz, M. (2000). The politics of transcription. *Journal of Pragmatics*, 32(10), 1439–1465. doi:10.1016/S0378-2166(99)00094-6.
- Brasil. *Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico. Recuperado de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Brasil. (1996). *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Diário Oficial da União. Brasília. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acessado em: 22/09/ 2024.

- Brasil. (2008). *Lei 11.645, de 10 de março de 2008. Diário Oficial da União*. Brasília. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11645.htm. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Bueno, M., Oliveira, E., Nogueira, E., & Rodrigues, M. (2019). astronomia cultural: um levantamento bibliográfico dos saberes sobre o céu de culturas indígenas. *Revista Areté | Revista AmazôNica De Ensino De CiêNcias*, 12(25), 27-40. Recuperado de <https://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/1547>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Colonese, P. H. (Org.). (2021). *Culturas estelares* (Vol. 2). Fiocruz – COC. Recuperado de: https://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes_Educacao/PDFs/CulturasEstelares2021vol2.pdf. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Copixo, Conselho de Professores Indígenas Xukuru do Ororubá. (2017). *Eixos Orientadores da Educação Escolar Indígena Xukuru do Ororubá*. Povo Xukuru do Ororubá.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Dalfovo, M. S., Lana, R. A., & Silveira, A. (2008). Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, 2(4), 01-13.
- David, M. L. (2004). *A transformação dos processos de trabalho e a descaracterização da profissão de bancário*. (Monografia de Bacharelado, Ciências Econômicas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- D'Abbeville, C. (Data de publicação não fornecida). História da missão dos padres capuchinhos na Ilha do Maranhão e terras circunvizinhas. Em op. cit. (p. 246).
- Diniz, RLP (2010). *Crescimento e desenvolvimento da criança indígena: Um estudo da etnia Pitaguary, Ceará* (Tese de doutorado). Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP).
- Fares, É., Martins, K. P., Araújo, L. M., Filho, M. S. (2004). O Universo das sociedades numa perspectiva relativa: exercícios da Etnoastronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia –RELEA*, n. 1, p. 77-85. DOI:

- <https://doi.org/10.37156/RELEA/2004.01.077>. Recuperado de:
<https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/54>.
Acessado em: 22/09/ 2024.
- Flick, U. (2002). *Entrevista episódica*. In M. W. Bauer & G. Gaskell (Eds.), *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático* (pp. 114-126). Petrópolis: Vozes.
- Freitas, N. C. de, Romeu, M. C., & Barroso, M. C. da S. (2025a). Educação científica antirracista e políticas públicas: o caso dos indígenas do Brasil profundo. *Revista Semiárido De Visu*, 71–88. Recuperado de:
<https://doi.org/10.31416/rsdv.v13i1.1347>. Acessado em: 11/08/2025.
- Freitas, N. C., Romeu, M. C., Barroso, M. C. da S. (2025b). Sob o céu ancestral: a astronomia indígena como ferramenta para uma educação ambiental crítica e intercultural. *ACTIO: Docência em Ciências*, 10 (2), 1-23.
Recuperado de:
<https://periodicos.utfrpr.edu.br/actio/article/view/19443>. Acessado em: 11/08/2025.
- Galdino, L. (2011). *A Astronomia Indígena*. Editora Nova Alexandria. São Paulo.
- Gama, A. C., & Pereira, R. M. (2021). Filologia crítica e perspectivismo na legitimação dos saberes astronômicos do indígena brasileiro. *Revista Philologus*, 27(81 Supl.), [Páginas]. Rio de Janeiro: CiFEFiL.
Recuperado de:
<https://revistaphilologus.org.br/index.php/rph/article/view/961/1029>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Garcia, C. S., Costa, S., Pascolai, S., & Campos, M. Z. (2016). “As coisas do céu”: Etnoastronomia de uma comunidade indígena como subsídio para a proposta de um material paradidático. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (21), 7–30.
<https://doi.org/10.37156/RELEA/2016.21.007>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6a ed.). São Paulo: Atlas.
- Grosfoguel, R. (2007). Dilemas dos estudos étnicos norte-americanos: Multiculturalismo identitário, colonização disciplinar e epistemologias descoloniais. *Ciência e Cultura*, 59(2), 32–35. Recuperado de:
http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000200015. Acessado em: 11/08/2025.

- Grupioni, Luís Donizete Benzi (Org.). (2001). *As leis e a educação escolar indígena: Programa Parâmetros em Ação de Educação Escolar Indígena*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental.
- Haguette, T. M. F. (2001). *Metodologias qualitativas na sociologia*. Petrópolis: Vozes.
- Haguette, T. M. F. (2005). *Metodologias Qualitativas na Sociologia* (10a ed.). Petrópolis: Vozes.
- Hoffmann, V. (2021). *Astronomia: resgate dos conhecimentos astronômicos dos povos indígenas Avá-Guarani* (Dissertação de mestrado em Ensino de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira). Recuperado de: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/28527>. Acessado em: 22/09/2024.
- Halcomb, E. J., & Davidson, P. M. (2006). Is verbatim transcription of interview data always necessary? *Applied Nursing Research*, 19(1), 38–42. doi: 10.1016/j.apnr.2005.06.001.
- Jafelice, L. C. (2015). Astronomia cultural nos ensinos fundamental e médio. *Revista Latino-americana de Educação em Astronomia*, 3(19), 57-92. Recuperado de <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/209>. Acessado em: 22/09/2024.
- Jalles, C., Silveira, M.; Nader, R. (2013). *Olhai pro céu, olhai pro chão: Astronomia, Arqueoastronomia: o que é isso?* Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins.
- Jinkings, N. (2000). *Trabalho e resistência na fonte misteriosa: Os bancários em face a reestruturação capitalista*. (Tese de Doutorado, Sociologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Kantor, C. A. (2001). *A ciência do céu: uma proposta para o ensino médio*. Dissertação (Mestrado) -Departamento de Física Experimental, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Koch-Grünberg, T. (1953). Mitos e lendas dos índios Taulipáng e Arekuná. *Revista do Museu Paulista, Nova Série*, (7), 9-202.
- Krenak, A. (2020). *A vida não é útil*. São Paulo, SP: Companhia das Letras.

- Ladeira, M. E. (2004). Desafios de uma política para a educação escolar indígena. *Revista de Estudos e Pesquisas*, FUNAI, Brasília, 1(2), 141-155.
- Lima, F. P., & Moreira, I. de C. (2005). Tradições astronômicas tupinambás na visão de Claude D'Abbeville. *Revista Da Sociedade Brasileira De História Da Ciência*, 3(1), 4-19. Recuperado de <https://rbhciencia.emnuvens.com.br/rsbhc/article/view/566>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Lourenço da Silva, I. P., de Souza, G. M., dos Santos, E. D., & Silva de Souza, C. B. (2024). Mulheres na ciência e na astronomia: o conceito de composição estelar a partir de estudos feitos por Cecilia Payne. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (55), 754-758. Recuperado de <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/21072>.
- Machado, D. I. (2013). Movimento Aparente do Sol, Sombras dos Objetos e Medição do Tempo na Visão de Alunos do Sétimo Ano do Ensino Fundamental. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (15), 79-94. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/8>. Acessado em: 11/08/2025.
- Maciel, A. N. de C. (2017). *Educação ambiental no âmbito da escola diferenciada da Terra Indígena Lagoa da Encantada*, Aquiraz / Ceará (Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará). Fortaleza. Recuperado de: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/25583>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Magalhães, J. V. C. de. (1935). *O Selvagem* (3a ed., Brasileira, Vol. 52). São Paulo, SP: Nacional.
- Magaña, E. (1988). Astronomia Wayana y Tareno. *América Indígena*, 48(2), 447-461.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2010). *Fundamentos de metodologia científica* (7a ed.). São Paulo: Atlas.
- Mariuzzo, P. (2012). O céu como guia de conhecimentos e rituais indígenas. *Revista Ciência Cultura*, 64(4). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252012000400023>. Acessado em: 22/09/ 2024.

- Marquese, R. de B. (2006). A dinâmica da escravidão no Brasil: resistência, tráfico negreiro e alforrias, séculos XVII a XIX. *Novos Estudos CEBRAP*, (74), 107–123. <https://doi.org/10.1590/S0101-33002006000100007>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Martins de Carvalho, S., Rangel Lemos, L. J. R. L., da Silva, C. A., Souza de Matos, R. H., & Dias Gomes Karajá, A. (2021). Etnoastronomia indígena do povo Karajá Xambioá. *Espaço E Tempo Midiáticos*, 4(1). Recuperado de <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/midiaticos/article/view/11723>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Milanez, F., Sá, L., Krenak, A., Cruz, F. S. M., Ramos, E. U., & de Jesus, G. dos S. (2019). Existência e diferença: o racismo contra os povos indígenas / Existence and difference: racism against indigenous peoples. *Revista Direito E Práxis*, 10(3), 2161–2181. Recuperado de <https://www.e-publicacoes.uerj.br/revistaceaju/article/view/43886>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Ministério da Educação (Brasil). (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Fundamental*. [Brasília - DF, Ministério da Educação - MEC]. Recuperado de: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Munduruku, D. (2012). *O caráter educativo do movimento indígena brasileiro* (1970-1990). São Paulo: Paulinas.
- Oliveira, E. (2020). *Multiculturalismo e Ensino de Ciências na Educação Básica: Desafios e potencialidades da astronomia cultural*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Instituto em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Oliver, D. G., Serovich, J. M., & Mason, T. L. (2005). Constraints and opportunities with interview transcription: Towards reflection in qualitative research. *Social Forces*, 84(2), 1273–1289. doi:10.1353/sof.2006.0023.
- Oliveira Filho, K. S., & Saraiva, M. F. O. (2011). *Astronomia e Astrofísica*. Instituto de Física e Departamento de Astronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Oliveira, A. B. (2016). *Escola Itá-Ara: A afirmação da identidade Pitaguary através da escola diferenciada* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em

- Sociologia, Fortaleza, CE. Recuperado de:
<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/24241>. Acessado em: 22/09/2024.
- Oliveira, J. F. S. R. (2022). *A valorização do ensino da astronomia indígena na educação brasileira*. Master's Dissertation, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, University of São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/D.14.2022.tde-12072023-092149. Retrieved 2024-02-01, from www.teses.usp.br. Acessado em: 22/09/2024.
- Pinheiro, F. (2002). *História do conflito: os povos nativos e os europeus no Ceará*. In J. Pinheiro et al. (Eds.), *Ceará: Terra da luz, terra dos índios: história, presença, perspectivas* (pp. 37-48). Fortaleza: Ministério Público Federal, 6ª Câmara de Coordenação e Revisão, FUNAI; IPHAN/ 4 Superintendência Regional.
- Pinheiro, J. D. (2021). *Pitaguary*. Povos Indígenas no Brasil. Recuperado de: <https://pib.socioambiental.org/>. Acessado em: 22/09/2024.
- Pompeu Sobrinho, T. (1937). *Povoamento do Nordeste Brasileiro*. Revista do Instituto do Ceará, 51.
- Porto Alegre, MS (1992). Projeto Relações Interétnicas e História Regional: uma revisão do "desaparecimento" das populações indígenas do Nordeste. Fortaleza. Recuperado de: <http://biblioteca.funai.gov.br/media/pdf/Folheto44/FO-CX-44-2806-2000.pdf>. Acessado em: 22/09/2024.
- Potiguara, E. (2018). *Metade cara, metade máscara*. Lorena: DM Projetos Especiais.
- Rampazzo, L. (2013). *Metodologia científica* (7a ed.). São Paulo, SP: Loyola.
- Rodrigues, M. S. e Leite, C. (2020). Astronomia cultural: análise de materiais e caminhos para a diversidade nas aulas de ciências da natureza. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, e15812.
- Santos, C. A. dos. (2022). *Etnoastronomia no povo Truká de Cabrobó - PE como possibilidade para o ensino de astronomia em escola indígena* (Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro). Recuperado de: <https://releia.ifsertaope.edu.br/jspui/handle/123456789/1036>. Acessado em: 22/09/2024.

- Santos, B. de S., & Meneses, M. P. (Orgs.). (2020). *Epistemologias do Sul*. Cortez. Pergunte ao ChatGPT
- Santos, O. C., Quinta de Brito, D., Guimarães Maciel, F., Ferreira, M., da Silva Filho, O. L., Lessa do Couto, R. V., & Corci Batista, M. (2023). Abordagens de Etnoastronomia nos livros de ciências distribuídos em 2020 pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). *Revista De Enseñanza De La Física*, 35(2), 1–16. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43672>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Sasaki, M. T. (2010). *Marketing de relacionamento aplicado ao setor de bens duráveis: um estudo de caso no setor imobiliário*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/D.12.2010.tde-24062010-115748. Recuperado em 2024-02-14, de www.teses.usp.br. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Silva, M. L. S., & Baptista, G. C. S. (2018). Conhecimento tradicional como instrumento para dinamização do currículo e ensino de ciências. *Gaia Scientia*, 12(40), 90-104.
- Soares, Leonardo & Prado, Francisco & Vieira, Rodrigo & Nascimento, Silvania. (2011). O relógio de sol horizontal como instrumento para o ensino de ciências. *Revista Interlocução*. 4. 28-39.
- Souza, L. K. de. (2019). Pesquisa com análise qualitativa de dados: conhecendo a análise temática. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 71(2), 51-67.
- Studart Filho, C. (1965). *Os aborígenes do Ceará*. Fortaleza: Editora Ceará.
- Tolentino, G. A., Moraes, D. V. de, & Tasinaffo Alves, A. C. (2021). Conhecimentos Empíricos Sobre Astronomia da Comunidade Indígena Kanela do Araguaia da Aldeia Nova Pukanu. *Revista Destaques Acadêmicos*, 13(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v13i2a2021.2945>. Acessado em: 22/09/ 2024.
- Walsh, C. (2009). *Interculturalidade crítica e pedagogia decolonial: insurgir, reexistir e re-viver*. In VM Candau (Ed.), *Educação intercultural na América Latina: Entre concepções, dívidas e propostas* (pp. 12-42). Rio de Janeiro: Sete Letras.



ANÁLISE DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DAS LEIS DE KEPLER NO ENSINO MÉDIO: UM OLHAR A PARTIR DOS CONSTRANGIMENTOS DIDÁTICOS QUE EMERGEM DO SABER A ENSINAR E DO SABER ENSINADO

Gabriel Luiz Nalon Macedo¹

Luciano Carvalhais Gomes²

Daniel Gardelli³

RESUMO: O presente estudo investiga como ocorre o processo de transposição didática interna das três leis do movimento planetário de Kepler no Ensino Médio. A pesquisa foi realizada em cinco colégios estaduais do Núcleo Regional de Educação de Maringá, Paraná, Brasil, envolvendo cinco professores de Física. Os dados foram coletados por meio de diários de campo e gravações de áudio das aulas, permitindo uma análise detalhada das falas dos professores. Os resultados revelam que o material didático (Saber a Ensinar) utilizado apresenta inconsistências, simplificações e erros factuais devido à descontextualização, despersonalização, dessincronização e publicidade do saber científico original sem uma adequada vigilância epistemológica. Por exemplo, no que se refere à primeira lei de Kepler, o material apresenta órbitas planetárias com alta excentricidade e afirma incorretamente que as três leis foram apresentadas na obra *Astronomia Nova*. No que tange ao Saber Ensinado, ou seja, as aulas ministradas pelos professores, a análise crítica revelou que a maioria dos docentes também não realiza a vigilância epistemológica necessária ao transpor o conteúdo, perpetuando os equívocos do Saber a Ensinar e, em alguns casos, agravando-os. Um exemplo disso é a abordagem da lei dos períodos, na qual os professores não mencionam a busca de Kepler pela harmonia dos movimentos planetários baseada na música, ou ainda quando inserem a concepção newtoniana de gravitação de forma mesclada com as ideias de Kepler. Essas evidências sugerem uma falta de vigilância epistemológica mais ativa tanto por parte dos professores quanto dos elaboradores do material didático, ampliando negativamente os impactos dos constrangimentos didáticos durante o processo de transposição. Assim, fica o alerta para a necessidade de uma revisão mais cuidadosa e rigorosa dos materiais didáticos e de uma formação continuada dos professores para garantir que o conhecimento científico seja transposto considerando seu contexto histórico, social, cultural e epistemológico, a fim de assegurar que os saberes escolares sejam menos simplificados e mais conectados às suas origens.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Astronomia; Ensino de Física; Leis do movimento planetário.

ANÁLISIS DE LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DE LAS LEYES DE KEPLER EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA: UNA PERSPECTIVA A PARTIR DE LAS RESTRICCIONES DIDÁCTICAS QUE EMERGEN DEL SABER A ENSEÑAR Y DEL SABER ENSEÑADO

RESUMEN: Este estudio investiga cómo ocurre el proceso de transposición didáctica interna de las tres leyes del movimiento planetario de Kepler en la educación secundaria. La investigación se realizó en cinco escuelas estatales del Núcleo Regional de Educación de Maringá, Paraná, Brasil, teniendo a la participación de cinco profesores de Física. Los datos fueron recorridos a través de diarios de campo y

¹ Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: gabrielnalonmacedo@hotmail.com

² Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: lbgomes2@uem.br

³ Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: dgardelli2@uem.br

grabaciones de audio de las clases, lo que permitió un análisis detallado de las declaraciones de los profesores. Los resultados revelan que el material didáctico (Saber a Enseñar) utilizado presenta inconsistencias, simplificaciones y errores fácticos que conducen a la descontextualización, despersonalización, desincretización y publicidad del saber científico original, sin una adecuada vigilancia epistemológica. Por ejemplo, en lo que respecta a la primera ley de Kepler, el material presenta órbitas planetarias con alta excentricidad y afirma incorrectamente que las tres leyes fueron presentadas en la obra *Astronomia Nova*. En cuanto al Saber Enseñado, o sea, las clases impartidas por los profesores, el análisis crítico reveló que la mayoría de los profesores tampoco realiza la vigilancia epistemológica necesaria al transponer el contenido, perpetuando los errores del Saber a Enseñar y, en algunos casos, agravándolos. Un ejemplo de ello es el enfoque de la ley de los períodos, en el que los profesores no mencionan la búsqueda de Kepler por la armonía de los movimientos planetarios basada en la música, o incluso cuando insertan la concepción newtoniana de la gravitación de manera mezclada con las ideas de Kepler. Estas evidencias sugieren una falta de vigilancia epistemológica más activa tanto por parte de los profesores como de los autores del material didáctico, ampliando negativamente los impactos de las restricciones didácticas durante el proceso de transposición. Por lo tanto, se subraya la necesidad de una revisión más cuidadosa y rigurosa de los materiales didácticos y de una formación continua de los profesores para garantizar que el conocimiento científico sea transpuesto considerando su contexto histórico, social, cultural y epistemológico, con el fin de asegurar que los saberes escolares sean menos simplificados y estén más conectados con sus orígenes.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de Astronomía; Enseñanza de Física; Leyes del movimiento planetario.

ANALYSIS OF THE DIDACTIC TRANSPOSITION OF KEPLER'S LAWS IN HIGH SCHOOL: A PERSPECTIVE ON THE DIDACTIC CONSTRAINTS THAT ARISE FROM THE KNOWLEDGE TO BE TAUGHT AND THE TAUGHT KNOWLEDGE

ABSTRACT: This study examines the process of internal didactic transposition of Kepler's three laws of planetary motion in high school education. The research was conducted in five public high schools within the Regional Education Center of Maringá, Paraná, Brazil, involving five Physics teachers. Data were collected through field journals and audio recordings of the classes, enabling a detailed analysis of the teachers' discourse. The results reveal that the didactic material (Knowledge to be Taught) used contains inconsistencies, simplifications, and factual errors that lead to the decontextualization, depersonalization, desyncretization and publicity of the original scientific knowledge, without adequate epistemological vigilance. For example, regarding Kepler's first law, the material inaccurately presents planetary orbits with high eccentricity and incorrectly states that the three laws were introduced in the work *Astronomia Nova*. As for the Taught Knowledge, that is, the classes taught by teachers, the critical analysis revealed that most teachers also do not carry out the necessary epistemological vigilance when transposing the content, thus perpetuating the errors present in the Knowledge to be Taught, and in some cases, aggravating them. An example of this is the treatment of the law of periods, where teachers fail to mention Kepler's pursuit of harmony in planetary motions based on music, or when they blend Newtonian concepts of gravitation with Kepler's ideas. These results suggest a lack of more active epistemological vigilance on the part of both teachers and the creators of the didactic materials, which ultimately amplifies the impact of didactic constraints during the transposition process. Therefore, this study highlights the need for a more careful and rigorous review of educational materials and for continuous professional development of teachers to ensure that scientific knowledge is transposed with consideration of its historical, social, cultural, and epistemological context, thereby ensuring that school knowledge is less simplified and more closely connected to its origins.

KEYWORDS: Astronomy Teaching; Physics Teaching; Laws of planetary motion.

1. INTRODUÇÃO

No contexto educacional, podemos dizer que o saber presente na sala de aula frequentemente diverge do saber originalmente elaborado pelos cientistas. De acordo com Alves Filho, Pinheiro e Pietrocola (2001), muitos professores não se dão conta da diferença entre o tratamento que dão aos conteúdos durante suas aulas e o tratamento oferecido pelos materiais didáticos mais comuns. Indo mais além, essa diferença torna-se ainda mais evidente para os autores quando se comparam esses conteúdos com os escritos dos próprios cientistas. Isso significa que “[...] o que

é ensinado na sala de aula, está longe do conhecimento científico construído. Em outras palavras, a ciência ensinada na sala de aula não é a ciência elaborada pelos grandes cientistas” (Alves Filho; Pinheiro; Pietrocola, 2001, p. 01).

Essa distância entre o saber escolar e o saber científico pode ser atribuída a diversas razões, uma delas é que o processo de produção e organização do saber científico não pode ser completamente reproduzido no ambiente escolar, resultando em uma adaptação que muitas vezes simplifica e descontextualiza o saber original (Chevallard, 2014). Dessa forma, o ensino enfrenta o desafio constante de transpor o saber científico de maneira acessível e compreensível para os alunos, sem perder a complexidade e a riqueza do contexto em que esse saber foi produzido. Embora possa parecer que a transposição seja prejudicial ao processo de ensino, ela é, na verdade, essencial para adaptar o conhecimento científico para os alunos (Daniel, 2011).

No entanto, pesquisas indicam que, em certos casos, o processo de transposição didática não é realizado de maneira cuidadosa, criativa e epistemologicamente coerente. Por meio das pesquisas realizadas, é possível ilustrar situações em que a transposição dos conceitos científicos para o ambiente escolar resultou em simplificações e descontextualizações em relação ao saber original.

Nunes, Queirós e Cunha (2022), ao analisarem a transformação do conteúdo de relatividade especial nos livros didáticos, em específico o conceito de massa e a relação massa-energia, destacam que esses conceitos são apresentados de forma incongruente. Segundo os autores, alguns dos livros analisados consideram a massa como sinônimo de matéria, levando à conclusão de que a matéria pode ser convertida em energia. Esse raciocínio pressupõe que uma equação que relaciona duas grandezas físicas distintas, como Energia e Massa, através de uma constante, como a velocidade da luz no vácuo elevada ao quadrado, implica ontologicamente que essas grandezas são equivalentes ou podem se transformar mutuamente. Tal interpretação gera implicações absurdas, como a ideia de que a relação entre Energia e Frequência, mediada pela constante de Planck, permitiria concluir que Energia e Frequência são equivalentes, ou que uma pode se converter na outra. Por transitividade, isso também levaria à conclusão absurda de que Massa e Frequência seriam equivalentes, permitindo uma transformação mútua entre elas (Nunes; Queirós; Cunha, 2022).

Thiara, Batista, Oliveira e Siqueira (2022) observaram que, na transposição do conteúdo de radiação do corpo negro para o ambiente educacional, os livros didáticos analisados omitem os problemas que originaram a investigação e construção desse conhecimento, além de desconsiderarem as controvérsias, os conflitos e os erros e acertos que fizeram parte desse processo. Os livros também negligenciam os cientistas que contribuíram para a resolução do problema.

Em outra investigação envolvendo os livros didáticos mais recentes de Ciências Naturais, realizada por Sobreira e Ribeiro (2023), foram identificados noventa e três erros conceituais na área de Astronomia. Um desses erros inclui a afirmação de que, nos primeiros segundos após o *Big Bang*, átomos completos de hidrogênio foram formados, quando, de acordo com a teoria vigente, levou três minutos para que apenas os núcleos atômicos se formassem. Outro exemplo foi a classificação da estrela Sirius A como uma anã branca, sendo que apenas Sirius B possui essa classificação.

Em outra pesquisa, examinando como os livros didáticos abordam temas de Cosmologia e Astrofísica, Oliveira, Batista e Siqueira (2023) concluíram que esses materiais frequentemente apresentam uma forte tendência à despersonalização, descontextualização e dessincronização. Segundo os autores, esses constrangimentos didáticos não são atenuados porque os livros ignoram os fatores históricos, os cientistas que participaram do processo de construção do conhecimento e as questões que motivaram a busca por explicações.

Nesse sentido, a Teoria da Transposição Didática, conforme proposta por Chevallard (1991), nos ajuda a compreender esse processo de transformação dos saberes, a refletir sobre essas mudanças que ocorrem a cada nível da transposição e a repensar a maneira na qual transpomos os conhecimentos científicos para a sala de aula.

Em relação ao conteúdo das três leis do movimento planetário, acreditamos que ele não está imune a esse processo de transposição, ou seja, ao ser transposto para a sala de aula, ele é modificado e transformações ocorrem. Pesquisas realizadas indicam que tradicionalmente as leis de Kepler são objeto de concepções alternativas, erros e dificuldades, tanto nos livros didáticos quanto entre professores e alunos (Neves, 1986; Canalle, 2003; Lucas, 2007; Yu; Sahami; Denn, 2010; Menezes; Batista, 2020).

Neves (1986), analisando alguns livros didáticos, aponta que esses materiais não aplicam as leis de Kepler à previsão ou à explicação dos fenômenos celestes, desvinculando esse tema da realidade à qual está atrelado. Canalle (2003) evidencia que, tanto os autores de livros didáticos quanto os professores, ao abordarem a lei das órbitas, a transpõem de maneira equivocada, levando à concepção de que a órbita da Terra e dos outros planetas apresenta alta excentricidade, o que leva à conclusão de que o verão ocorre exatamente quando a Terra se encontra mais próxima do Sol. Já Lucas (2007) destaca que a transposição das leis de Kepler para o ambiente escolar consiste apenas em enunciar as leis, sem discutir o contexto histórico ou os dados experimentais utilizados por Kepler, tornando esse conteúdo abstrato e difícil de ser compreendido.

Em relação à pesquisa de Yu, Sahami e Denn (2010), os autores entrevistaram 112 alunos de graduação cursando a disciplina de Introdução à Astronomia do Ensino Geral, especificamente questões relacionadas às três leis do movimento planetário. Os autores constataram que três quartos dos entrevistados assimilam a ideia de que as órbitas em torno do Sol são muito elípticas, e 48% afirmaram que a velocidade do planeta ao longo de sua órbita é constante. Em pesquisa similar, Menezes e Batista (2020) entrevistaram 16 pós-graduandos do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física, utilizando as mesmas questões do trabalho de Yu, Sahami e Denn (2010). A partir da análise, eles encontraram resultados semelhantes, em que uma quantidade significativa dos alunos entrevistados também assimila órbitas com excentricidade grande e velocidades constantes dos planetas em suas respectivas órbitas.

Dessa forma, a partir das reflexões sobre essas dificuldades que há no ensino das três leis do movimento planetário de Kepler, surgiram indagações de que esses problemas poderiam também ter sua origem na maneira em que esse conteúdo é transposto para o ambiente escolar. Para tanto, nos propusemos a investigar *como ocorre o processo de transposição didática do Saber a Ensinar para o Saber Ensinado das três leis do movimento planetário de Kepler a partir dos constrangimentos didáticos?*

Pretendendo analisar o problema de pesquisa em questão, o objetivo geral que guiou nossa análise foi *identificar os constrangimentos didáticos que emergem durante a transposição didática interna das três leis de Kepler*. Como objetivos específicos, estipulamos:

- Observar o uso da vigilância epistemológica para reduzir os impactos dos constrangimentos didáticos;
- Sugerir melhorias para a transposição didática do conteúdo das três leis de Kepler;

Assim, a pesquisa foi realizada com cinco professores de Física da 1ª Série do Ensino Médio de colégios públicos pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Maringá, Paraná, Brasil.

Acreditamos que essa pesquisa seja útil como material de apoio para professores refletirem sobre a transposição didática e compreenderem as diferenças entre o conteúdo ministrado em suas aulas com aquilo que, de fato, os cientistas construíram, possibilitando assim,

uma transposição didática mais significativa para o ensino das três leis do movimento planetário.

2. A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE CHEVALLARD

De acordo com a Teoria da Transposição Didática, proposta por Chevallard em seu livro *La Transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*, o saber elaborado pelos cientistas (Saber Sábido) passa por transformações até se tornar o saber presente nos materiais didáticos (Saber a Ensinar) e, por fim, no saber que efetivamente emerge em salas de aula (Saber Ensinado). Por essa razão, Chevallard (1991) destaca que o saber deve ser considerado um dos elementos centrais no ambiente escolar, propondo que as relações na sala de aula são formadas por uma base ternária: professor, alunos e saber. De acordo com o autor,

[...] uma vez que isso é levantado, isto é, uma vez que se torna possível falar desse terceiro termo, tão curiosamente esquecido: o saber, pode formular-se uma questão que dá à polêmica seu verdadeiro interesse: O que é então aquilo que, no sistema didático, é colocado sob a bandeira de O Saber? O “saber ensinado” que concretamente encontra o observador, que relação estabelece com o que se proclama dele fora desse âmbito? E que relação estabelece então com o “saber sábio”, o dos matemáticos? Quais distâncias existem entre si?⁴ (Chevallard, 1991, p. 15, tradução nossa)

Em seu livro, Chevallard (1991) identifica dois níveis no processo de transposição do saber científico. O primeiro envolve uma transposição mais explícita, concreta e visível, que ocorre quando o Saber Sábido é transposto em Saber a Ensinar. O segundo nível envolve uma transposição mais implícita, abstrata e não visível, que ocorre quando o Saber a Ensinar é transposto em Saber Ensinado. De acordo com Chevallard (1991, p. 36, tradução nossa):

É isso, então, que vai proceder à seleção dos elementos do saber sábio que, designados como ‘saber a ensinar’, serão então submetidos ao trabalho de transposição; é também este que vai assumir a parte visível deste trabalho, o que podemos chamar de trabalho externo de transposição didática, em oposição ao trabalho interno, que é realizado dentro do próprio sistema de ensino, bem após a introdução oficial dos novos elementos no saber ensinado⁵.

Adiante, em outro excerto, o autor afirma que: “Quando os programas são elaborados, conformados e adquirem força de lei, inicia-se outro trabalho: o da transposição didática interna”⁶ (Chevallard, 1991, p. 44, tradução nossa). Assim sendo, podemos identificar esses dois níveis em: Transposição Didática Externa e Transposição Didática Interna.

A Transposição Didática Externa parte do Saber Sábido, que compreende o conhecimento científico produzido pelos cientistas. Desse modo, podemos considerar esse saber como parte integrante do meio acadêmico, pois é comumente desenvolvido em institutos de pesquisa e universidades. Porém, para que um conceito científico adquira o *status* de Saber Sábido, é necessário que ele seja analisado e validado pela comunidade científica. Por isso que nem toda produção acadêmica pode representar um saber científico, como sinaliza Pais (1999).

Brockington e Pietrocola (2005, p. 394), argumentam que, ao ser transposto para o

4 [...] una vez planteado esto, es decidir, una vez que se torna posible hablar de ese tercer término, tan curiosamente olvidado: el saber, puede formularse una pregunta que otorga a la polémica su verdadero interés: ¿qué es entonces aquello que, en el sistema didáctico, se coloca bajo el estandarte del Saber? El ‘saber enseñado’ que concretamente encuentra el observador, ¿qué relación entabla con lo que se proclama de él fuera de ese ámbito? ¿Y qué relación entabla entonces con el ‘saber sabio’, el de los matemáticos? ¿Qué distancias existen entre unos y otros? (Chevallard, 1991, p. 15).

5 Es ésta, pues, la que va a proceder a la selección de los elementos del saber sabio que, designados como ‘saber a enseñar’, serán entonces sometidos al trabajo de transposición; también es ésta la que va a asumir la parte visible de ese trabajo, lo que podemos llamar el trabajo externo de la transposición didáctica, por oposición al trabajo interno, que se realiza en el interior mismo del sistema de enseñanza, bastante después de la introducción oficial de los nuevos elementos en el saber enseñado (CHEVALLARD, 1991, p. 36).

6 Cuando los programas son preparados, conformados y adquieren fuerza de ley, comienza otro trabajo: el de la transposición didáctica interna (Chevallard, 1991, p. 44).

ambiente escolar, o Saber Sábio “[...] transforma-se em um outro tipo de saber, passando a integrar novas demandas e ajustando-se a elas. Este saber deverá estar revestido de uma forma didática visando sua apresentação aos alunos”. Esse novo saber em questão, segundo Chevallard (1991), é o Saber a Ensinar, que se manifesta nas matrizes curriculares, nos livros didáticos e materiais instrucionais. Com sua elaboração, a Transposição Didática Externa é finalizada.

A partir da elaboração do Saber a Ensinar, o processo de transposição continua dando início a Transposição Didática Interna, quando o Saber a Ensinar é modificado na prática pedagógica em sala de aula, tornando-se Saber Ensinado. Isso porque, de acordo com Chevallard (1991, p. 16 – 17, tradução nossa), “[...] o saber-tal-como-é-ensinado, o saber ensinado, é necessariamente diferente do saber-inicialmente-designado-como-o-que-deve-ser-ensinado, o saber a ensinar”⁷. Isso implica que o saber apresentado pelos professores não reflete exatamente o Saber a Ensinar nem o Saber Sábio. Corroborando com essa visão, Silva (2013, p. 20), destaca que:

[...] a ênfase a determinadas unidades do conteúdo, a maneira como o conteúdo é abordado, os exercícios e a avaliação passam necessariamente pela decisão do professor e esta depende, dentre outras coisas, da sua formação e de entendimento a respeito da ciência de referência, dos conteúdos de ensino e do aluno.

Nesse sentido, é possível que um conceito esteja presente no Saber a Ensinar, mas não esteja necessariamente no Saber Ensinado. Um professor, por exemplo, ao preparar suas aulas, pode optar por não abordar em sala de aula a unidade do livro didático que trata das três leis do movimento planetário de Kepler. Se, caso contrário, o professor decida abordar o tema das três leis de Kepler em aula, não há garantia de que o Saber Ensinado proporcionado corresponderá ao Saber a Ensinar ou ao Saber Sábio. De forma simples, a Figura 1 a seguir nos permite esquematizar os níveis da transposição didática descritos.

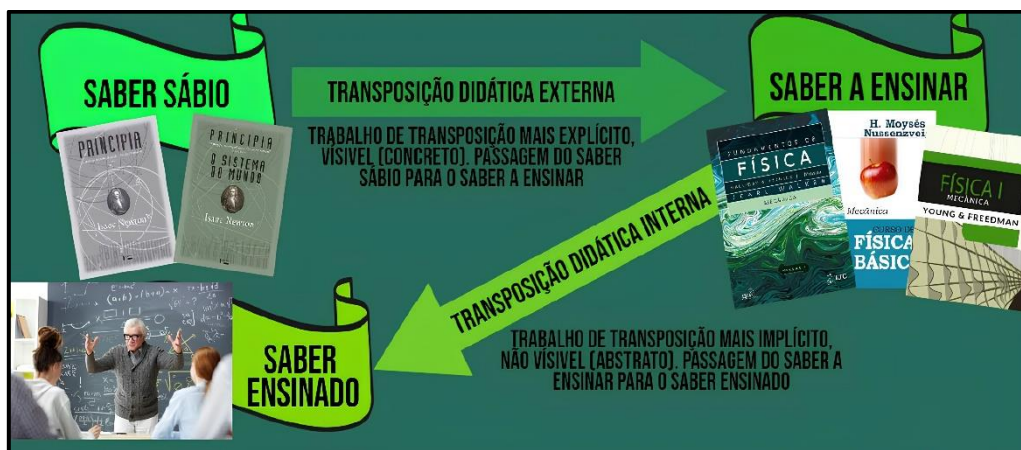


Figura 1. Esquema representando os processos que ocorrem com um determinado saber de acordo com a Teoria da Transposição Didática. Fonte: Macedo, Deosti e Gomes, 2024, p. 153.

Prosseguindo na discussão, Anhorn (2003) nos ajuda a esclarecer que o processo de transformação do Saber Sábio em Saber a Ensinar, e subsequentemente em Saber Ensinado, demanda uma explicação discursiva, o que resulta em uma textualização do saber, seja de forma escrita ou oral. Essa ideia é evidenciada na seguinte passagem: “De fato, pela exigência de explicação discursiva, a textualização do saber leva antes de tudo à delimitação de saberes

⁷ El saber-tal-como-es-enseñado, el saber enseñado, es necesariamente distinto del saber-inicialmente-designado-como-el-que-debe-ser-enseñado, el saber a enseñar (CHEVALLARD, 1991, p. 16 – 17).

parciais, cada um se exprimindo em um discurso (ficticiamente) autônomo”⁸ (Chevallard, 1991, p. 69, tradução nossa).

Além disso, Pais (1999) afirma que a textualização do saber constitui um processo de antecipação que o Saber Sábio deve percorrer antes de ser introduzido nas escolas. Esse procedimento segue diretrizes específicas que visam organizar uma abordagem pedagógica. Assim, quando o saber é estruturado dessa forma e se torna Saber a Ensinar ou Saber Ensinado, surgem os constrangimentos didáticos⁹ descritos por Chevallard (1991), que são: a **dessincretização**, a **despersonalização**, a **descontextualização**, a **programabilidade** e a **publicidade do saber**.

A **dessincretização**, segundo Chevallard (1991), consiste em separar o Saber Sábio em “[...] saberes parciais, cada um dos quais se expressa em um discurso [...] Esse processo produz uma ‘dessincretização’ [fragmentação] do saber, ou seja, a sua dessincretização”¹⁰ (Chevallard, 1991, p. 69, tradução nossa). Dessa forma, a dessincretização objetiva delimitar o escopo do conhecimento a ser ensinado. Anhorn (2003) ao discutir sobre o conceito de dessincretização, enfatiza que esse processo é responsável por diferenciar o que faz parte de um campo de saber específico e o que não faz. Em outras palavras, há uma distinção entre o que se torna o foco do discurso e é explicitamente tratado na discussão do saber científico, e o que, apesar de ser essencial para a construção desse saber, não é considerado como conteúdo a ser ensinado. Esse aspecto pode ser constatado em Chevallard (1991, p. 69, tradução nossa) no seguinte excerto:

Em particular, o processo [de dessincretização] introduz uma diferenciação entre o que pertence propriamente ao campo delimitado [...] e o que, implicitamente (mas realmente) presente [...], não se identifica formalmente como tal [...]. Esse processo produz ainda uma diferenciação entre aquilo que, presente no próprio texto, constitui o objeto de seu discurso [...] e aquilo que, sendo necessário para a construção do texto, não é o seu objetivo [...]¹¹.

Em seguida, Chevallard (1991) afirma que esse processo de delimitação do saber em saberes parciais resulta em outro constrangimento didático, no caso, a **descontextualização**. Segundo o autor,

O efeito de delimitação também produz – fato essencial do ponto de vista epistemológico – a descontextualização do saber, sua retirada das redes de problemáticas e de problemas que lhe dão o seu sentido completo, ruptura do jogo intersetorial constitutivo do saber no seu movimento de criação e de realização¹² (Chevallard, 1991, p. 71, tradução nossa).

Dessa forma, a **descontextualização** do saber é um constrangimento didático que ocasiona a separação do saber científico dos problemas que o originaram. Em outras palavras, trata-se de deslocar esse saber de uma situação específica e do problema que o gerou para então generalizá-lo (Menezes, 2006). Com base nisso, podemos afirmar que a **descontextualização** resulta na omissão do contexto original em que o saber foi desenvolvido, deixando de lado as

8 En efecto, por la exigencia de explicitación discursiva, la textualización del saber conduce primeramente a la delimitación de saberes parciales, cada uno de los cuales se expresa en un discurso (ficticiamente) autónomo (Chevallard, 1991, p. 69).

9 A palavra original do francês utilizada por Chevallard é *contraintes* que pode ser traduzida como constrangimentos; restrições e/ou coerções. Mas, de qualquer forma, esse termo se refere ao ato ou efeito de reduzir; comprimir-se; uma imposição de limite; tornar mais estreito; delimitar-se; reduzir-se.

10 [...] de saberes parciais, cada uno de los cuales se expresa en un discurso [...] Ese proceso produce una ‘desincretización’ del saber, o sea su dessincretización (Chevallard, 1991, p. 64).

11 En particular, el proceso introduce una diferenciación entre lo que pertenece propriamente al campo delimitado [...] y lo que, implícitamente (pero realmente) presente [...], no se identifica formalmente como tal [...]. Ese proceso produce además una diferenciación entre aquello que, presente en el texto mismo, constituye el objeto de su discurso [...] y aquello que, siendo necesario para la construcción del texto, no es su objetivo [...] (Chevallard, 1991, p. 69).

12 El efecto de delimitación produce, además – hecho esencial desde el punto de vista de la epistemología – la descontextualización del saber, su desubicación de la red de problemáticas y problemas que le otorgan su sentido completo, la ruptura del juego intersectorial constitutiva del saber en su movimiento de creación y de realización (Chevallard, 1991, p. 71).

questões que motivaram sua elaboração. Por exemplo, ao abordar as duas primeiras leis do movimento planetário de Kepler no ambiente escolar, geralmente não se menciona o problema específico que Kepler enfrentava: a determinação da órbita de Marte. Segundo Macedo (2023), no Ensino Médio, essas leis são apenas enunciadas sem nenhum contexto e apresentadas suas respectivas equações com aplicações em exercícios meramente matemáticos.

Outro constrangimento didático é a **despersonalização**, que diz respeito à desvinculação do saber de seu contexto pessoal, ou seja, à separação do saber de seu autor original. Ao abordar essa questão, Chevallard (1991, p. 71, tradução nossa) afirma que:

A textualização realiza, em segundo lugar, a dissociação entre o pensamento, na medida em que é expresso como subjetividade, e suas produções discursivas: o sujeito é expulso de suas produções; o saber é então submetido a uma transformação no sentido de despersonalização¹³.

Segundo os estudos de Sousa (2009), esse processo de desvinculação começa a se manifestar dentro da própria comunidade científica. Inicialmente, o conhecimento está intrinsecamente ligado ao indivíduo que o desenvolveu. No entanto, devido às normas inerentes à comunidade científica, ocorre uma **despersonalização** desse conhecimento, uma vez que é necessário comunicá-lo por meio de uma linguagem específica da ciência, para atender aos padrões de legitimação. Dessa maneira, no Saber a Ensinar e no Saber Ensinado, “[...] o processo de despersonalização supõe que o saber, ao ser apresentado, não revela o processo de produção, como o produtor o trabalhou, mas mostra o produto; o processo de produção desaparece, para dar lugar à apresentação do produto” (Sousa, 2009, p. 40).

Batista *et al.* (2024) alertam que o processo de **despersonalização**, em alguns momentos, pode até mencionar determinados cientistas, porém, tende a destacar apenas um ou dois nomes vinculados ao desenvolvimento de um saber, o que pode induzir o aluno a uma visão distorcida da prática científica, ao privilegiar a atuação isolada de um ou poucos pesquisadores. Essa abordagem, segundo os autores, conduz a uma perspectiva de ciência de cunho elitista, na qual se obscurece o caráter coletivo presente na formulação dos conhecimentos científicos.

Ademais, a **despersonalização** também pode ocorrer quando se atribuem a determinados conhecimentos características, narrativas ou motivações de cunho pessoal que, de fato, jamais existiram em sua gênese. Um exemplo desse tipo de inserção é apresentado por Macedo e Gomes (2024a), que, ao examinarem os livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático em 2021, constataram que os autores recorrem à conhecida narrativa segundo a qual Newton teria formulado a Lei da Gravitação Universal a partir da queda de uma maçã. Essa narrativa, contudo, nunca ocorreu, segundo historiadores da ciência: “[...] Newton deixou, ao morrer, uma vasta quantidade de manuscritos. No entanto, jamais foi encontrada qualquer descrição sua a respeito da queda da maçã” (Martins, 2006, p. 175).

O penúltimo constrangimento didático abordado por Chevallard (1991) em seu livro é a **programabilidade** do saber. Conforme o autor esclarece, um texto didático ou as aulas de um professor, funcionam como um roteiro para o desenvolvimento do saber, isto é, o material e as aulas criadas definem um início e um término provisório, sugerindo uma ordem lógica de conceitos que os estudantes devem seguir ao aprender sobre determinado conteúdo. O trecho a seguir ilustra esses pontos:

O texto é uma norma de progressão no conhecimento. Um texto tem um início e um fim (provisório) e opera através de uma cadeia de razões. Se a aprendizagem é concebida como equivalente ao progresso manifestado pela estrutura do texto,

¹³ La textualización lleva a cabo, en segundo lugar, la disociación entre el pensamiento, en tanto que expresado como subjetividad, y sus producciones discursivas: el sujeto está expulsado fuera de sus producciones; el saber está entonces sometido a una transformación en el sentido de despersonalización (CHEVALLARD, 1991, p. 71).

isso permite mensurar a aprendizagem e torna possível uma didática essencialmente "isomorfa" cujas etapas são determinadas pelo texto¹⁴ (Chevallard, 1991, p. 73, tradução nossa).

Assim, a **programabilidade** estabelece uma organização do conteúdo de forma sequencial e racional. No entanto, como consequência, a **programabilidade** fomenta a concepção de que os conhecimentos científicos são elaborados de maneira linear, ou seja, ela induz, ou reforça, a ideia de que os saberes científicos são construídos linearmente e progressivamente (Martins, 2020; Sá, 2020).

Finalizando a discussão acerca dos constrangimentos didáticos, Chevallard (1991) discute a **publicidade do saber**. Para o autor:

A objetificação obtida pela inserção do saber em texto é a fonte evidente, além disso, da publicidade do saber ali representado (em oposição ao caráter "privado" dos saberes pessoais, adquiridos por mimetismo, ou esotéricos, adquiridos por iniciação, etc.). Essa publicidade, por sua vez, possibilita o controle social da aprendizagem, em virtude de uma certa concepção do que significa "saber", concepção que é fundamentada (ou pelo menos legitimada) pela textualização. Concepção cuja caricatura extrema é o "saber de cor" como mera repetição mecânica¹⁵ (Chevallard, 1991, p. 73, tradução nossa).

Dessa forma, a **publicidade do saber** torna o conhecimento público e acessível, ampliando o alcance a um grupo maior de indivíduos. Essa característica pública do saber é essencial no processo de transposição didática, uma vez que possibilita a disseminação do conhecimento científico no ambiente educacional. No entanto, essa **publicidade do saber** pode resultar em uma simplificação excessiva, fazendo com que aspectos significativos, que foram parte da construção histórica e epistemológica de determinado conhecimento, sejam omitidos. Isso pode levar a uma compreensão inadequada e superficial de seu real significado.

Perante o exposto, acreditamos que durante o processo de transposição didática, o conhecimento científico está sujeito a esses cinco constrangimentos didáticos, ou seja, eles são inevitáveis durante esse processo, visto que quando se pretende transpor um determinado conhecimento é necessário adaptá-lo para o público ao qual será destinado. Diante desse cenário, surge a necessidade de minimizar os impactos negativos causados por esses constrangimentos. Para isso, Chevallard (1991) propõe o conceito de **vigilância epistemológica** que, de modo geral, significa estar ciente das transformações que o saber sofre ao ser transposto para o ambiente escolar como também conhecer a história e a epistemologia dos conhecimentos a serem ensinados.

A **vigilância epistemológica** é um processo crítico e reflexivo que envolve entender como o saber científico está sendo apresentado na sala de aula. O exercício dessa vigilância é uma possibilidade de garantir que o saber científico seja discutido de forma mais próxima possível de sua natureza original, prevenindo simplificações excessivas, distorções ou perda de conteúdo essencial. Assim, a **vigilância epistemológica** oferece um olhar criterioso que garante a consistência e a validade epistemológica do conhecimento a ser ensinado (Chevallard 1991; Ricardo, 2020).

14 El texto es una norma de progresión en el conocimiento. Un texto tiene un principio y un fin (provisorio) y opera por encadenamiento de razones. Si se concibe el aprendizaje como equivalente al progreso que manifiesta la estructura propia del texto, éste permite medir a aquél y hace posible una didáctica esencialmente "isomorfa" cuyas escansiones determina (Chevallard, 1991, p. 73).

15 La objetivación obtenida por la puesta en textos del saber es la fuente evidente, además, de la publicidad del saber que allí se representa (como opuesto al carácter "privado" de los saberes personales, adquiridos por mimetismo, o esotéricos, adquiridos por iniciación, etc.). Esta publicidad, a su vez, posibilita el control social de los aprendizajes, en virtud de una cierta concepción de qué significa "saber", concepción fundada (o legitimada, al menos) por la textualización. Concepción cuya caricatura extrema es el "saber de memoria" como simple psitacismo (Chevallard, 1991, p. 73).

De forma complementar, Brockington e Pietrocola (2005, p. 391), discutem que essa vigilância da “[...] evolução do saber que se encontra na sala de aula através da Transposição Didática possibilita uma fundamentação teórica para uma prática pedagógica mais reflexiva e questionadora”. Assim, acreditamos que a **vigilância epistemológica** é essencial em todas as etapas da transposição didática, tanto na elaboração de materiais didáticos quanto nas aulas ministradas. No entanto, vale salientar, como aponta Almeida (2016, p. 28), que

[...] ser vigilante epistemologicamente não é apenas conhecer a natureza do objeto do saber do qual o objeto de ensino se origina. É necessário um aprofundamento e conhecimento maior sobre os objetos de ensino e ter uma ampla ideia da construção dos saberes dos quais o professor irá tratar.

Para Chevallard (1991, p. 51, tradução nossa), “[...] o exercício do princípio de vigilância da transposição didática é uma das condições que determinam a possibilidade de uma *análise científica* do sistema didático”¹⁶.

Desse modo, para averiguarmos como ocorre a transposição didática do Saber a Ensinar para o Saber Ensinado das três leis do movimento planetário de Kepler, investigamos a presença desses cinco constrangimentos didáticos e o uso da vigilância epistemológica para reduzir os seus impactos, tanto no material didático utilizado pelos professores quanto em suas aulas de Física sobre o conteúdo das três leis de Kepler.

3. O SABER A ENSINAR DE BASE UTILIZADO PELOS PROFESSORES

Para compreendermos como foi construído o Saber Ensinado das três leis de Kepler durante as aulas, é essencial apresentar o principal material didático utilizado pelos professores. Isso se justifica, pois, para responder ao nosso problema de pesquisa e alcançar o objetivo proposto, é necessário conhecer esse Saber a Ensinar, que é a esfera do saber que antecede a esfera do Saber Ensinado.

A pesquisa foi realizada com professores vinculados a instituições de ensino pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Maringá, no estado do Paraná, Brasil. Assim, é importante contextualizar que, na atual conjuntura da educação no estado do Paraná, o principal material didático utilizado pelos professores durante as aulas são *slides* que contêm o conteúdo já elaborado e pronto para ser ministrado. Esses materiais são disponibilizados pela Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná (SEED/PR).

Esse uso de *slides* marca uma mudança histórica na educação brasileira. Pesquisas anteriores (Santos, 2006; Tamanini; Noronha, 2019; Perdigão; Ipolito, 2021) apontam que, tradicionalmente, o livro didático ocupou um lugar central no ensino, principalmente devido ao Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), que distribui livros a todas as escolas públicas do país.

Conforme Pasini e Silva (2024), essa mudança no estado do Paraná começou em 2019, durante a gestão do governador Ratinho Júnior, que iniciou a inclusão das tecnologias e plataformas digitais no sistema educacional do estado de forma intensificada. As autoras destacam que:

Dentre as plataformas e programas mais utilizados pelo estado do Paraná, estão os aplicativos da Google, com destaque para o Google Classroom, Google Meet, Jamboard, Slides Google, e Google Drive. E a Microsoft, com o Power Business Intelligence - BI, que abarca às plataformas dos programas que contribuíram para

16 [...] el ejercicio del principio de vigilancia en la transposición didáctica es una de las condiciones que determinan la posibilidad de un análisis científico del sistema didático (Chevallard, 1991, p. 51).

intensificação de cobranças e controle do trabalho pedagógico, dentre os quais destacamos: Programa Presente na Escola, **RCO+aulas**, Prova Paraná, Escola Total, Redação Paraná, BI Matemática - plataforma Matific, DesafioParaná, Inglês Paraná, Educatron, Tutoria Pedagógica, entre outros (Pasini; Silva, 2024, p. 20, grifo nosso).

Dentro desse contexto, a plataforma RCO+aulas (Livro de Registro de Classe Online) permite que os professores tenham acesso aos conteúdos por turma e série de cada disciplina curricular. Ao acessar o sistema, o professor encontra *links* para videoaulas, *slides* e listas de exercícios relacionados ao conteúdo que será abordado em sala de aula. A figura 2 a seguir mostra como esse material didático é visualizado no sistema.



MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

PLANO DE AULA – RCO – 2024 – ENSINO MÉDIO
FÍSICA – 1ª SÉRIE – 1º TRIMESTRE

AULAS	CONTEÚDOS	ÁREA	COMPONENTE	OBJETOS DE CONHECIMENTO	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	HABILIDADE DA ÁREA	COMPETÊNCIA DA ÁREA	VÍDEO AULA	SLIDES/ ENCAMINHAMENTOS	Professor, atribua a atividade do Desafio Paraná	EXERCÍCIOS
5	As Leis de Kepler (I)	CN	Física	Interações gravitacionais	Aplicar as leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal aos movimentos dos corpos celestes, incluindo satélites artificiais.	(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, entre outros).	2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	https://youtu.be/M8u0x5Gk8Y	https://docs.google.com/presentation/d/1goapTWOP3ru7yZyru8BQ7G0ZKASe1HnJ4dlt7usp=sharing&ouid=1167676591366278458538rtpof=true&sd=true		https://docs.google.com/document/d/1PmemGTWx8AmOHmyMOBwzm0mDy899dju/edit?usp=drive_link&ouid=1167676591366278458538rtpof=true&sd=true
6	As Leis de Kepler (II)	CN	Física	Interações gravitacionais	Aplicar as leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal aos movimentos dos corpos celestes, incluindo satélites artificiais.	(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, entre outros).	2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	https://youtu.be/C3dkwX0XW0D	https://docs.google.com/presentation/d/1KcY73fUctONf_TW1dtsuifwadoR3Z/edit?usp=sharing&ouid=1167676591366278458538rtpof=true&sd=true	https://ouid=1167676591366278458538rtpof=true&sd=true	https://docs.google.com/document/d/12AMXQv0eQUdyCh3u8Yv0wJrk9CIT/edit?usp=drive_link&ouid=1167676591366278458538rtpof=true&sd=true

Figura 2. Plano de aula RCO+aulas sobre as leis de Kepler. Fonte: Adaptado de RCO+aulas, 2024.

Como pode ser observado na figura 2, foram previstas apenas duas aulas do 1º trimestre de 2024 para se discutir as três leis de Kepler com os alunos da 1ª Série do Ensino Médio. Nos *links* a seguir estão os dois *PowerPoint* utilizados nas aulas:

- Primeira Aula sobre o tema – As Leis de Kepler (I):
<https://docs.google.com/presentation/d/1x5mvt-pPRv5reuBDV6r2Zuhdat1wI4frFbPYB85QRTI/edit?usp=sharing>
- Segunda Aula sobre o tema – As Leis de Kepler (II):
<https://docs.google.com/presentation/d/1kDJrb9A9aACRvdTfoAREiggGITHuR7mubQbEzZngFO4/edit?usp=sharing>

4. METODOLOGIA

Para alcançarmos o objetivo da pesquisa, os objetos de estudo foram o material didático e as aulas ministradas por professores de Física sobre o conteúdo das três leis de Kepler. Participaram da investigação cinco colégios estaduais pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Maringá, no Paraná, Brasil. No que se refere aos participantes, foram selecionados cinco professores de Física, um de cada colégio. Algumas informações sobre os participantes podem ser encontradas

no Quadro 1.

REFERÊNCIA AO LONGO DO TRABALHO	FORMAÇÃO	ANOS LECIONANDO
PROF. A	- Licenciatura em Física; - Licenciatura em Matemática; - Graduação em Engenharia de Produção (<i>Software</i>); - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física;	11 anos
PROF. B	- Licenciatura em Física; - Licenciatura em Química; - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física;	20 anos
PROF. C	- Licenciatura em Física; - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física;	17 anos
PROF. D	- Licenciatura em Física; - Licenciatura em História; - Mestrado em Física da Matéria Condensada; - Especialização em Educação de Jovens e Adultos;	21 anos
PROF. E	- Graduação em Ciências com habilitação em Matemática e Física;	31 anos

Quadro 1. Informações sobre os participantes da pesquisa. Fonte: autores.

A seleção dos participantes seguiu um procedimento previamente estabelecido. Inicialmente, por meio do site do Núcleo Regional de Educação de Maringá, foram identificados os docentes de Física lotados nas 38 instituições públicas vinculadas a esse núcleo. Na etapa seguinte, verificou-se o vínculo funcional de cada professor, distinguindo aqueles pertencentes ao Quadro Próprio do Magistério (QPM) dos que atuavam em regime temporário pelo Processo Seletivo Simplificado (PSS). Optou-se por excluir os professores contratados via PSS, considerando a natureza instável de seus contratos, sujeitos a alterações anuais, o que poderia comprometer a continuidade da investigação. Como o envio da relação definitiva de instituições ao Comitê de Ética em Pesquisa (COPEP) era requisito prévio ao início da coleta de dados, priorizaram-se docentes QPM com alocação estável em uma escola específica, assegurando sua permanência durante o ano letivo da pesquisa.

Após o levantamento dos professores QPM nas 38 escolas, foram obtidos seus contatos para o envio do convite de participação no estudo. Para tanto, utilizou-se o aplicativo *WhatsApp*, tanto por meio de mensagens individuais quanto pelo grupo de docentes de Física administrado pelo Núcleo Regional de Educação de Maringá. Ao todo, 45 professores foram contatados, dos quais cinco aceitaram o convite. Assim, a investigação contou efetivamente com a participação de cinco docentes e, conseqüentemente, de cinco escolas.

Com base no problema estipulado e nas características que a pesquisa assumiu, a investigação pode ser considerada uma pesquisa qualitativa de natureza indutiva. A escolha pela abordagem qualitativa se justifica pela sua capacidade de lidar com

[...] o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que correspondem a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (Minayo, 2001, p. 22 – 23).

Sob essa perspectiva, a transposição didática do Saber a Ensinar para o Saber Ensinado das três leis do movimento planetário é um processo complexo. Ele envolve significados, motivos, crenças, valores e atitudes dos professores ao abordarem esse conteúdo, exigindo, portanto, uma análise mais aprofundada dessas camadas de significados, o que vai ao encontro da abordagem qualitativa. Por sua vez, a natureza indutiva da pesquisa, de acordo com Marconi e Lakatos (2003, p. 86),

[...] é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.

Em nossa pesquisa, partimos de uma análise crítica das falas dos professores durante as aulas sobre o conteúdo das três leis de Kepler, com a finalidade de encontrar padrões na forma como esse conteúdo é trabalhado, para que assim fôssemos capazes de inferir uma ideia geral de como esse conceito é transposto por esses professores.

Como a pesquisa se restringiu à observação das aulas, sem realizar qualquer tipo de intervenções diretas, estipulamos como técnica de coleta de dados a observação não-participante. Conforme Lakatos e Marconi (2003, p. 193), na observação não-participante, o observador “[...] presencia o fato, mas não participa dele; não se deixa envolver pelas situações; faz mais o papel de espectador”. Além disso, Gil (2008, p. 104) esclarece que essa técnica é “[...] frequentemente utilizada em pesquisas que têm como objetivo a descrição precisa dos fenômenos ou o teste de hipóteses”. No caso do nosso estudo, a observação não-participante foi empregada para descrever o fenômeno da transposição didática interna das três leis de Kepler nas aulas de Física.

Em relação aos instrumentos de coleta de dados, utilizamos dois instrumentos, um deles foi o diário de campo. Sobre esse instrumento, Gil (2008, p. 103) coloca que o “[...] registro da observação simples se faz geralmente mediante diários ou cadernos de notas. O momento mais adequado para o registro é, indiscutivelmente, o da própria ocorrência do fenômeno”. Essa afirmação vai ao encontro da nossa pesquisa, visto que o diário de campo nos permitiu registrar o fenômeno da transposição didática durante sua ocorrência.

O outro instrumento utilizado foi o gravador de áudio para registrar a exposição dos professores durante as aulas, para que fosse possível, posteriormente, ouvir novamente as falas dos professores em busca de novos aspectos, detalhes e mensagens implícitas que, em um primeiro momento, puderam passar despercebidas. Corroborando com essa visão, Lüdke e André (2018, p. 43) afirmam que a “[...] gravação tem a vantagem de registrar todas as expressões orais [...]”, de forma imediata, permitindo que o pesquisador preste toda a sua atenção ao que está sendo estudado. Assim sendo, a gravação de áudio permitiu registros fiéis das interações, isto é, ela possibilitou capturar de forma precisa as falas dos professores durante as aulas, permitindo uma análise detalhada das explicações relacionadas ao conceito das três leis de Kepler.

Por fim, para nos auxiliar na análise dos dados constituídos por meio do diário de campo e das gravações de áudio, realizamos uma análise crítica das falas dos professores durante as aulas, buscando identificar os constrangimentos didáticos citados na seção 2, bem como o uso ou não da vigilância epistemológica. O Quadro 2 a seguir resume, de forma geral, a principal característica de cada elemento a ser observado nas falas dos professores.

ELEMENTOS	CARACTERÍSTICA
DESCONTEXTUALIZAÇÃO	Desvinculação do saber do contexto histórico ao qual foi desenvolvido; Remoção do saber de sua rede de problemas;
DESSINCRETIZAÇÃO	Fragmentação do conteúdo; Distinguir o que faz parte e o que não faz parte de determinado campo de saber;
DESPERSONALIZAÇÃO	Separação do saber de qualquer contexto pessoal; Atribuição de aspectos que não relacionam o saber com o seu elaborador;
PROGRAMABILIDADE	Organização do conteúdo de maneira progressiva e racional; Visão linear e acumulativa;
PUBLICIDADE DO SABER	Objetificação do saber para torná-lo público e acessível; Simplificações e omissões excessivas;
VIGILÂNCIA EPISTEMOLÓGICA	Olhar crítico e atento sobre a transposição entre o Saber Sábio e o Saber a Ensinar; Identificar a inadequação entre o Saber Sábio e o Saber a Ensinar; Naturalizar o objeto de ensino diminuindo as diferenças que ele sofreu no processo de transposição didática; Ligação genuína e crítica com o Saber Sábio, prevenindo distorções e inadequações;

Quadro 2. Resumo das características de cada elemento a ser observado. Fonte: Macedo e Gomes, 2024b, p. 11.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, iniciaremos a análise do material didático (Saber a Ensinar) utilizado pelos professores, assim como das aulas por eles ministradas (Saber Ensinado) sobre o conteúdo das três leis de Kepler.

5.1 Análise do Saber a Ensinar utilizado pelos professores

Como apresentado na seção 3 deste trabalho, o material didático que orientou as aulas sobre as três leis do movimento planetário foram dois *Powerpoints*. O primeiro, intitulado de As Leis de Kepler (I), contém 17 *slides*, e o segundo, As Leis de Kepler (II), 16 *slides*.

O primeiro material inicia questionando como descrever as órbitas de planetas e satélites. Em seguida, apresenta uma breve descrição das órbitas planetárias nos modelos geocêntrico e no modelo heliocêntrico, enfatizando que, em ambos os casos, as órbitas eram circulares. Um *slide* posterior menciona que Galileu apoiava o modelo copernicano e defendia a ideia de que os planetas descreviam movimentos circulares ao redor do Sol.

Na sequência, um *slide* afirma que “outros dois cientistas, contemporâneos de Copérnico, Isaac Newton e Johannes Kepler, eram defensores do modelo heliocêntrico [...]” (SEED-PR, 2024a, *slide* 8). Em um sentido mais amplo, a informação é coerente, uma vez que esses três pensadores viveram na Idade Moderna, no entanto, em um sentido mais restrito, a afirmação está incorreta, pois Copérnico viveu de 1473 a 1543, enquanto que Kepler viveu de 1571 a 1630 e Newton de 1643 a 1727, fato esse que sinaliza o constrangimento da **publicidade**.

Isso pode acarretar na compreensão por parte dos alunos de que Copérnico foi apoiado por Kepler e Newton na mesma época em que publicou o *De Revolutionibus Coelestium Orbium*¹⁷, quando, na realidade, a obra copernicana foi rejeitada e ignorada pela maioria da comunidade científica da sua época, tendo maior reconhecimento após a síntese newtoniana. A frase

¹⁷ Sobre as Revoluções das Órbitas Celestes.

anteriormente destacada é finalizada dizendo que Newton e Kepler afirmaram que os planetas descreviam órbitas elípticas ao invés de circulares. Após essa discussão, os alunos são convidados a desenhar as órbitas planetárias de acordo com essa afirmação anterior. No décimo *slide*, é apresentado uma introdução às leis de Kepler, como podemos observar na Figura 3 a seguir.

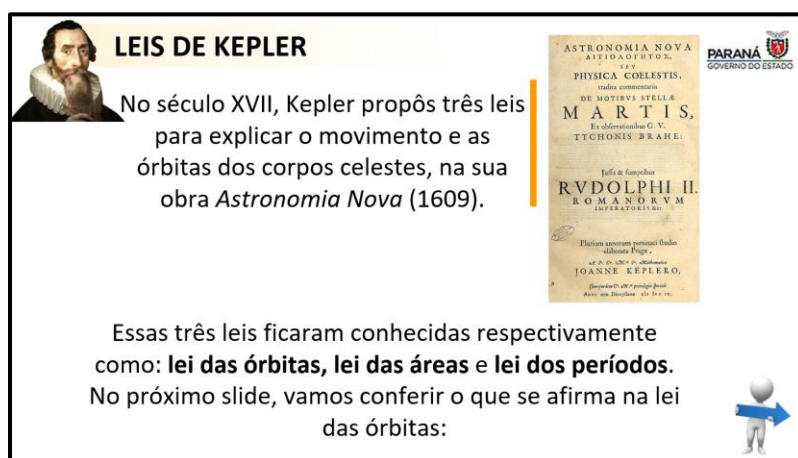


Figura 3. Décimo *slide* do material As Leis de Kepler (I). Fonte: SEED-PR, 2024a.

Do conteúdo do décimo *slide* emerge os constrangimentos didáticos da **descontextualização** e **despersonalização**. O primeiro constrangimento emerge pelo fato de que, ao retornarmos ao Saber Sábio, apenas a lei das órbitas e a lei das áreas estão na obra *Astronomia Nova seu Physica Coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis*¹⁸, enquanto que a lei dos períodos foi publicada 10 anos depois, em 1619, na obra *Harmonices Mundi*¹⁹ (Tossato; Mariconda, 2010; Menezes, 2022; Macedo, 2023). Em relação à **despersonalização**, além do comentado, ela emerge também pelo fato do foco se concentrar apenas nas famosas leis, desvinculando outras contribuições que Kepler forneceu na obra *Astronomia Nova*. Como observado por Itokazu (2006a, p. 67 – 68):

A nova astronomia é uma física dos céus; trata-se de estender ao estudo dos movimentos celestes o preceito básico da filosofia seiscentista, de acordo com o qual explicar um é conhecer sua causa. A principal relação de causalidade operante na *Astronomia Nova* é aquela que liga o Sol aos movimentos planetários, ao movimento de Marte em particular. A ideia de que do Sol emana uma força motriz responsável pelos movimentos dos planetas e a derivação das duas primeiras leis de Kepler a partir dessa ideia fazem do heliocentrismo de Kepler uma astronomia física, como ele orgulhosamente anuncia no título.

O mérito de Kepler em *Astronomia Nova* vai além da interpretação das duas leis do movimento dos planetas, englobando também uma reestruturação dos princípios e métodos da ciência astronômica. Um exemplo disso é a distinção que ele faz entre hipóteses astronômicas e hipóteses geométricas, conforme mencionado por Macedo (2023, p. 38):

[...] as hipóteses astronômicas devem corresponder aos movimentos reais dos astros no Universo, enquanto que as hipóteses geométricas servem para representar as hipóteses astronômicas, sendo assim, as hipóteses geométricas não devem ser consideradas verdadeiras ou falsas, pois a sua formulação não tem a necessidade de explicar a realidade do Universo, mas de ser capaz de manipular as hipóteses astronômicas, fazendo com que se deduzam os movimentos dos astros no céu.

¹⁸ *Astronomia Nova, fundada sobre as causas, ou Física Celeste, exposta em comentários sobre os movimentos da estrela Marte.*
¹⁹ *Harmonia do Mundo*

Além disso, em algumas passagens da obra, Kepler também descreve que uma força²⁰ motriz se origina do Sol e faz com que os planetas se movimentem ao redor dele, antes mesmo da ideia newtoniana de que a força gravitacional do Sol e a inércia dos planetas são as responsáveis por fazer com que os planetas descrevam órbitas em torno do corpo solar (Itokazu, 2006b; Macedo, 2023). Prosseguindo na discussão, o próximo *slide* que o material apresenta pode ser observado na Figura 4 a seguir.

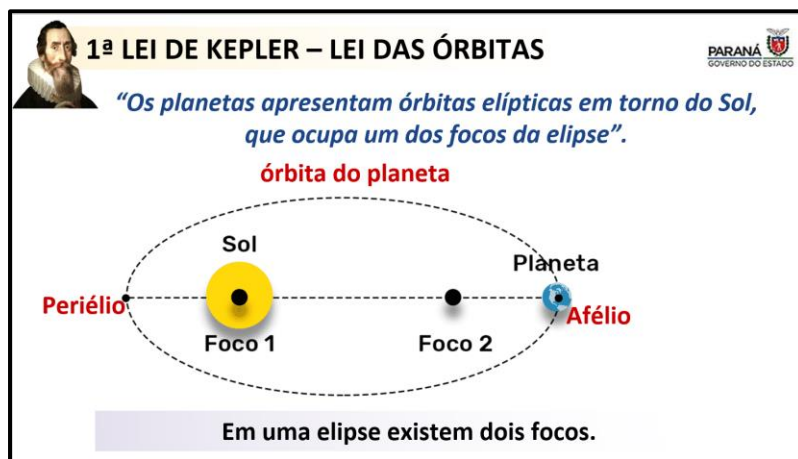


Figura 3. Décimo primeiro *slide* do material As Leis de Kepler (I). Fonte: SEED-PR, 2024a.

É possível inferirmos que o *slide* da Figura 3 apresenta os constrangimentos didáticos da **dessincritização, descontextualização e publicidade do saber**, uma vez que o material traz uma órbita planetária muito excêntrica, mais semelhante às órbitas de cometas do que às dos planetas ao redor do Sol. A **dessincritização** se manifesta pelo fato de não ser explicitado na produção desse Saber a Ensinar que, na realidade, as órbitas planetárias são elipses de baixíssima excentricidade, isto é, quase círculos (Canalle, 2003).

Essa questão também leva à **descontextualização**, pois remove a problemática enfrentada por Kepler para chegar à forma elíptica das órbitas. Kepler levou oito anos para alcançar essa conclusão devido à baixa excentricidade das órbitas (Koestler, 1989; Mourão, 2003), o que evidencia a dificuldade enfrentada por ele para determinar essa forma. Por exemplo, a excentricidade da órbita de Marte é 0,0923, enquanto que a de uma circunferência é zero, tornando quase imperceptível essa diferença.

Podemos perceber essa dificuldade no seguinte excerto: “[...] pressuponho que a órbita da Terra é perfeitamente circular, como de fato parece aos nossos sentidos. Afinal, devido à pequena excentricidade de sua elipse, ela praticamente não se afasta da circularidade”²¹ (Kepler, 1992, p. 88, tradução nossa). Assim, ao não abordar essa questão, pode se entender que Kepler chegou de maneira simples a conclusão de que as órbitas são elipses.

Em relação à **publicidade do saber**, ela se manifesta em razão dessa elipse mais achatada, que objetiva tornar esse saber público e acessível para os alunos. Embora didaticamente útil para visualizar a forma elíptica da órbita, essa **publicidade** gera essa omissão de que as órbitas são elipses de baixa excentricidade, podendo levar à compreensão inadequada de que as órbitas dos planetas são elipses bastante excêntricas.

Para contornar esse impasse, os elaboradores do material didático poderiam ter utilizado

²⁰ É importante observar que a noção de **força** para Kepler é distinta da visão newtoniana. Enquanto Kepler entendia a **força** como responsável por produzir velocidades, Newton, por outro lado, concebia a **força** como algo que gera acelerações. Além disso, de acordo com Itokazu (2008, p. 75) Kepler “[...] considera plausível que a força solar seja magnética ou quase-magnética, visto que ela age a distância e que fora recentemente demonstrada por William Gilbert no seu *De Magnete* a natureza magnética da Terra”.

²¹ I have presupposed that the earth's path is perfectly circular, as it indeed is to the senses. For because of the small eccentricity of its ellipse it can only barely depart from circularity (Kepler, 1992, p. 88).

mais ativamente a **vigilância epistemológica**. Eles poderiam ter representado uma elipse de grande excentricidade para, didaticamente, ilustrar a lei das órbitas, mas, em seguida, poderiam ter alertado que, na realidade, os planetas do sistema solar apresentam órbitas elípticas de baixíssima excentricidade e, então, poderiam ter apresentado algo semelhante à Figura 4 a seguir.

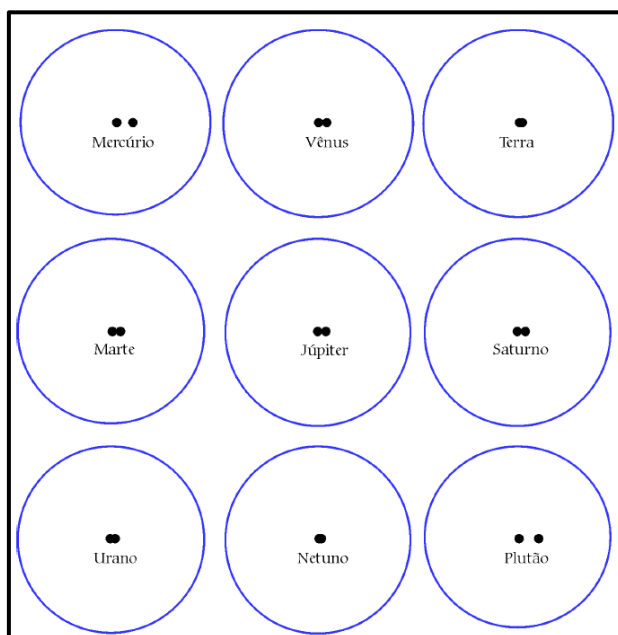


Figura 4. Elipses das órbitas dos oito planetas do sistema solar e do planeta anão Plutão. O ponto central é o centro da elipse e o ponto da direita é a posição de um dos focos que é ocupado pelo Sol. Fonte: Canalle, 2003.

No *slide* 12 novamente é enunciada a primeira lei do movimento planetário e um *gif* simula um planeta descrevendo uma órbita extremamente excêntrica em torno do Sol. Mais uma vez o *slide* 13, apresenta uma órbita bem achatada, porém, no caso, para a Terra em torno do Sol. Ao mesmo tempo é destacado nessa órbita o ponto de periélio e afélio da Terra, com seus respectivos valores em quilômetros. Outra vez salientamos que os elaboradores do material poderiam ter exercido a **vigilância epistemológica** e problematizado que

[...] uma evidência de que a órbita da Terra não é tão achatada (excêntrica) quanto aparece nos livros didáticos é o fato de vermos o Sol sempre com o mesmo tamanho. Se a órbita da Terra fosse tão excêntrica, quanto, por exemplo, $e = 0,8$ ou $e = 0,9$, teríamos que ver o tamanho aparente do Sol mudar ao longo do ano. Quando próximo dele, deveríamos vê-lo enorme [...] e quando distante dele o veríamos pequeno [...] (Canalle, 2003, p. 15).

Nos *slides* 14 e 15 são trazidas duas questões simples para os alunos responderem, cada uma respectiva a um *slide*, como pode ser observado na Figura 5 a seguir. Em seguida, o material é finalizado afirmando que na aula foi compreendida a forma das órbitas dos planetas, juntamente com as referências utilizadas.

Praticando 2

Ao sinal do(a) professor(a), analise a questão abaixo e levante a mão conforme indicado na figura ao lado da alternativa que julgar correta:

Pela primeira Lei de Kepler, o Sol se encontra:

2 min.

- a) No centro da trajetória circular dos planetas.
- b) Em um dos focos da trajetória elíptica.**
- c) No centro da trajetória elíptica do planeta.
- d) Na borda da elipse descrita por um planeta.
- e) Na borda da órbita circular descrita pelo planeta.

PROVA PARANÁ
d01 - Compreender o movimento de corpos celestes e/ou fenômenos naturais, por meio da interação entre Sol, Terra e Lua.

Praticando 3

Kepler era um defensor de qual modelo cosmológico:

- a) Heliocêntrico.**
- b) Geocêntrico.
- c) da Terra plana.
- d) da curvatura do espaço-tempo.

PROVA PARANÁ
d01 - Compreender o movimento de corpos celestes e/ou fenômenos naturais, por meio da interação entre Sol, Terra e Lua.



Figura 5. Décimo quarto e décimo quinto *slide* do material As Leis de Kepler (I). Fonte: SEED-PR, 2024a.

O segundo material inicia perguntando qual seria sua idade em outro planeta, juntamente com uma charge humorística que traz um paralelo entre o período orbital da Terra e de Marte em torno do Sol. No quinto *slide* o material já introduz a ideia por trás da segunda lei do movimento planetário, dizendo que Kepler “[...] verificou que um planeta se move mais lentamente quando está mais longe do Sol e, mais rápido, à medida que se aproxima” (SEED-PR, 2024a, *slide* 5). Essa afirmação vai ao encontro dos escritos de Kepler, como exemplifica o excerto a seguir: “[...] tornam provável que o verdadeiro desaceleramento do planeta resulta de seu afastamento do Sol, enquanto o aumento da velocidade decorre de sua aproximação em relação ao Sol [...]”²² (Kepler, 1992, p. 160, tradução nossa). No entanto, continuando o excerto, Kepler (1992, p. 160, tradução nossa) prossegue discutindo que

[...] é impossível sequer conceber como uma força poderia ser inerente no ponto β , que não tem corpo, em vez de estar em κ , que está bem próximo, onde se encontra o Sol, o coração do mundo, força essa que moveria o planeta mais rapidamente ou mais lentamente, dependendo de sua aproximação ou afastamento.²³

Por essa razão, o material novamente **despersonaliza** as ideias de Kepler, ao desvincular sua contribuição ao pensar que uma força emanava do Sol e era responsável por fazer os planetas girarem ao seu redor, ora com maior, ora com menor velocidade. Essa **despersonalização** remove a característica kepleriana de procurar uma relação causal para os fenômenos astronômicos, ou seja, para Kepler, essa diferença de velocidade ao longo da órbita deveria ser causada por algo, no caso, o Sol. Menezes (2022, p. 226) afirma que a grande questão para Kepler “[...] é que o astrônomo deve ir além, procurando a verdade na astronomia, separando os verdadeiros movimentos do que são enganosos, procurando no corpo físico do Sol as causas do movimento”. Portanto, a forma como o material apresenta essa informação pode levar à compreensão de que Kepler não supôs a causa dessas diferenças de velocidades e apenas as observou por meio dos dados.

Na sequência, especificamente no *slide* 6, é enunciada a segunda lei do movimento planetário, como podemos observar na Figura 6. A descrição apresentada é **despersonalizada**, **dessincretizada** e **publicizada**, pois omite a lei das distâncias que levou à lei das áreas, como podemos observar a partir do seguinte excerto (1992, p. 89, tradução nossa):

[...] por meio de uma demonstração geométrica, é construída a seguinte proposição universal: os tempos decorridos por um planeta sobre arcos iguais da órbita excêntrica **são proporcionais às distâncias do planeta** ao centro de

²² [...] make it probable that this real slowing down of the planet arises from its moving away from the body of the sun, and the speeding up from its approach to the sun itself [...] (KEPLER, 1992, p. 160).

²³ [...] it is impossible even to conceive of how a force could inhere in point β , which has no body, rather than in κ , quite nearby, in which there is the sun, the heart of the world, which force would move the planet more swiftly or slowly according to its approach and recess (KEPLER, 1992).

onde se origina a excentricidade²⁴ (Kepler, 1992, p. 89, tradução nossa, grifo nosso).

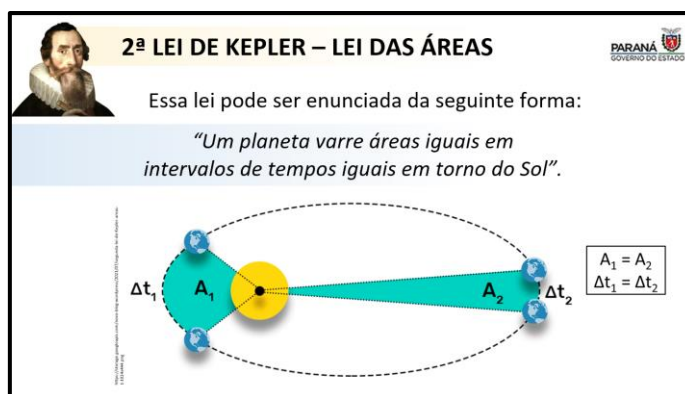


Figura 6. Sexto *slide* do material As Leis de Kepler (II). Fonte: SEED-PR, 2024b.

De acordo com Wilson (1972), a partir da lei das distâncias, Kepler com o intuito de reduzir os cálculos, percebeu que as distâncias do Sol até os pontos em um dos arcos iguais estão todas contidas na área do setor delimitado por esse arco. Assim, a área desse setor poderia ser utilizada como uma medida para todas as distâncias dentro dele. Portanto, “[...] da mesma forma que anteriormente as distâncias dos arcos iguais eram proporcionais aos tempos, agora ele sugeriu que as áreas poderiam ser consideradas proporcionais aos tempos correspondentes a esses arcos iguais” ²⁵(Wilson, 1972, p. 100).

Ainda a respeito do sexto *slide*, novamente a órbita elíptica representada é bastante achatada e nenhum alerta é feito sobre isso, o que leva aos constrangimentos didáticos já citados anteriormente e mostra o uso pouco efetivo da **vigilância epistemológica**. Em seguida, é apresentado um *gif* que simula o significado da lei das áreas. Nesse *gif* em questão, novamente a órbita representada é muito excêntrica e, além do mais, o Sol aparenta não estar em um dos focos dessa elipse, como pode ser visto na Figura 7.



Figura 7. Sétimo *slide* do material As Leis de Kepler (II). Fonte: SEED-PR, 2024b.

No oitavo *slide*, os alunos são solicitados a justificar se a distância da Terra ao Sol é a mesma durante o ano todo. E, a partir do nono *slide*, começa a introdução da terceira lei do movimento planetário. No entanto, antes de discutirmos os *slides* sobre essa lei, vale ressaltar mais um indício do uso menos efetivo da **vigilância epistemológica** por parte dos elaboradores

24 [...] by a geometrical demonstration, is constructed the following universal proposition: the elapsed times of a planet over equal arcs of the eccentric are proportional to the planet's distances from the center whence the eccentricity originates (Kepler, 1992, p. 89).

25 Just as earlier the distances of the equal arcs were proportional to the times, so now the areas might be assumed to be proportional to the times for these equal arcs (Wilson, 1972, p. 100).

deste material didático.

Dois motivos levam a essa inferência, o primeiro é o fato de que em nenhum momento, durante a apresentação da primeira e segunda leis, é informado que Kepler utilizou os dados observacionais de Tycho Brahe para chegar a essas leis. Esse fato é extremamente importante, pois sem os dados de Brahe muito provavelmente Kepler não teria chegado a suas leis. A razão disso é que Tycho Brahe foi um dos grandes astrônomos observacionais antes da invenção do telescópio, segundo Lucie (1977 *apud* Gomes, 2008, p. 47, grifo do autor),

Graças a seus instrumentos e às suas refinadas técnicas de observação (que incluíam, pela primeira vez, correções para a refração atmosférica), Tycho Brahe levantou as posições de 777 estrelas e dos cinco planetas, **com maior precisão que quatro minutos de arco**. Para que se aprecie melhor essa proeza, é bom recordar que essas observações eram feitas a **olho nu**.

Além disso, outro motivo que levou Kepler a chegar às duas primeiras leis foi que, antes de falecer, Brahe havia determinado que Kepler se debruçasse sobre o estudo da órbita do planeta Marte, uma vez que esta apresentava uma das maiores excentricidades entre os planetas exteriores, independentemente do modelo considerado. Sabendo da complexidade em se explicar o movimento marciano, Kepler se dedicou intensamente para resolver esse enigma. De acordo com Macedo (2023, p. 37),

[...] ao se deparar com a precisão dos dados coletados por Tycho Brahe, Kepler encontrou um enorme problema em relacionar esses dados com um modelo que os respeitasse. Dessa forma, um trabalho que Kepler havia garantido em oito dias, levaram-se anos para serem concluídos, inclusive muito tempo depois da morte de Tycho.

Em relação ao segundo motivo que evidencia a falta de **vigilância epistemológica**, é o fato de não ser explicitado que, na realidade, em seus estudos, Kepler chegou primeiramente à interpretação da lei das áreas, em 1602, enquanto que a lei das órbitas ele chegou à sua conclusão em 1605 (Koestler, 1989). Ou seja, a segunda lei de Kepler veio primeiro do que a conhecida primeira lei de Kepler. Esse fato evidencia o constrangimento didático da **programabilidade**, pois, didaticamente, para se ter uma abordagem progressiva e racional do conteúdo, é útil apresentar primeiramente a lei das órbitas e depois a lei das áreas. Mas, novamente, alertamos que para isso ser feito, é preciso evidenciar que essa mudança está sendo feita. Diante do exposto, essas omissões fazem com que o Saber a Ensinar gerado seja **publicizado**.

Prosseguindo na discussão, temos que somente no nono *slide* do segundo material, quando se inicia a discussão da lei dos períodos, é que Tycho Brahe é citado pela primeira vez. No entanto, a frase apresentada no *slide* evidencia mais uma vez a falta da **vigilância epistemológica** dos elaboradores do material, uma vez que é afirmado que Tycho Brahe foi discípulo de Kepler, como podemos observar na Figura 8. Brahe nunca foi discípulo de Kepler, o que de fato aconteceu é que Kepler começou a trabalhar para Tycho Brahe em 4 de fevereiro de 1600 até a morte de Brahe em 24 de outubro de 1601.



3ª LEI DE KEPLER – LEI DOS PERÍODOS

Por meio dos dados observacionais de seu discípulo Tycho Brahe, Johannes Kepler notou proporcionalidade entre os valores de períodos e os raios dos planetas.

Observe o quadro:

Planeta	Período de revolução (T)	Raio da órbita (r)	$K = \frac{T^2}{r^3}$
Mercúrio	0,241 anos	0,387 u.a.	1,002
Vênus	0,615 anos	0,723 u.a.	1,000
Terra	1 ano	1 u.a.	1,000
Marte	1,8881 ano	1,524 u.a.	0,999
Júpiter	11,86 anos	5,204 u.a.	0,997
Saturno	29,6 anos	9,58 u.a.	0,996
Urano	83,7 anos	19,14 u.a.	1,000
Netuno	165,4 anos	30,2 u.a.	0,993

Sendo 1 u.a. = 1 unidade astronômica = raio da órbita da Terra

Figura 8. Nono *slide* do material As Leis de Kepler (II). Fonte: SEED-PR, 2024b.

O erro persiste no décimo *slide*, em que novamente Brahe é dito como discípulo de Kepler. Em seguida, a terceira lei do movimento planetário é apresentada conceitualmente e matematicamente, como podemos observar na Figura 9 a seguir.



3ª LEI DE KEPLER – LEI DOS PERÍODOS

Assim, tendo por base seus dados experimentais e comparando com às de seu discípulo, Kepler chega a sua 3ª Lei.

Lei que pode ser enunciada da seguinte maneira:

“O quadrado do período da revolução dos planetas em torno do Sol é diretamente proporcional aos cubos dos raios médios de suas órbitas.”

Matematicamente:

$$\frac{T^2}{R^3} = k$$

T = Período orbital (tempo de translação)
 R = raio médio (distância planeta-Sol)
 k = constante de proporcionalidade

Figura 9. Décimo *slide* do material As Leis de Kepler (II). Fonte: SEED-PR, 2024b.

Na sequência, no décimo primeiro *slide*, é afirmado que, em síntese, a lei dos períodos estabelece que “independente da massa do planeta, quanto mais distante ele estiver do Sol, mais tempo levará para completar sua translação” (SEED-PR, 2024b, *slide* 11). No décimo segundo *slide* é apresentado um *gif* para ilustrar que devido à constância da terceira lei, é possível relacionar o período e o raio orbital de dois corpos celestes distintos. O material finaliza com uma questão que solicita aos estudantes calcular as suas idades em Mercúrio e em Marte.

Assim, perante ao que é apresentado sobre a terceira lei de Kepler, podemos inferir que o Saber a Ensinar gerado é **dessincretizado**, **descontextualizado**, **despersonalizado** e **publicizado**, uma vez que o motivo que levou Kepler a chegar na interpretação da lei dos períodos não é discutido no material. Na obra *Harmonices Mundi*, Kepler vai em busca de “[...] uma laboriosa tentativa de determinar a música das esferas, de acordo com leis precisas, e de expressá-la em termos de notação musical” (Burt, 1983, p. 48). Vale ressaltar que, de fato, a música das esferas planetárias não é real, mas que se trata de um modelo que configura o instrumentalismo kepleriano (Menezes, 2022). Na visão de Tossato (2003, p. 147):

[...] a utilização da escala musical (que será utilizada por Kepler para substituir os sólidos) são instrumentos matemáticos para o intelecto humano poder entender e expressar as relações harmônicas que existem no mundo supra-lunar.

Podemos dizer que os modelos estão no nível do instrumentalismo kepleriano, dado pelo caráter dos seus argumentos por analogias, pois eles não necessitam ser verdadeiros ou falsos – o que aliás eles não têm motivo para assim serem considerados, visto que eles não são entidades reais – mas procedimentos para auxiliarem na descoberta da estrutura harmônica que está subjacente aos fenômenos celestes. O que é básico, é que o que é real é a estrutura harmônica, os modelos servem para o intelecto humano entender essa estrutura.

A partir desse instrumentalismo, Kepler, ao efetuar a razão dos valores das velocidades angulares dos planetas nos seus respectivos afélios e periélios, conseguiu encontrar relações que resultavam em escalas musicais. De acordo com Macedo (2023), para Saturno Kepler encontrou a escala da terça maior $\frac{4}{5}$, para Júpiter a terça menor $\frac{5}{6}$, para Marte obteve a quinta $\frac{2}{3}$, e assim por diante, como mostra a Figura 10.

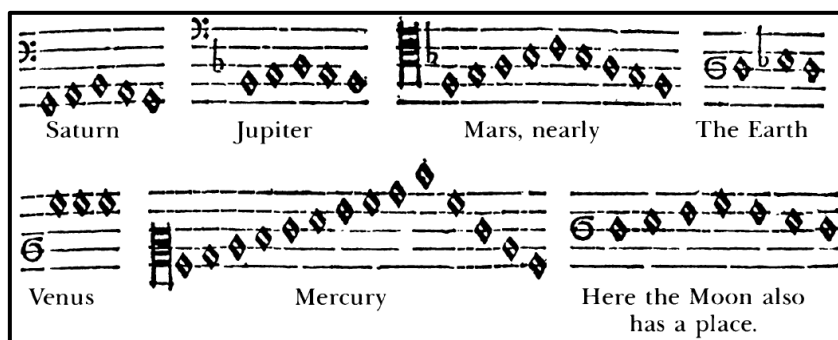


Figura 10. Representação das notas musicais que se assemelham à razão das velocidades angulares dos planetas em suas órbitas. Fonte: Kepler, 1997.

Juntamente com esse estudo das escalas musicais, Kepler também chegou na relação da potência $\frac{3}{2}$ e, a partir disso, na relação de que o quadrado do período da revolução dos planetas ao redor do Sol é diretamente proporcional ao cubo do semieixo maior da órbita do planeta. Em suas palavras:

[...] é absolutamente certo e exato que a proporção entre os tempos periódicos de dois planetas quaisquer é precisamente a proporção sesquiáltera²⁶ de suas distâncias médias, ou seja, de suas esferas reais, embora se deva considerar que a média aritmética entre os dois diâmetros da órbita elíptica é um pouco menor que o diâmetro maior. Assim, se tomarmos um terço da proporção do período, por exemplo, da Terra, que é um ano, e o mesmo do período de Saturno, que são trinta anos, ou seja, as raízes cúbicas, e duplicarmos essa proporção, ao elevar as raízes ao quadrado, teremos nos números resultantes a proporção exata das distâncias médias da Terra e de Saturno ao Sol. Pois a raiz cúbica de 1 é 1, e o quadrado disso é 1. Da mesma forma, a raiz cúbica de 30 é maior que 3 e, portanto, o quadrado disso é maior que 9. E Saturno, em sua distância média da Terra ao Sol, confirma isso²⁷ (Kepler, 1997, p. 411 – 412, tradução nossa).

26 Na matemática, a proporção sesquiáltera refere-se a uma razão de 3:2. É uma proporção que, em termos mais simples, representa a relação entre dois números onde o primeiro número é uma vez e meia (ou uma vez mais a metade) do segundo número.

27 [...] it is absolutely certain and exact that the proportion between the periodic times of any two planets is precisely the sesquialterate proportion of their mean distances, that is, of the actual spheres, though with this in mind, that the arithmetic mean between the two diameters of the elliptical orbit is a little less than the longer diameter. Thus if one takes one third of the proportion from the period, for example, of the Earth, which is one year, and the same from the period of Saturn, thirty years, that is, the cube roots, and one doubles that proportion, by squaring the roots, he has in the resulting numbers the exactly correct proportion of the mean distances of the Earth and Saturn from the Sun. For the cube root of 1 is 1, and the square of that is 1. Also the cube root of 30 is greater than 3, and therefore the square of that is greater than 9. And Saturn at its average distance of the Earth from the Sun (Kepler, 1997, p. 411 – 412).

Dessa forma, a omissão dessa discussão no material didático em questão, gera um saber fora de seu contexto histórico-social e epistemológico, o que sinaliza novamente a falta de **vigilância epistemológica** de seus elaboradores. A Figura 11 a seguir apresenta um diagrama relacionando os constrangimentos didáticos identificados com os motivos de suas manifestações. Além disso, há também as razões que apontam para a falta ou a presença da vigilância epistemológica.



Figura 11. Diagrama relacionando os constrangimentos didáticos identificados no Saber a Ensinar com os motivos que justificam sua manifestação, bem como as razões que indicam a falta ou a presença da vigilância epistemológica. Fonte: autores.

Concluída a análise do material utilizado pelos professores, que nos permite entender a dimensão desse Saber a Ensinar e observar como ocorreu a transposição para o Saber Ensinado, apresentaremos a seguir nossas inferências e interpretações das falas dos professores durante as aulas. Com isso, seremos capazes de compreender como foi gerado o Saber Ensinado e responder ao problema de pesquisa.

5.2 Análise do Saber Ensinado gerado pelo Prof. A

O **Prof. A** trabalhou com o conteúdo em questão durante uma única aula. Assim como o primeiro material utilizado, ele iniciou sua aula lembrando os alunos sobre os modelos ptolomaico e copernicano, destacando que, em ambos, as órbitas dos planetas eram descritas como perfeitamente circulares. Após essa discussão inicial, o **Prof. A** afirmou:

Prof. A: [...] Kepler falou o seguinte, o movimento dos planetas ao redor do Sol não é circular, ele tem formato de uma elipse. Então, ele veio e mudou essa parte no modelo heliocêntrico, agora deixa de ser circular, passa ser elíptico e o Sol não é mais no centro da Terra [acreditamos que aqui o professor quis dizer Universo ao invés de Terra], o Sol ele fica em um foco da elipse. Kepler, ele enunciou ali que além do movimento dos planetas não ser circular, agora ele é elíptico, o Sol não fica no centro, ele fica em um dos focos, ok? Aquele modelinho [aponta para o slide da Figura 3] da primeira lei de Kepler, ele exemplifica bem o movimento circular e a posição do Sol, lembra que eu falei que agora o movimento de... [pausa – reestruturação da frase] com Kepler a órbita deixou de ser circular e passa a ser elíptica... [pausa] o Sol deixa de estar no centro do Universo e passa a ocupar um dos focos da elipse [...].

A fala do **Prof. A** revela diversos constrangimentos didáticos, como **dessincronização**, **despersonalização**, **publicidade** e **descontextualização**. Um primeiro ponto a destacar é a omissão de que Kepler interpretou a forma elíptica das órbitas a partir dos dados observacionais de Tycho Brahe. Essa informação é essencial para a construção do conhecimento, mas não foi considerada como parte do objeto de ensino.

Em segunda lugar, o **Prof. A** não aborda o tempo que Kepler levou para chegar à lei das órbitas, nem as dificuldades enfrentadas, como o problema da baixa excentricidade, removendo, assim, as características que relaciona esse saber com o contexto pessoal do seu elaborador. Um terceiro motivo que também podemos observar, é que o **Prof. A** não evidencia a problemática da época vivida por Kepler, ou seja, a determinação da órbita do planeta mais excêntrico conhecido: Marte. Outro ponto que destacamos é que ao apresentar o *slide* da Figura 3, assim como os elaboradores do material didático, o **Prof. A** não problematiza com os alunos que a órbita elíptica do *slide* é muito excêntrica, divergindo das órbitas planetárias reais. Esse ponto, assim como os outros levantados, evidenciam a falta de uma **vigilância epistemológica** mais ativa por parte do **Prof. A**.

Essa questão da representação equivocada da órbita elíptica, de acordo com a literatura em Ensino de Ciências, faz com que a maioria dos alunos assimile a ideia de que a distância entre a Terra e o Sol varia de forma acentuada ao longo do ano. Essa concepção, por sua vez, conduz à explicação incorreta das estações do ano como resultado da maior proximidade (verão) ou afastamento (inverno) da Terra em relação ao Sol, um equívoco amplamente documentado em pesquisas sobre concepções alternativas em astronomia escolar. Além disso, os estudos indicam que a ênfase em órbitas exageradamente elípticas induz à percepção de que as diferenças de velocidade orbital ou de iluminação solar decorrem de distâncias muito variáveis, quando, na realidade, essas variações são pequenas e insuficientes para explicar fenômenos sazonais ou climáticos. Assim, conforme apontam as pesquisas, as consequências da representação de órbitas planetárias com alta excentricidade para a aprendizagem vão além da mera percepção geométrica, pois os alunos acabam estruturando modelos mentais equivocados sobre a dinâmica do Sistema Solar, naturalizando erros conceituais persistentes (Langhi; Nardi, 2007; Dias; Piassi, 2007; Sanzovo; Queiroz, 2012; Menezes; Batista, 2020; Silva, 2022).

Cabe destacarmos que esse problema não se restringe ao ensino de Ciências do Brasil. Em pesquisa realizada no Chile, Loyola e Vanegas-Ortega (2021) constataram que, quando são utilizados esquemas que exageram a elipticidade da órbita terrestre, os alunos passam a assimilar que a Terra se aproxima e se afasta do Sol de forma muito notória ao longo de sua trajetória. Segundo os autores, essa representação favorece a consolidação da concepção alternativa de que as estações do ano decorrem da variação da distância entre a Terra e o Sol, em detrimento da explicação científica baseada na inclinação do eixo terrestre. Esse resultado converge com as pesquisas desenvolvidas com estudantes brasileiros sobre essa temática. Dando sequência à análise da aula, o seguinte diálogo ocorreu entre o **Prof. A** e um aluno:

Prof. A: [...] então aqui a gente tem ali ó [aponta para o *slide* da Figura 3], do ladinho do Sol, que está em amarelo, temos aquele ponto que é o periélio... [pausa] quê que é o periélio? É o quão o planeta está mais próximo do Sol, então naquela posição ali [aponta para o *slide* da Figura 3] o planeta está cento e quarenta e... [pausa rápida] deixa eu ver se é dois ou sete... [pausa para verificar no próximo *slide*] 147 milhões de quilômetros do Sol.

Aluno: Como você sabe disso?

Prof. A: Por que eu acabei de olhar no outro *slide* [risos]. E do outro ponto, o ponto mais distante do Sol, é o que a gente chama de afélio, [...] então o afélio é o ponto mais distante entre o Sol e o planeta, ele está mais ou menos 152 milhões de quilômetros do planeta e do Sol, tá? É o ponto mais longe, ok? Então, essa daqui é a Primeira Lei de Kepler, foi assim que ele enunciou. Posso ir para a segunda?

Nesse diálogo, observamos que o **Prof. A** não especifica que os valores de distância do periélio e afélio mencionados se referem à Terra. Da forma como foi exposto, pode levar à compreensão de que esses valores se aplicam a qualquer planeta, gerando um Saber Ensinado

dessincretizado. Além disso, a resposta dada ao questionamento do aluno, evidencia mais uma vez a falta de **vigilância epistemológica** do **Prof. A**. Ele poderia ter aproveitado a pergunta e problematizado com os alunos como Kepler determinou os valores da distância do periélio e afélio, incluindo a importância de Tycho Brahe e seus dados observacionais. Assim, os constrangimentos didáticos já citados anteriormente poderiam ser atenuados.

Após solicitar para os alunos copiarem as informações da Figura 3, incluindo o desenho da elipse bastante achatada, o **Prof. A** continuou a discussão para enunciar a lei das áreas. Somente a partir desse momento é que o professor citou a figura de Tycho Brahe e seus dados para que Kepler chegasse às duas outras leis. Diferentemente do Saber a Ensinar utilizado, que explicita Tycho Brahe apenas na lei dos períodos, o **Prof. A** o insere na discussão a partir da lei das áreas, mas, como já apontamos, não o incluiu desde a lei das órbitas, **dessincretizando** o Saber Ensinado. Em seguida, o **Prof. A** discutiu a lei das áreas, como podemos observar a seguir:

Prof. A: Gente, de posse dos dados de Tycho Brahe, Kepler continuou seus estudos e enunciou a segunda lei [...]. Kepler, era além de astrônomo, ele era matemático, o que vocês acham que ele fez? Ele juntou a teoria que ele conhecia com os cálculos que ele tinha afinidade. Então, o quê que ele fez? Ele pensou assim... pera aí, se no ponto... [chama atenção do aluno], se o planeta estiver no ponto mais próximo do Sol, o tempo que... [reformulação da frase] ele vai se deslocar, ele fez uma comparação entre o planeta mais perto do Sol e o planeta mais distante, quê que ele observou? Que o tempo que ele gasta para sair desse ponto [aponta para o *slide* da Figura 6] e chegar nesse ponto, é o mesmo tempo que esse aqui gasta para sair desse ponto e chegar nesse ponto. Pera aí, se é o mesmo tempo, então significa que a área que ele percorreu também é a mesma. Aí com essa teoria dele, ele escreveu a segunda lei, que ela diz exatamente isso, um planeta varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais em torno do Sol. Essa foi a segunda lei de Kepler, já já vou mostrar um “gizinho” para vocês, vou esperar vocês copiarem.

Da mesma forma que inferimos anteriormente, a fala do **Prof. A** revela diversos constrangimentos didáticos, como a **descontextualização**, **dessincretização**, **despersonalização** e **publicidade**, uma vez que novamente muitas omissões são feitas para a objetificação do saber. Por exemplo, é novamente utilizada uma elipse muito achatada e também não se menciona o “embate” de Kepler com a órbita marciana. A maneira como esse Saber Ensinado é gerado permite a compreensão de que Kepler chegou à lei das áreas de forma simples, sem complexidades e nenhum problema aparente para estar em busca de entender o movimento dos astros. Além disso, assim como o material de apoio, o **Prof. A** não destaca que a segunda lei foi elaborada antes da primeira, o que evidencia o problema da **programabilidade** e a falta de **vigilância epistemológica**. Após os alunos copiarem as informações da Figura 6, o **Prof. A** diz o seguinte:

Prof. A: Galera, Kepler falou mais uma coisa sobre o modelo heliocêntrico em relação ao modelo geocêntrico. No modelo geocêntrico, afirmava que a velocidade dos planetas era constante. Na segunda lei de Kepler, ele dizia o seguinte, que a velocidade... [reformulação da frase] a velocidade dos planetas não é mais constante. Então o quê que ele observou? Que quando o planeta está mais próximo do Sol... [pausa para interromper conversa paralela de alunos] Meninas, o que acontece com a velocidade aqui nesse ponto? [aponta para o periélio do *slide* da Figura 6].

Alguns alunos: Menor!!!

Outros alunos: Maior!!!

Prof. A: Maior, a velocidade aumenta aqui [periélio], aí quando ele chega nesse ponto, o que acontece com a velocidade aqui? [aponta para o afélio do *slide* da Figura 6] Diminui. Observem o movimento do planeta quando ele chega próximo ao Sol e quando ele fica distante [mostrando *gif* do *slide* da Figura 7]. Quê que aconteceu? Ele é mais rápido ali na área dois em relação à área um.

Semelhantemente ao material didático utilizado, o **Prof. A despersonaliza** o saber, pois não apresenta a ideia que Kepler forneceu para explicar o porquê havia essas diferenças de velocidade ao longo da órbita, isto é, a ideia kepleriana de que uma força provinha do Sol. No entanto, uma aluna perguntou o porquê dessas diferenças. Vejamos o diálogo a seguir:

Aluna: Por que lá [periélio] é mais rápido?

Prof. A: Porque lá ele está mais próximo do Sol. Quando ele está mais próximo do Sol a velocidade é maior.

Aluna: Não entendi, “mais” por que quando está mais próximo do Sol?

Prof. A: Oh galera, por que a velocidade aqui ó, por que ela é mais rápida? Por que ela está perto do Sol, ou seja, aqui ó, ela exerce uma gravidade maior, tá? Então é devido a gravidade mais próxima do Sol que ela é maior.

A explicação fornecida pelo **Prof. A** à aluna está correta, mas apresenta uma **descontextualização e despersonalização**. A maneira como foi explanado pode levar à interpretação de que Kepler entendia que essa diferença de velocidade dos planetas era causada pela gravidade. No entanto, essa ideia se estabeleceu com os estudos de Newton e sua Lei da Gravitação Universal. Para minimizar o impacto desses constrangimentos didáticos, o **Prof. A** poderia ter adotado uma **vigilância epistemológica**, esclarecendo que a explicação fornecida é uma concepção newtoniana que se estabeleceu após os trabalhos de Kepler. Alternativamente, ele poderia ter discutido a própria ideia de Kepler, que propõe uma força que emana do Sol e é responsável por esse efeito. Continuando a aula, o **Prof. A** discute o seguinte:

Prof. A: Oh pessoal, vamos continuar para encerrar a aula? Bom, agora a gente sabe que Kepler, com posse dos dados de Tycho Brahe, melhorou o modelo heliocêntrico e formulou duas leis. Só que a terceira lei foi a lei que ele mais teve trabalho para formular, ela levou em média dez anos para ser formulada, da segunda para a terceira.

Nesse trecho podemos identificar a falta de **vigilância** e o efeito da **programabilidade**, pois, como a segunda lei foi interpretada em 1602 e a terceira lei é publicada em 1619, no *Harmonices Mundi*, foram 17 anos entre a segunda e terceira lei. O **Prof. A** prossegue dizendo o seguinte:

Prof. A: Bom, o que diz a terceira lei? A terceira lei ela é basicamente matemática... ó essa é a terceira lei [muda para o *slide* da Figura 9]. Pessoal, terceira lei de Kepler, ela diz o seguinte ó, o quadrado do período da revolução dos planetas em torno do Sol é diretamente proporcional aos cubos dos raios médios de suas órbitas. Então, o quê que ele concluiu com isso? Ele concluiu o seguinte, gente, com essa equação ele chegou a um valor para todos os planetas, deixa eu ver se tá aqui... [pausa procurando o *slide*] ó com essa equação ele chegou a um valor dessa constante para todos os planetas [aponta para o *slide* da Figura 8]. Então, ele escreveu essa tabela, essa aqui é parte da tabela, tá, onde coloca aqui todas as constantes calculadas para cada um dos planetas e observe que cada planeta chegou no mesmo valor: um. Então, todos os planetas tem mais ou menos a mesma constante, ok?

Em seguida, o **Prof. A** solicitou que os alunos copiassem as informações da Figura 9 e encerrou a aula. Portanto, a partir desse trecho em que o **Prof. A** discute a lei dos períodos, podemos observar os mesmos constrangimentos didáticos identificados ao longo da aula, como **descontextualização**, **dessincretização**, **despersonalização** e **publicidade**. Isso ocorre porque, conforme já evidenciado na análise do material didático, não é problematizado para os alunos que a terceira lei resultou da tentativa de descrever a harmonia do movimento dos planetas em torno do Sol com base em notação musical. Além disso, o **Prof. A** não evidencia que a partir da constância da terceira lei, pode-se relacionar o raio médio da órbita e o período orbital de dois corpos celeste e, a partir disso, determinar os valores do raio das órbitas ou períodos orbitais. A Figura 12 a seguir apresenta um diagrama a fim de sintetizar os aspectos que levam aos constrangimentos didáticos identificados durante a aula do **Prof. A**, bem como os aspectos que sinalizam a presença ou falta de vigilância epistemológica.



Figura 12. Diagrama relacionando os constrangimentos didáticos identificados no Saber Ensinado gerado pelo **Prof. A** com os motivos que justificam sua manifestação. Também estão indicadas as razões que indicam a falta ou a presença da vigilância epistemológica. Fonte: autores.

5.3 Análise do Saber Ensinado gerado pelo Prof. B

O **Prof. B** trabalhou o conteúdo das três leis de Kepler em duas aulas consecutivas do mesmo dia. Ele iniciou a aula dizendo que iriam estudar as leis de Kepler, introduzindo o tema da seguinte forma:

Prof. B: Primeira lei de Kepler... lei das órbitas. Olha aí no caderno de vocês, um desenho que vocês têm de órbitas... Volta na figura que vocês têm do geocentrismo e do heliocentrismo. Qual a órbita dos planetas nesses desenhos? É uma órbita circular, triangular, quadrangular? [...] Qual o formato dessa órbita? Fala para mim qual é o formato da órbita no seu desenho [aponta para aluno]

Aluno: Circular.

Prof. B: Circular!!! Então, será que é isso aqui que Kepler percebeu [aponta para órbitas circulares desenhadas no quadro]. Segundo a filosofia, qual a órbita mais perfeita, a circular ou a oval?

Alunos: Circular!!!

Prof. B: A perfeição está aqui [aponta para a órbita circular], mas qual descreve o modelo? Qual descreve o que acontece no espaço? [...]

Prof. B: E agora como é o nome dessa órbita aqui? [aponta para o desenho de uma órbita elíptica bem excêntrica no quadro]. Não é circular, antes era circular, a partir de agora para Kepler não é mais circular. Qual o nome dessa figura matemática? [...] isso aqui é chamada de elipse.

Lei das órbitas, os planetas se movem em órbita elíptica. Essa é a primeira lei. Como ele chegou nessa ideia? Usando os dados experimentais observados no céu durante 20 anos, ele pegou os dados do astrônomo real [...] esse astrônomo real criou um telescópio, sabe aquele telescópio da casinha? É o primeiro que surgiu, foi dele, Tycho Brahe.

Após essa introdução, o **Prof. B** escreveu algumas informações no quadro, como mostra a Figura 13.

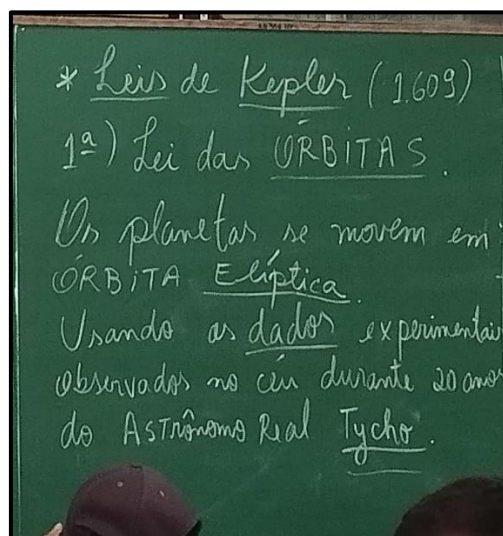


Figura 13. Definição da lei das órbitas escrita na lousa pelo **Prof. B**. Fonte: autores.

Portanto, a partir da explanação sobre a lei das órbitas, observamos que o **Prof. B**, ao contrário do material de apoio, evidencia que Kepler chegou à lei das órbitas por meio dos dados observacionais do Tycho Brahe, o que mostra em partes o uso da **vigilância epistemológica**. No entanto, outras questões são deixadas de lado durante a transposição do conteúdo, manifestando assim os constrangimentos didáticos da **descontextualização, dessincronização, despersonalização e publicidade**. Por exemplo, em nenhum momento o **Prof. B** discute que a problemática estudada por Kepler na época era a determinação da órbita de Marte, muito menos a dificuldade enfrentada por ele em relação à sua baixa excentricidade. Além do mais, novamente os alunos não são alertados de que a representação da órbita elíptica bem achatada não indica as reais órbitas planetárias e que estas são bem próximas de uma circunferência. Outro ponto que justifica a presença desses constrangimentos, é que, tanto na fala como nas informações colocadas no quadro, o **Prof. B** não explicita que, nessa órbita elíptica dos planetas, o Sol ocupa um dos focos da elipse. Além do mais, a questão do periélio e do afélio também não foi tratada durante a aula.

Por fim, no final da explicação, o **Prof. B** diz que Tycho Brahe criou o telescópio da “casinha”, o que acreditamos estar se referindo aos observatórios astronômicos equipados com telescópios. No entanto, Brahe não inventou observatórios astronômicos equipados com telescópios, uma vez que Brahe é um astrônomo da era pré-telescópica. Na verdade, o que ele construiu foi o castelo de Uraniborg que era constituído de torres de observações, um observatório subterrâneo e oficinas dedicadas à fabricação de instrumentos tais como quadrantes, astrolábios,

régua de paralaxe, esferas armilares e relógios altamente precisos (MOURÃO, 2003; GOMES, 2008). Em outro momento da aula, o **Prof. B** abordou o seguinte:

Prof. B: Lei das áreas de Kepler... uma certa área do movimento do planeta é igual a outra área... igual a outra certa área. Podemos colocar assim... área um é igual a área dois. Eu vou fazer a figura agora, [...] vocês conseguem ver a segunda lei [aponta para o desenho no quadro – Figura 14]? Qual é a segunda lei? [pausa] Lei das áreas, o planeta Terra... [reformulação da frase] imagina assim ó, esse período, imagine que é uma estação do ano [...] pega lá no tempo um e compara com o tempo dois, é o mesmo... Sabe o que acontece? Essa área aqui é igual essa outra área aqui. Desse período com esse período, para essa área igual a essa área.

Aí vem a terceira lei, quê que é? [...] O período tá aqui, o tempo, tempo o quê? Elevado a quem? Ao quadrado. Dividido pelo raio elevado a quanto? Ao cubo. Isso é igual a quem? Isso é igual a uma constante planetária. Você pega qualquer planeta, o período dele ao redor do Sol e o raio dele, e divide tempo ao quadrado e raio ao cubo, vai dar o mesmo valor parecido com um... para todos os planetas. Mercúrio dá isso? Vênus dá isso?... Pega a órbita de Vênus, quem tem a maior órbita? Mercúrio ou Vênus?... Quem tá mais perto do Sol? Mercúrio ou Vênus?... Vocês acham que Mercúrio que está mais perto, ele demora mais para dar uma volta no Sol ou é Vênus que é mais rápido?... Quem é mais rápido? Mercúrio ou Vênus?... Mais rápido é Mercúrio, quanto mais perto do Sol, maior é sua velocidade, menor o tempo que você precisa para dar uma volta. [...]

Faz de conta que você não sabe o período de Marte... com o raio de Marte dá para você descobrir qual o período de Marte. Você faz a relação entre Marte e a Terra usando a terceira lei de Kepler. Por quê? Por que você pode fazer essa relação? Por que você pode comparar Marte e a Terra? O k da Terra não é igual ao k de Marte? Você pode brincar com isso aí agora. [...]

Assim como anteriormente, o **Prof. B** escreveu algumas informações no quadro sobre a lei das áreas e a lei dos períodos, como podemos observar na Figura 14. Em seguida, ele colocou os *Powerpoints* do material de apoio e rapidamente passou pelos *slides* que enunciavam as leis de Kepler, lendo as suas respectivas definições. Depois, passou dois exercícios para os alunos utilizarem a terceira lei do movimento planetário. O primeiro solicitava o cálculo do período orbital de Marte e o segundo o período orbital de Vênus, ambos a partir do raio médio e período orbital da Terra.

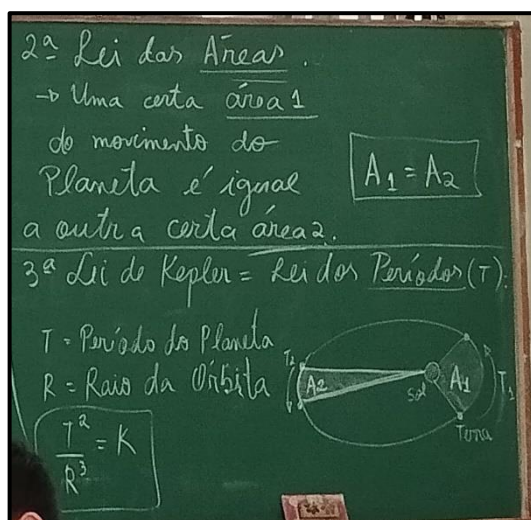


Figura 14. Definição da lei das áreas e lei dos períodos escrita na lousa pelo **Prof. B**. Fonte: autores.

Diante do exposto, podemos inferir que o Saber Ensinado gerado é novamente **descontextualizado, dessincritizado, despersonalizado e publicizado**. O primeiro ponto que evidencia isso é que ao enunciar a lei das áreas, como podemos observar na Figura 14, o **Prof. B** apenas enfatiza que as áreas varridas são iguais, não explicitando que os tempos percorridos para varrer essas áreas também são iguais. Além do mais, não é discutido com os alunos que isso ocorre devido ao fato de os planetas apresentarem velocidades diferentes ao longo da órbita percorrida e muito menos que essa diferença, para Kepler, é causada por um tipo de força que emanava do Sol.

O segundo ponto que destacamos é que, de forma similar ao Saber a Ensinar, o **Prof. B** não trabalha com os alunos que a lei dos períodos resultou da busca de Kepler por descrever o movimento dos astros a partir das notas musicais, afastando assim o Saber Ensinado do Saber Sábio. O terceiro ponto observado é que o desenho da órbita, presente na Figura 14, representa a Terra em uma órbita elíptica bem excêntrica ao redor do Sol. Por fim, novamente não se discute que a segunda lei foi interpretada antes da primeira, consequência essa da **programabilidade**.

Diante disso, mais uma vez interpretamos que esses constrangimentos didáticos não têm seus impactos negativos atenuados devido à falta de **vigilância epistemológica** do **Prof. B** durante o processo de transposição. A Figura 15 esquematiza um diagrama com a intenção de resumir os aspectos que levam aos constrangimentos didáticos identificados durante a aula do **Prof. B**, além dos aspectos que indicam a presença ou falta de vigilância epistemológica.

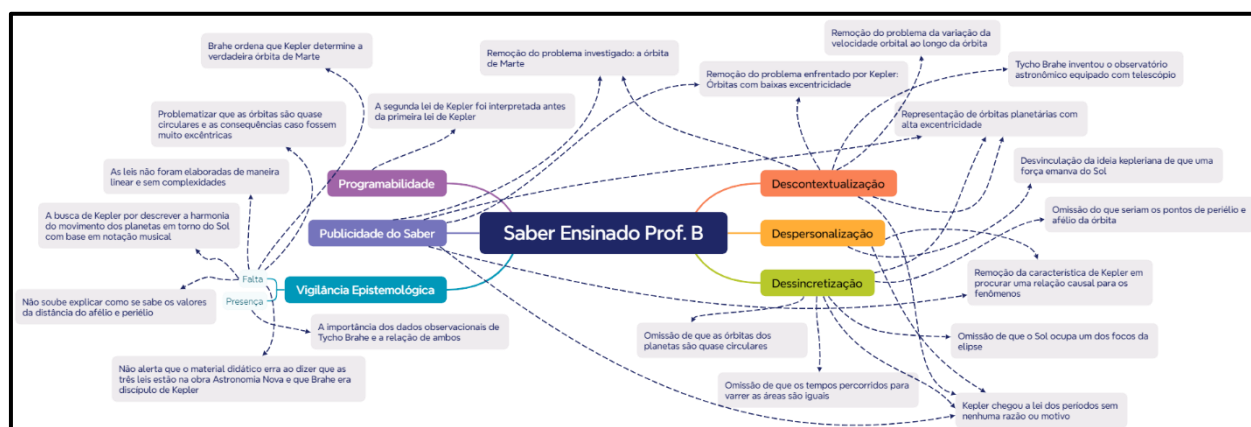


Figura 15. Diagrama relacionando os constrangimentos didáticos identificados no Saber Ensinado gerado pelo **Prof. B** com os motivos que justificam sua manifestação. Também estão indicadas as razões que indicam a falta ou a presença da vigilância epistemológica. Fonte: autores.

5.4 Análise do Saber Ensinado gerado pelo Prof. C

O **Prof. C** abordou o conteúdo das três leis do movimento planetário de Kepler em duas aulas seguidas, no entanto, em dias diferentes. De forma similar ao material de apoio, o **Prof. C** iniciou a aula lembrando aos alunos os modelos geocêntrico e heliocêntrico, enfatizando que, em ambos os modelos, as órbitas dos planetas eram consideradas perfeitamente circulares. Em seguida, apresentou Tycho Brahe, destacando sua importância para o estudo dos movimentos dos planetas. Vejamos:

Prof. C: Tycho Brahe tinha na época um telescópio, obviamente o Galileu já tinha inventado o telescópio, já tinha melhorado aquela coisa toda... ele tinha um

ótimo telescópio para a época e esse cara foi pago para ficar no observatório real e ficar observando o céu e ficar fazendo anotações... cara, esse cara fez um monte de anotações de tempo, de movimento, posição no espaço, um monte de coisa. Bom, ele tinha um monte, um monte, um monte de números de dados de informações que até então ninguém tinha. Bom, o quê que Kepler fez? Ele pegou essas informações do Tycho Brahe e conseguiu entender as anotações [...].

Diferentemente do que observamos ao longo do trabalho, o **Prof. C**, antes de apresentar as leis de Kepler, aborda a importância dos dados observacionais de Tycho Brahe para que Kepler chegasse às três leis, demonstrando um certo nível de **vigilância epistemológica**. No entanto, o **Prof. C descontextualiza** o saber, quando afirma que Tycho Brahe utilizou um telescópio para realizar suas observações, o que é historicamente incorreto, pois Brahe faleceu em 1601, e Galileu só utilizou a luneta para olhar o cosmos pela primeira vez por volta de 1609. Indo mais além, a **descontextualização** também está presente por afirmar que Galileu inventou o telescópio. Na verdade, Galileu apenas aprimorou a luneta, um instrumento inventado na Holanda, cujo inventor exato é incerto. De acordo com Cohen (1967), no mínimo, há três inventores que afirmam ter sido o primeiro a fabricar o instrumento. O **Prof. C**, continuou:

Prof. C: [...] ele [Kepler], por exemplo, pegou o planeta Marte... eu tô chutando Marte aqui, tá? Não foi Marte especificamente... em certa época do ano, parece que Marte, fazendo o movimento, tá indo um pouco mais rápido... por exemplo, por quê? Porque cada dia ele muda uma posição no espaço, de repente numa certa época do ano essa mudança não é tão rápida, ele demora mais para percorrer o mesmo trajeto no espaço, tá? Então, primeira coisa que ele percebeu... opa a velocidade do planeta de acordo com as anotações feitas pelo Tycho Brahe, não é a mesma durante o ano inteiro... Por quê? Olha eu percebo que a posição do planeta em determinada época do ano no céu, é diferente... só que se eu colocasse isso numa órbita circular, não deveria acontecer isso que tá anotado... quê que ele anotou? Aquilo que ele estava vendo, então quando eu coloco isso no modelo que era o aceito na época [...], ele percebe que as anotações melhores não batiam com a órbita circular... o objeto tem hora que parece tá mais perto, tá mais longe, tá mais rápido, mais lento... ele chega à conclusão que o quê? A órbita não deveria ser circular, que durante o movimento na órbita, ele vai mais rápido ou mais lento e ele percebe a relação entre se ele está mais perto ou mais longe quando ele está mais rápido e mais lento e ele começa a juntar tudo isso.... qual que é a conclusão que ele chega? Nas leis de Kepler [...].

O primeiro ponto que devemos destacar é que o **Prof. C** diz no início que Kepler começou a estudar a órbita de Marte, o que de fato vai ao encontro do problema que Kepler enfrentava na época, mas em seguida, ele afirma que está dando apenas um exemplo, que não foi Marte em específico. Isso evidencia uma pequena falha na **vigilância epistemológica** do **Prof. C**, pois de fato Kepler estudou especificamente a órbita marciana como designou Tycho Brahe. Apesar disso, podemos inferir que a **vigilância** do **Prof. C** é mais ativa, pois ao longo da sua fala, ele descreve que Kepler começou a observar que Marte, ao longo da sua órbita, apresentava variações de velocidades, fato esse que não podia corresponder com um movimento uniformemente circular. Podemos observar essa ideia no seguinte excerto:

Se o planeta tivesse a mesma velocidade em todas as partes de sua órbita, a resposta, de acordo com o que foi dito no capítulo 3²⁸, seria sim. No entanto, em

²⁸ Quando Kepler se refere ao que foi dito no Capítulo 3, ele está discutindo a ideia de que a velocidade dos planetas não é constante ao longo de suas órbitas elípticas. No Capítulo 3, ele argumenta que, devido à excentricidade de suas órbitas, os planetas não se movem

termos de tempo decorrido real e verdadeiro, **o planeta é mais lento em um ponto da órbita excêntrica e mais rápido no ponto oposto** [...] ²⁹(Kepler, 1992, p. 145, tradução nossa, grifo nosso).

Assim, de acordo com Koestler (1989), historicamente foi a partir dessa constatação dos dados de Tycho que Kepler inferiu que a velocidade era inversamente proporcional à distância do planeta ao Sol e, a partir disso, chegou à lei das áreas. Seguindo a aula, o **Prof. C** discute o seguinte:

Prof. C: Bom, o Kepler observando e, o Newton depois, vão perceber o quê? Vão defender a ideia de que as órbitas dos planetas não são circulares, mas são elípticas ou elipses... Kepler e Newton chegam à conclusão, não porque eles achavam que era melhor desse jeito... pegou a observação de outro cientista, pegou aquele monte de números, vamos ver que formato dá esse movimento... e eles chegaram à conclusão que o movimento tem que ser uma elipse e não um círculo [...]

A fala do **Prof. C** destaca uma das características kepleriana: a busca por descrever o movimento dos planetas com base em seu movimento real, e não nos movimentos aparentes. Menezes e Batista (2022, p. 292) reforçam essa ideia ao afirmar que Kepler argumentava que “[...] o astrônomo devia se preocupar em separar os movimentos verdadeiros do planeta em questão, daqueles que são acidentais e derivados do sentido da visão”. Isso indica novamente o uso da **vigilância epistemológica** por parte do **Prof. C**. Em seguida, foi escrito no quadro a seguinte informação para os alunos copiarem, como podemos observar na Figura 16.

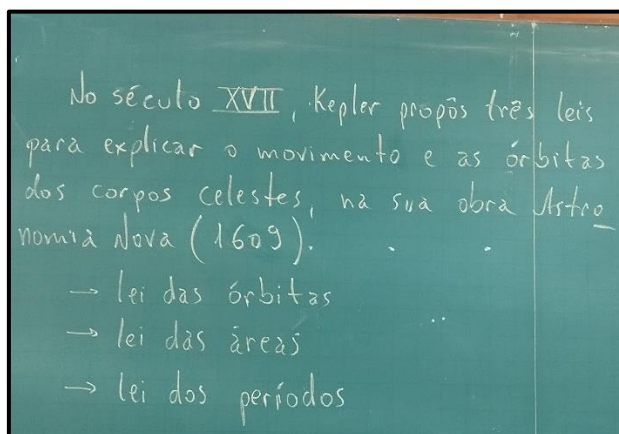


Figura 16. Informações sobre as leis três leis escritas na lousa pelo **Prof. C**. Fonte: autores.

Note que, assim como o material de apoio utilizado, o **Prof. C** **descontextualiza** e **despersonaliza** o saber ao escrever que as três leis do movimento planetário estão na obra *Astronomia Nova* e por apenas focar na contribuição das leis, sem citar outras relevâncias da obra kepleriana. Além das informações da Figura 16, o **Prof. C** também escreveu a definição da lei das órbitas, como podemos constatar na Figura 17.

a uma velocidade uniforme, o que resulta em variações na percepção do tempo decorrido para um observador em diferentes posições. Isso fundamenta sua conclusão de que um planeta pode parecer mais lento em uma parte da órbita e mais rápido em outra, enfatizando a complexidade do movimento planetário.

²⁹ If the planet were of equal speed at all parts of its orbit, the answer, according to what was said in chapter 3, is yes. But since, in terms of real and true elapsed time, the planet is slowest at one point on the eccentric, and fastest at the opposite point [...] (KEPLER, 1992, p. 145).

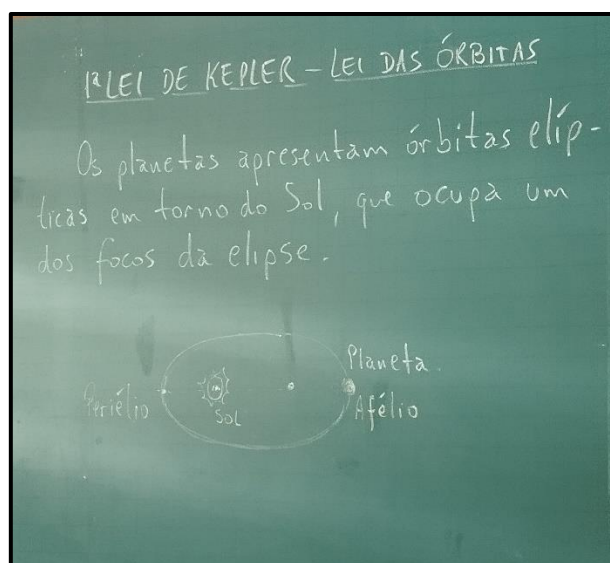


Figura 17. Definição da lei das órbitas escrita na lousa pelo **Prof. C**. Fonte: autores.

Após os alunos copiarem, o **Prof. C** começou a explicação dizendo o seguinte:

Prof. C: Elipse então é essa figura [aponta para o desenho na lousa – Figura 17] meio que um círculo achatado, que vai ter dois chamados focos... dois pontos que são focos... então nas observações de Kepler a órbita dos planetas não é um círculo, é uma elipse. Bom, e o Sol? Onde está nisso? O Sol está aqui no meio [aponta novamente para o desenho na lousa]? Não!!! Elipse tem dois focos, dois pontos de onde nasce essa elipse... o Sol está em um dos focos... então veja ele não está no meio, ele tá num dos focos [...].

Uma observação... se você pegar a órbita da Terra e esses focos do Sol... não é tão longe assim, tá? [aponta para o *slide* da Figura 3] Na verdade, o foco aqui é pequenininho [faz um gesto no desenho do quadro indicando que os focos são próximos do centro], a gente faz grandão só para entender a ideia, não é um negócio tão grande assim também [faz um gesto de elipse bem excêntrica com os braços]. Agora... vamos lá... se o planeta está girando ao redor do Sol nessa órbita... o Sol tá em um dos focos... concorda que vai ter um momento [...] se eu pegar uma linha aqui passando pelos dois focos... vai ter um momento em que o planeta tá o quê? Mais distante... e um ponto em que ele está mais próximo. Esse ponto mais próximo e mais distante recebe um nome específico, isso é uma consequência da órbita ser elíptica e o Sol estar em um dos focos... no ponto onde ele está mais próximo, a gente chama de periélio [...] e o afélio do afastado do Sol, ponto onde ele está mais distante do Sol... no caso da Terra, o ponto onde ele está mais próximo é 147 milhões de quilômetros e a distância mais longe 152 milhões de km.... 47, 48, 49, 50, 51 e 52, gente é 5 em 150, concorda que é pouco? Então esse desenho que eu fiz exagerado não é esse negócio todo achatado, se fosse possível a gente desenhar a órbita da Terra num papel, ela seria quase que uma circunferência perfeita, os focos bem pertinho uns do outro, seria 5 em 150 mais ou menos para você ter uma ideia, mas existe essa diferença e essa diferença vai ter como consequência algumas coisas que a gente vai falar na próxima lei.

O trecho indica mais uma vez que o **Prof. C** exerce um pouco mais de **vigilância epistemológica** ao alertar os alunos de que a órbita do material didático e a desenhada por ele não condizem com a órbita elíptica da Terra, pois as representações mostram órbitas muito

achatadas, e que se fosse para desenhar como é de fato, seria uma órbita quase circular. Esse alerta vai ao encontro do Saber Sábio, como podemos observar no excerto a seguir:

Agora, **a experiência demonstra que o movimento do planeta emula de perto a circularidade (embora talvez não a atinja exatamente)**, e é da natureza de movimentos desse tipo sofrer por intensificação e remissão graduais, sem admitir nada repentino. Portanto, **o erro dessa hipótese do círculo OP** [Figura 18] começará pouco a pouco a partir da linha AM, crescerá continuamente, tornando-se máximo em AK, e novamente diminuirá gradualmente até desaparecer em AP. Portanto, **a hipótese uniforme e concêntrica OP nunca estará mais errada** do que em AK, AL, onde erra pelos ângulos KAV, LAX, que, para Marte, são $10^{\frac{1}{2}^{\circ}}$ ³⁰(KEPLER, 1992, p. 296, tradução nossa, grifo nosso).

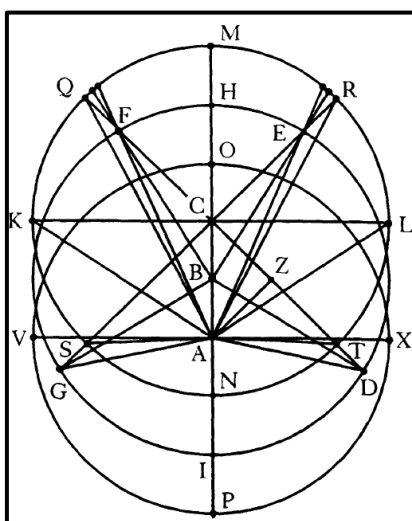


Figura 18. Ilustração que acompanha a citação anterior. Fonte: Kepler, 1992, p. 295.

Dessa forma, Kepler destaca que o movimento dos planetas tende a se assemelhar a um círculo, mas não é exatamente circular, pois a órbita circular hipotética OP se desvia gradualmente a partir do ponto AM. O erro inicial é pequeno, mas à medida que o planeta se move ao longo da órbita, o desvio cresce de forma contínua, atingindo seu ponto máximo no segmento AK. Nesse ponto, o erro é o maior possível, e o ângulo de desvio para Marte é de cerca de 10 graus e meio. Após AK, o erro diminui gradualmente até desaparecer no ponto AP, retornando a uma condição mais próxima da circularidade. Ao finalizar a primeira aula, o **Prof. C** afirma para os alunos o seguinte:

Prof. C: [...] periélio está mais próximo e o afélio afastado do Sol... não confundir isso com estações do ano... inverno e verão... por conta disso, tá? Ah tá mais perto é verão... tá mais longe é inverno... tem nada a ver com isso.

Mais uma vez é possível aferir que o **Prof. C** está mais atento ao processo de transposição didática ao fazer esse alerta aos alunos, pois algumas pesquisas (Dias; Piassi, 2007; Sanzovo; Queiroz, 2012; Menezes; Batista, 2020) constataram que é comum a associação de que as estações

³⁰ Now experience testifies that the planet's motion closely emulates circularity (although it may perchance not exactly attain it), and it is the nature of motions of this kind to undergo gradual intensification and remission, admitting nothing sudden. Therefore, the error of this hypothesis of the circle OP will begin little by little from the line AM, will grow continually greater, becoming a maximum at AK, and will again gradually decrease and vanish at AP. Therefore, the uniform and concentric hypothesis OP will never be more in error than it is at AK, AL, where it errs by the angles KAV, LAX, which, for Mars, are $10^{\frac{1}{2}^{\circ}}$ (Kepler, 1992, p. 296). Destacamos ainda que $10^{\frac{1}{2}^{\circ}}$ significa 10 graus e meio.

do ano são uma causa direta da lei das órbitas. Apesar do alerta, faltou ao **Prof. C** discutir a verdadeira causa das estações do ano, ou seja, a inclinação do eixo da Terra.

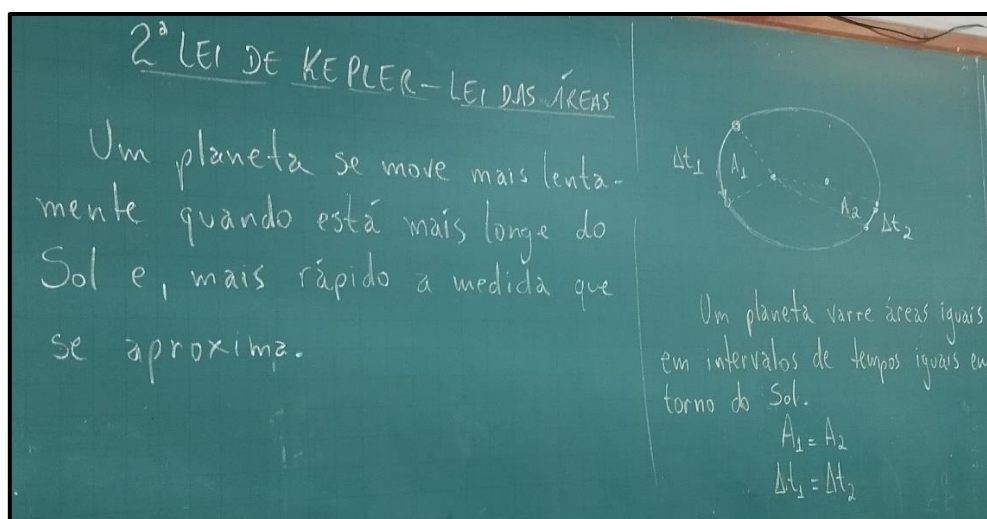


Figura 19. Definição da lei das áreas escrita na lousa pelo **Prof. C**. Fonte: autores.

Na aula do segundo dia, após retomar a ideia por trás da lei das órbitas e escrever o conteúdo na lousa (Figura 19), o **Prof. C** explana o seguinte:

Prof. C: Lembra do afélio e do periélio? Afélio tá longe e periélio está perto. Então... imagina a lei de Kepler, o Sol tá aqui... [aponta para o desenho na lousa – Figura 19] a Terra tá girando em torno do Sol... quando ela está no periélio, mais próximo, a força é maior ou menor sobre a Terra? Quando a Terra está mais próxima aqui no periélio... vai ter uma força maior, à medida que ela vai para o afélio, a força gravitacional do Sol vai ficando menor. Agora pensa comigo, vamos seguir a linha de raciocínio, se aqui no periélio a força é maior, a Terra vai se mover mais rápido ou mais lento do que lá longe? Lembra periélio força maior, para uma força maior o que acontece com a velocidade?

Alunos: Aumenta!!!

Prof. C: Aumenta... Se aqui [aponta para o afélio] a força é menor, o movimento também é menor, velocidade menor, né? Agora vamos então entender o que é a segunda lei de Kepler... planeta tá girando à medida que ele se aproxima do Sol ou melhor quando ele vai ficando longe do Sol, a velocidade vai ficando menor, por qual motivo? Porque ele se afasta e a força da gravidade diminui, se a força da gravidade diminui, o movimento se torna um pouco mais lento... à medida que ele se aproxima do periélio, a força da gravidade vai se tornando um pouco maior, a velocidade do planeta tende aumentar um pouco [...] se a velocidade é maior, concorda que ele vai percorrer uma distância maior aqui do que no outro lado? Ele tá mais rápido [...] o que Kepler percebeu? Vamos imaginar que aqui, entre o Sol e a Terra tem uma linha, conforme o planeta vai girando, concorda que essa linha vai percorrendo uma região no espaço... vai percorrendo uma área do espaço. Aqui [aponta para o periélio] ele está mais rápido, então ele dá esse deslocamento maior, do outro lado ele se afasta, você estica a linha e ela continua movendo aqui, vai formar uma área também [...] quê que o Kepler percebeu? Esta área desse lado é igual à área do outro lado, por isso chama de lei das áreas [...]

Ao explicar a lei das áreas após sua enunciação, o **Prof. C** faz uma articulação entre essa lei e a lei da gravitação de Newton. No entanto, embora essa articulação seja correta, ela gera o

constrangimento didático da **descontextualização** e **despersonalização**. A forma como a explicação foi apresentada pode dar a entender que Kepler acreditava que as diferenças nas velocidades dos planetas, que levam à conclusão de que as áreas e os tempos descritos são iguais, eram causadas pela força gravitacional. Porém, a ideia de força gravitacional foi desenvolvida por Newton, algumas décadas após a morte de Kepler. Para reduzir o efeito dessa **descontextualização** e **despersonalização**, o **Prof. C** poderia ter implementado uma abordagem mais **epistemologicamente vigilante**, destacando que a explicação apresentada se baseia na teoria newtoniana que surgiu após os estudos de Kepler. Outra opção seria abordar a própria concepção kepleriana de que uma força era proveniente do Sol, como já comentamos anteriormente. Além desses dois constrangimentos, também podemos identificar a **programabilidade**, pois não foi relatado aos alunos que a lei das áreas foi interpretada antes da lei das órbitas. Em outro momento da aula, após escrever a definição da terceira lei no quadro (Figura 20), o **Prof. C** começou a explicar a lei dos períodos.

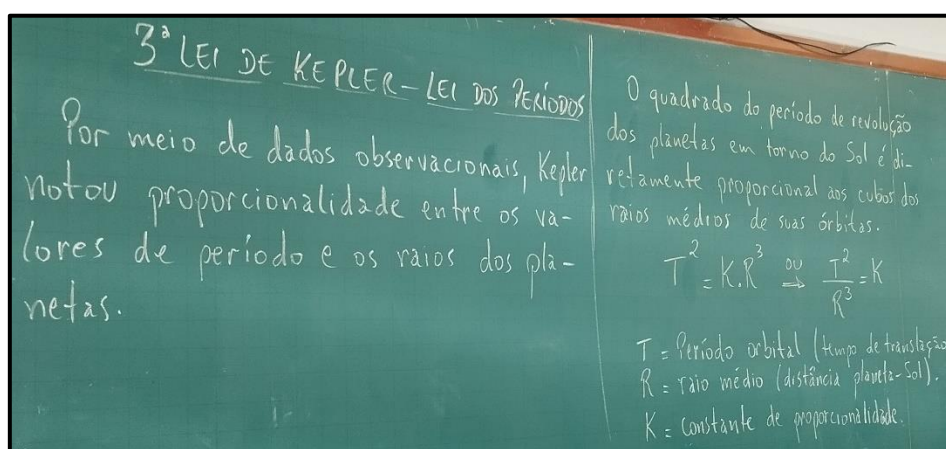


Figura 20. Definição da lei dos períodos escrita na lousa pelo **Prof. C**. Fonte: autores.

De forma similar ao que já constatamos ao longo da pesquisa, o Saber Ensinado da lei dos períodos está **descontextualizado**, **dessincretizado**, **despersonalizado** e **publicizado**, diante da explicação fornecida pelo **Prof. C**. Isso ocorre porque, mais uma vez, é reforçada a visão de que Kepler chegou a essa lei sem uma razão aparente, ignorando sua busca pela harmonia dos movimentos planetários baseada na música. Vejamos a explicação:

Prof. C: Lembra que nós falamos que o Kepler... ele pegou os dados e observações que não eram dele... era do tal do Tycho Brahe... ele pegou essas informações e começou a analisar... quê que ele concluiu olhando aquele monte de números? Olha, os planetas demoram um tempo para transladar, ou seja, para ir em torno do Sol [...] então, o período que a Terra faz o movimento de translação, aquela órbita em torno do Sol, é um ano. Tá... a distância entre a Terra e o Sol, é sempre a mesma? Durante esse um ano, é sempre a mesma?... Não... porque tem o afélio e o periélio... então, olha o que o cara [Kepler] teve capacidade de fazer [...] vamos lá... a Terra tem um período de órbita que a gente fala um ano... o raio da Terra tem hora que é menor, hora maior, só que a gente pode pegar o raio médio. Quê que ele percebeu?... Olha só como o cara, olhando um monte de número esparramado, conseguiu perceber... para todos os planetas, se eu pegar o período, elevar ao quadrado, pegar o raio médio e elevar ao cubo, vai dar a mesma proporção [...] se eu pegar o período da Terra elevado ao quadrado e dividir pelo raio médio elevado ao cubo, vai dar um resultado, ok? Esse k é um número qualquer [...] ah, mas se pegar Júpiter?... Pega o raio médio de Júpiter, pega o período de Júpiter, faz essa continha, vai dar o mesmo resultado [...].

Você quer prever a órbita de um planeta... você sabe que esse valor é o mesmo para todos os planetas [...] esse valor [aponta para o k] é sempre o mesmo... o tempo que ele demora para dar uma volta e chegar no mesmo lugar você consegue observar... se você tem o período e esse número que é constante... você com facilidade calcula o raio médio dos planetas ou de qualquer outro corpo orbitando em torno do Sol.

Diante do exposto, a Figura 21 traz um diagrama com a finalidade de organizar os aspectos que levam aos constrangimentos didáticos identificados durante a aula do **Prof. C**, além dos aspectos que indicam a presença ou falta de vigilância epistemológica.



Figura 21. Diagrama relacionando os constrangimentos didáticos identificados no Saber Ensinado gerado pelo **Prof. C** com os motivos que justificam sua manifestação. Também estão indicadas as razões que indicam a falta ou a presença da vigilância epistemológica. Fonte: autores.

5.5 Análise do Saber Ensinado gerado pelo Prof. D

O **Prof. D** abordou o conteúdo das três leis de Kepler com seus alunos em três aulas distintas, dedicando uma aula para cada lei. Na primeira aula, logo no início, ele pediu a alguns alunos que compartilhassem o que haviam encontrado sobre elipse, uma vez que na aula anterior o **Prof. D** havia solicitado que realizassem uma pesquisa sobre essa figura geométrica. Após alguns alunos lerem definições matemáticas sobre a elipse, o **Prof. D** desenhou duas representações de órbitas na lousa: uma com baixa excentricidade e outra com maior, conforme mostrado na Figura 18

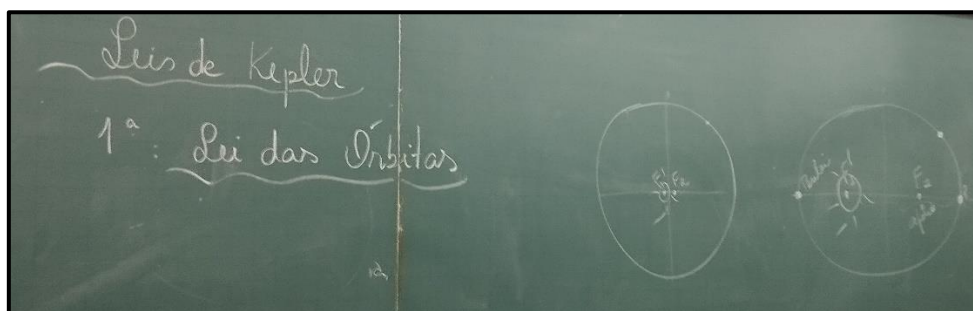


Figura 22. Representações de uma órbita com baixa excentricidade (esquerda) e uma órbita com alta excentricidade (direita) elaboradas pelo **Prof. D**. Fonte: autores.

Em seguida, o **Prof. D** explicou:

Prof. D: [...] quanto mais esses focos aqui se aproximam, eles vão juntando... ficando menorzinho, menorzinho até ficarem somente aqui no centro... não vai ter mais essa distância focal, tá? E ele se aproxima de um círculo, tá certo? E aí

com isso aí, dessa excentricidade, que você vai ter as excentricidades das órbitas dos planetas, né... nas quais vão ter a aproximação de um círculo, tá? Nem todos vão ter esse mesmo valor, vão ter vários valores, tá certo? E o desenho... se você for ver, até da Terra e tudo, ele aproxima de circular, ele é assim [aponta para o desenho da esquerda na Figura 22] bem próximo a distância focal e o centro [...]. Então, se é próximo de um círculo, então por que você mandou a gente estudar elipse? No que isso aí vai acarretar? Nas chamadas leis de Kepler... para gente entender um pouquinho como que o Kepler, tá, chegou a essas três leis que vão fundamental, né... vão ser importantes depois lá para a gravitação ali de Isaac Newton, tá bom? E nas observações justamente do movimento dos planetas ao redor do Sol [...].

A partir da explanação, podemos observar que o **Prof. D** exerce em partes a **vigilância epistemológica**, uma vez que, antes mesmo de enunciar a lei das órbitas, ele já alerta os alunos de que as representações são exageradas e que as órbitas elípticas são bem próximas de uma circunferência. Além disso, ao contrário do material de apoio e dos outros professores até aqui relatados, o **Prof. D** foi o primeiro a discutir as propriedades de uma elipse com os alunos antes de enunciar a lei das órbitas, o que evidencia um cuidado durante a transposição do conteúdo. Continuando, o **Prof. D** discutiu o seguinte com seus alunos:

Prof. D: Quem que vai ocupar um dos focos? No caso o Sol ocupa um dos focos... e onde que vai tá o planeta? Seria isso aqui ó [desenha o planeta na órbita elíptica do desenho da direita na Figura 22].

Aluna: E no outro foco, estaria o que? O planeta?

Prof. D: Não... porque assim, na elipse, você tem é... não pode ter só um foco, você tem os dois focos, mas um dos focos é o Sol que ocupa.

Aluna: O outro não existe?

Prof. D: Existe... mas é que é elemento de elipse, o planeta não ocupa um dos focos não, tá? O planeta seria isso aqui ó [aponta para o desenho do quadro – Figura 22]... porque se for aqui [aponta para o outro foco do desenho] não tem desenho de elipse, né?

Diante do diálogo podemos observar que a explicação fornecida pelo **Prof. D** vai ao encontro da ideia kepleriana de que a excentricidade da órbita dos planetas está no Sol, como destaca o trecho a seguir: “[...] mostrei que o excêntrico de Marte não pode ser referido a nada além do próprio Sol [...]” ³¹(Kepler, 1992, p. 528, tradução nossa). Na sequência, o **Prof. D** introduz a lei das órbitas, vejamos:

Prof. D: Primeira lei... lei das órbitas... quando falar de órbita, só pode estar dizendo sobre o quê? Quê que seria órbita?... O caminho ali que o corpo celeste faz ao redor do outro, no caso, o planeta ao redor do Sol, né... E no caso ali, qual foi o enunciado... a conclusão de Johannes Kepler ali para a lei das órbitas? Em um referencial fixo no Sol, as órbitas dos planetas são elipses e o Sol ocupa um dos focos.

Pessoal... quando você tem o modelo ali de Kepler, né, quando ele descreve essa tal das órbitas, né... a primeira lei, sempre há um exagero, né... na questão da elipse... porque as excentricidades, né, elas são bem pequenas... [...] os planetas, né, a parti ali da lei de Kepler, se considerar essa questão da elipse, a distância

³¹ [...] have shown that the eccentric of Mars cannot be referred to anything but the sun itself [...] (Kepler, 1992, p. 528).

focal aqui... ela é bem pequenininha, então a excentricidade é bem baixinha, isso significa que a elipse se aproxima de um círculo, né... assim para entender melhor o que que seria essa tal da primeira lei das órbitas, né... a gente usa um recurso ali para poder visualizar, poder entender... [...] porque a excentricidade ela é bem pequena, tudo bem? Mas, ainda assim tá valendo a primeira lei? Sim, sim tá... por que está valendo essa primeira lei? Por conta das distâncias dos planetas até o Sol... que distância é essa? O chamado afélio e periélio, entendeu? E por que existe essa chamada diferença? Justamente porque ele não está na órbita uma distância igual a todo momento, apesar que esse chamado afélio e periélio, nessa mudança de distância em relação ao Sol, é pequena, ela varia assim ó, o afélio é 152 milhões de distância e o periélio é 147 aproximado... então assim você tem, para questões astronômicas, é um valor pequeno, né, esses 5 milhões de diferença, tá? Mas é uma “diferencinha”, entendeu...

Novamente é possível observar que o **Prof. D** alerta os alunos de que a excentricidade da trajetória elíptica formada pelas órbitas dos planetas é muito baixa, aproximando-se de um círculo, mas que não pode ser considerado um círculo, porque há as diferenças de distâncias ao longo da órbita, tendo seu máximo e mínimo nos chamados afélio e periélio respectivamente. Fato esse que mostra novamente um uso mais perceptivo da **vigilância epistemológica** por parte do **Prof. D**. No entanto, o saber gerado por ele é **descontextualizado e publicizado**, pois não é explicitado para os alunos que Kepler chegou a essa interpretação devido aos dados observacionais de Tycho Brahe bem como sua busca pela determinação da órbita de Marte. Logo após terminar a explicação um aluno fez o seguinte questionamento. Vejamos:

Aluno: Então isso causa as estações do ano?

Prof. D: Não!!! Aí que tá, não, não, não, você não vai ter alteração assim... então aqui vai tá mais quente [aponta para o periélio] e lá vai estar mais frio [aponta para o afélio] sim ou não?... Não, pessoal o quê que é responsável por esse lugar estar mais quente ou o lugar estar mais frio é o eixo da Terra... a inclinação do eixo da Terra, tá... que é responsável pela quantidade de luz solar que vai chegar aqui em determinada região, ou seja, na inclinação do eixo... ele vai receber uma quantidade de luz solar, se isso [lei das órbitas] fosse responsável pelo tanto de quantidade de luz que recebe... ah tem pouca luz, tem muita luz, vai ser mais quente, vai ser mais frio... pensa bem, agora acompanha comigo... inverno aqui em junho para nós, né? Inverno junho para nós, lá no hemisfério norte é o que? Verão... ou seja, se isso [lei das órbitas] fosse responsável os dois seriam do mesmo jeito.

A partir do questionamento do aluno podemos constatar o que algumas pesquisas já alertaram sobre a associação que muitos alunos fazem entre a lei das órbitas e a explicação das estações do ano. Dessa forma, o **Prof. D**, a partir do uso da **vigilância epistemológica**, explica para os alunos que a ligação entre esses dois fenômenos está incorreta e que, na realidade, as estações são uma causa da inclinação do eixo da Terra. A aula foi encerrada nessa discussão sobre as estações do ano. No segundo dia de aula, após recapitular a lei das órbitas, o **Prof. D** apresentou a lei das áreas para os alunos, como podemos observar a seguir:

Prof. D: Então vamos lá pra segunda lei, tá... pessoal, lei das áreas... [...] nessa lei das áreas... temos duas coisas antes, a questão das áreas varridas e a questão ali da velocidade orbital... em relação à velocidade orbital, devido ao afélio e periélio... o que Kepler observou? É que um planeta mais próximo, né, no caso quando está no periélio, ele se move mais rápido, né... mas isso acontecia devido ao quê?

Aluno: A gravidade.

Prof. D: Exatamente!!! Só que não é só essa questão da velocidade... uma outra coisa vem a ser as áreas... o quê que é essa questão ali da área? Você tem aqui a elipse, o Sol ocupando um dos focos e aí você tem lá o planeta, esse planeta, numa trajetória orbital, vai ter uma reta que vai unir o planeta ao Sol, tá? Aí conforme ele vai movimentando quê que vai acontecer? Ele vai percorrer uma trajetória aqui, um caminho. E o que que Kepler observou? Tem uma reta aqui que une [...] sai dessa posição e vai pra outra, essa reta que une, ela vai ter uma área, essa área dessas posições percorridas aqui vai ter o mesmo tamanho que essa outra aqui [aponta para o *slide* da Figura 6]... então aqui a gente tem duas posições de S1 para S2, tá? E aqui a gente pode ter uma outra posição S3, S4, S5, S6 e S7... e aqui também de S6 a S7, vai o quê? Essa reta aqui vai percorrer uma área, né? Essas áreas aqui, que vou chamar de A1 e A2, Kepler observou que elas têm o mesmo tamanho, tá certo? E outra coisa mais interessante que ele observou... além da mesma área percorrida, tem o mesmo tempo, tá? O mesmo tempo que percorreu A1, é o mesmo tempo que ele percorreu na área A2... e o que compensa isso é a questão da velocidade mudar quando tá mais longe e mais perto. Então essa é a segunda lei de Kepler.

Em face da explicação do **Prof. D**, percebemos que ele sinaliza que Kepler observou que a lei das áreas é uma consequência do fato de as velocidades dos planetas ao longo de suas órbitas variarem de acordo com a distância do planeta ao Sol. Porém, ao questionar o motivo dessa variação de velocidade, um aluno respondeu que era devido à gravidade e o **Prof. D** prontamente concorda com o aluno, mas, como já salientamos, essa articulação gera a **descontextualização** e **despersonalização**, pois Kepler não associava a causa desse fenômeno a uma força do tipo gravitacional. Portanto, o que já discutimos sobre essa questão se insere também nesse caso. Outro ponto que vale destacar também, é que novamente não é alertado que a lei das áreas foi concebida antes da lei das órbitas, fato esse gerado pela **programabilidade**. Após a explicação, a aula do segundo dia finalizou, mas vale ressaltar que metade da aula o **Prof. D** utilizou para corrigir um trabalho que os alunos haviam feito aulas passadas.

Na última e terceira aula sobre o conteúdo, o **Prof. D**, após uma discussão sobre a avaliação que estava se aproximando, iniciou a aula falando sobre a importância dos dados observacionais de Tycho Brahe. Isso sinaliza uma falta de **vigilância epistemológica** sobre essa questão, pois de maneira similar ao material de apoio, a importância de Tycho Brahe é sinalizada apenas na terceira lei, ignorando a relevância para as duas primeiras. Em seguida, o **Prof. D** relembrou a lei das órbitas e a lei das áreas com os alunos e, após isso, iniciou a discussão sobre a lei dos períodos. Vejamos:

Prof. D: Vamos aqui pessoal... terceira lei de Kepler... lei dos períodos [...] tudo assim com base nos dados de Tycho Brahe, tá... então assim com umas informações que tinha Kepler é... deu uma questão assim bem interessante que é o quê? Quando ele pega o raio da órbita com o tempo de revolução, né... e fazia uma razão entre elas, ele notou que os valores eram os mesmos. Só que assim, essa divisão era feita de qualquer jeito? Não... então ele fez a divisão desse período ao quadrado, tá? E o raio ao cubo, mas que raio é esse? No caso ele tomava o raio da órbita, só que assim esse raio da órbita é médio, certo? [...] Deu quanto a razão? Um ... Isso aqui [aponta para a equação no *slide* da Figura 9] ele começou a fazer para todos os outros planetas também, e o que ele notou? Essa razão aqui ela dava o mesmo valor, se não era exato, era aproximado, tá? Então, não importando se estava longe ou perto, a divisão do período de translação com o

raio, raio médio dessa órbita, dava a razão de um ou 0,999, tudo aproximando. Olhando aqui na tabela [slide da Figura 8], vamos pegar dois planetas só... pessoal vamos pegar Mercúrio. Mercúrio está mais longe ou mais perto do Sol?

Alunos: Perto!!!

Prof. D: E Urano?

Alunos: Mais longe!!

Prof. D: [...] pessoal, são valores gritantes de diferença, tanto na questão da distância quanto no tempo de revolução, só que na hora que você faz essa conta de acordo com a lei de Kepler, inclusive ele fez, dá a razão de um, ou seja, se você sabe que isso acontece... pode pegar essa constante e usar para qualquer situação... dá para descobrir tanto a distância do planeta em relação ao Sol, a média, como o tempo de revolução, tá? Então isso que foi assim de brilhante que a contribuição de Kepler tem para a Astronomia. Isso dá para ser feito, pessoal, para qualquer corpo que fica orbitando ao redor de outro. Você, por exemplo, pode pegar um satélite orbitando ao redor da Terra... dá para usar a lei de Kepler? Dá.

Tendo em vista a explicação, mais uma vez a compreensão que chegamos é que a maneira como a terceira lei é abordada leva a entender que Kepler não tinha nenhum motivo aparente para relacionar essas grandezas ao quadrado e ao cubo e depois dividi-las. Dessa forma, mais uma vez o Saber Ensinado gera a **descontextualização, despersonalização, dessincritização e publicidade**, pelos mesmos motivos já discutidos nas outras análises. A Figura 23 apresenta um diagrama para sintetizar os aspectos que levam aos constrangimentos didáticos identificados durante a aula do **Prof. D**, além dos aspectos que indicam a presença ou falta de vigilância epistemológica.

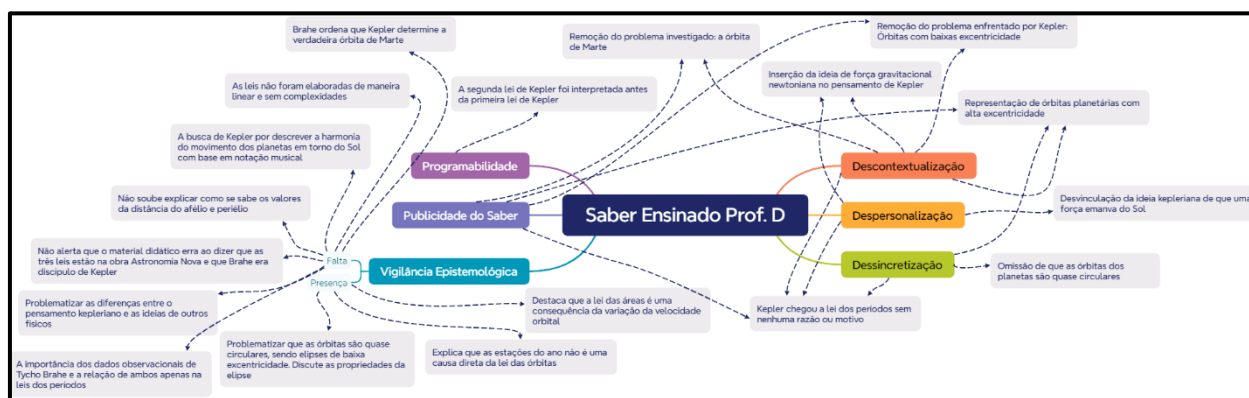


Figura 23. Diagrama relacionando os constrangimentos didáticos identificados no Saber Ensinado gerado pelo **Prof. D** com os motivos que justificam sua manifestação. Também estão indicadas as razões que indicam a falta ou a presença da vigilância epistemológica. Fonte: autores.

5.6 Análise do Saber Ensinado gerado pelo Prof. E

Por fim, o último professor que participou da pesquisa trabalhou o conteúdo em duas aulas do ano letivo. Na primeira aula, o **Prof. E** começou corrigindo exercícios sobre a força peso, conceito abordado na aula anterior. Após a correção, seguindo a sequência apresentada no material de apoio, o **Prof. E** iniciou a discussão do tema retomando, primeiramente, qual era a forma das órbitas dos planetas nos modelos de Ptolomeu e de Copérnico, isto é, a ideia de órbitas perfeitamente circulares. Em seguida, ele então explicou:

Prof. E: Então mais pra frente, Kepler chegou à conclusão nos seus estudos que essa não era a órbita correta [circular]... então ele verificou que a órbita era uma elipse, tá? E não um círculo. Então, aí ele escreveu sua primeira lei que é essa aqui [aponta para o *slide* da Figura 3]. Então olha... os planetas apresentam órbitas elípticas, ou seja, em forma de elipse, tá aqui o “deseinho” [aponta para o *slide* da Figura 3]... vocês estudam isso aqui lá na matemática, devem ter visto já... em torno do Sol que ocupa um dos focos dessa elipse. Então, a elipse possui dois focos, onde o Sol vai estar exatamente localizado em um desses focos e não no centro como se falavam até o momento, ok? Então o planeta que está indicado aqui vai girando... então tem momentos que esse planeta vai estar mais afastado do Sol, que nós chamamos de afélio, e outras vezes o planeta vai estar mais próximo, que a gente chama de periélio, ok? Então podem copiar aqui essa lei e se quiserem fazer o desenho certinho aí... podem estar fazendo.

A partir do Saber Ensinado gerado, identificamos os seguintes constrangimentos didáticos: **descontextualização, dessincretização, despersonalização e publicidade**. Os motivos que levam a esses constrangimentos novamente se repetem. São eles: a omissão da figura de Tycho Brahe e seus dados observacionais; a remoção do problema da órbita de Marte e a baixa excentricidade; e, por fim, o fato de não ser problematizado com os alunos que a órbita representada no *slide* é muito excêntrica. Além disso, o **Prof. E** não sinalizou que a primeira lei foi interpretada anos depois da segunda, o que reflete o constrangimento didático da **programabilidade**.

Isso sugere uma falta de **vigilância epistemológica** do **Prof. E** durante o processo de transposição didática do conhecimento. Na segunda aula, o **Prof. E** retomou a discussão sobre a lei das órbitas. Após problemas técnicos com a televisão, que impediu a exibição dos *slides* do segundo material didático, ele escreveu a informação na lousa (Figura 24) e explicou:

Prof. E: Bom, pessoal, então vamos para a segunda lei de Kepler... que é a lei das áreas, tá? Então o quê que Kepler percebeu... ele foi contando, né, o intervalo de tempo... então vamos supor ele pegou um intervalo de tempo 1 e calculou a área nesse intervalo de tempo aqui ó [aponta para o desenho na lousa – Figura 24]... então, ele calculou a área daquele espaço, ok? Ele pegou um intervalo de tempo 2, desse outro lado aqui e também calculou a área desse espaço ali. E aí ele verificou que o valor dessa primeira área aqui era exatamente igual ao da segunda área. Ele verificou que a área 1 é exatamente igual a área 2. E assim por diante com outras áreas e a partir disso ele escreveu a sua lei [...].

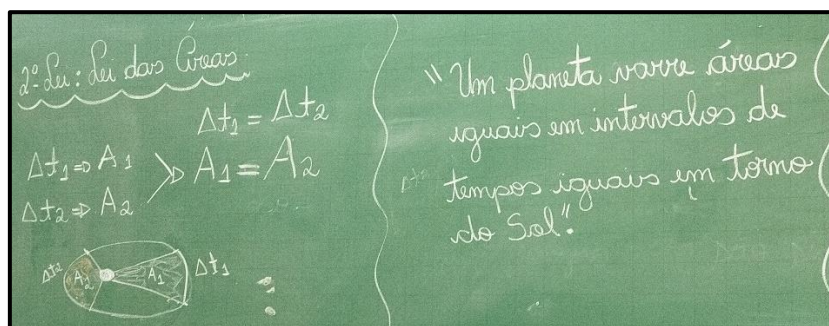


Figura 24. Definição da lei das áreas escrita na lousa pelo **Prof. E**. Fonte: autores.

Mais uma vez, a falta de **vigilância epistemológica** resultou em um Saber Ensinado **dessincretizado, despersonalizado e publicizado**. Ao tentar objetificar esse saber para os alunos, o **Prof. E** omite que Kepler interpretou que as áreas varridas pelos planetas em suas

órbitas, e o intervalo de tempo para percorrer essas áreas eram iguais, pois a velocidade dos planetas ao longo de suas respectivas órbitas não era constante, variando devido ao que Kepler interpretou como uma força proveniente do Sol, que alterava a velocidade dos planetas de acordo com suas distâncias em relação ao corpo solar. Além disso, o desenho da órbita feito pelo **Prof. E** é uma elipse muito achatada, como podemos observar na Figura 24. Na sequência, o **Prof. E** escreveu algumas novas informações na lousa, como mostra a Figura 25, seguido pela explicação da lei dos períodos, como podemos acompanhar a seguir:

Prof. E: Ok pessoal, vamos para a última lei que ele escreveu que foi a lei dos períodos. Bom pessoal, então ele fez um estudo, algumas medidas, alguns cálculos para chegar nessa terceira lei, no caso, ele construiu uma tabela, eu ia mostrar ali para vocês, mas não vai ter como [televisão não funcionou]... então só vou explicar para vocês quê que ele mediu. Então, no movimento aqui dos astros, dos planetas, o quê que ele pegou? Ele pegou o tempo aqui ó... que o planeta gira em torno do Sol... no caso da Terra, qual que é o tempo de translação? O tempo que ele gira em torno do Sol?... 365 dias ou 1 ano, né? Então, vamos supor que se aqui fosse a Terra [aponta para o desenho no quadro – Figura 25], o período que chamamos de T , é o período de revolução em torno do Sol da Terra... seria então 1 ano que é igual a 365 dias, mas geralmente as medidas que ele tem é em ano e não em dias, ok? Aí ele mediu também o raio dessa órbita, mais ou menos do centro aqui até a extremidade da elipse, e ele chamou esse raio de R ... ele fez essa medida. No caso da Terra também é 1, tá? Aí quê que ele fez? Depois que ele fez essas medidas do período e do raio, ele calculou o cubo desse raio, entendeu? E calculou o quadrado desse período. E ele fez a razão entre esses dois valores... ele dividiu e ele encontrou um valor constante. Então, para qualquer planeta esse valor aí, era o mesmo, não importava o valor do seu raio ou o valor do seu período. E aí ele escreveu sua terceira lei.

Então para qualquer planeta ele encontrou aproximadamente o valor de 1, por isso tem uma constância ali. Ok, pessoal? Então ele escreveu a terceira lei dizendo o seguinte... o quadrado do período da revolução dos planetas em torno do Sol é diretamente proporcional aos cubos dos raios médios de suas órbitas. Então o que quer dizer diretamente proporcional? Diretamente proporcional é quando eu aumento um, eu aumento o outro... então o que isso significa? Que quanto maior for a distância do planeta ao Sol, maior tempo ou mais tempo ele leva para girar ali em torno do Sol. Então foi isso que ele descobriu com esse cálculo aí que ele fez. Então não importa o tamanho do planeta, não importa a massa dele, não importa nada, as dimensões... o que importa é somente isso... o tempo, o período que ele vai levar para fazer essa órbita... e a distância que ele vai estar do Sol. Então quanto mais distante mais tempo ele leva para girar em torno do Sol.

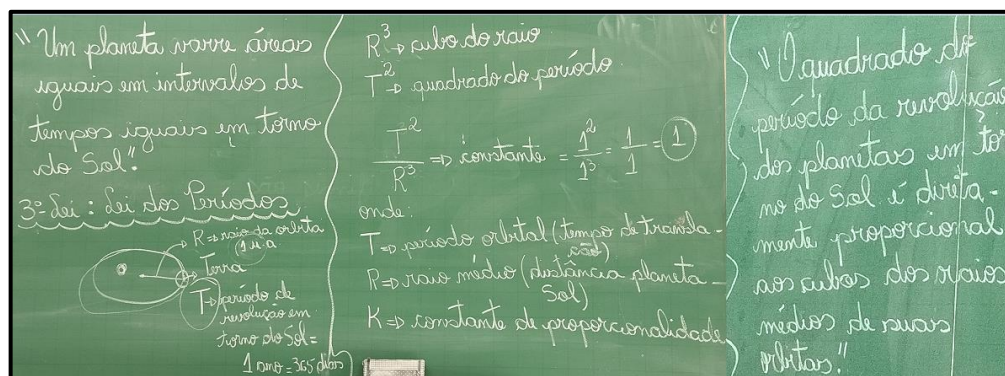


Figura 25. Definição da lei dos períodos escrita na lousa pelo **Prof. E**. Fonte: autores.

Como evidenciado ao longo deste trabalho, ao transpor a terceira lei do movimento planetário, o **Prof. E** **descontextualiza, despersonaliza, dessincretiza** e **publiciza** o Saber Ensinado. De forma similar aos outros professores participantes, ao discutir a lei dos períodos, o **Prof. E** não aborda a busca de Kepler em descrever o movimento dos planetas por meio de notas musicais. A forma como o conteúdo é apresentado leva à compreensão de que Kepler não tinha um motivo aparente para chegar à relação da terceira lei. Outro ponto a ser sinalizado é que o **Prof. E** não evidencia que a partir da constância da terceira lei, pode-se relacionar o raio médio da órbita e o período orbital de dois corpos celeste.

Além disso, durante sua explicação e no desenho da Figura 25, o **Prof. E** afirma incorretamente que Kepler considerou a distância do centro da elipse até sua extremidade, sendo que a distância correta a ser considerada é a média da distância do afélio e do periélio. Ao negligenciar os impactos negativos dos constrangimentos didáticos identificados e não os reduzir, é um reflexo da falta de **vigilância epistemológica**, isto é, da necessidade de compreender historicamente o conhecimento com o qual se está trabalhando, bem como as transformações que estão sendo feitas nesse saber. A Figura 26 apresenta um diagrama para resumir os aspectos que levam aos constrangimentos didáticos identificados durante a aula do **Prof. E**, bem como os aspectos que indicam a presença ou falta de vigilância epistemológica.



Figura 26. Diagrama relacionando os constrangimentos didáticos identificados no Saber Ensinado gerado pelo **Prof. E** com os motivos que justificam sua manifestação. Também estão indicadas as razões que indicam a falta ou a presença da vigilância epistemológica. Fonte: autores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao revisitar nosso problema de pesquisa – *Como ocorre o processo de transposição didática do Saber a Ensinar para o Saber Ensinado das três leis do movimento planetário de Kepler a partir dos constrangimentos didáticos?* – podemos inferir que a transposição didática interna desse conteúdo não ocorre de maneira satisfatória, uma vez que não é exercida a vigilância epistemológica necessária para reduzir o impacto negativo da descontextualização, dessincretização, despersonalização, publicidade e programabilidade que são manifestadas tanto no material didático quanto na apresentação do conteúdo pelos professores, ou seja, esses constrangimentos não são devidamente problematizados.

Ao transpor a lei das órbitas, tanto o material didático utilizado quanto os professores frequentemente representam órbitas planetárias com grande excentricidade, o que gera os constrangimentos didáticos. Apesar de ser didaticamente útil representar uma órbita bem elipsada para facilitar a visualização da primeira lei, é essencial que essa criação didática seja problematizada em sala de aula. Os professores poderiam discutir com os alunos as possíveis consequências se a órbita da Terra em torno do Sol apresentasse alta excentricidade, como as

apontadas por Canalle (2003). Ao inserir essas discussões, os constrangimentos didáticos gerados por essa didatização poderiam ser atenuados. Além disso, discutir que as órbitas são, na realidade, elipses com baixa excentricidade poderia contribuir para diminuir a concepção alternativa de que as estações do ano são consequência direta da lei das órbitas (Dias; Piassi, 2007; Sanzovo; Queiroz, 2012; Menezes; Batista, 2020).

Em relação à lei das áreas, percebemos a manifestação dos constrangimentos didáticos quando, ao realizar a objetificação do saber para torná-lo público e acessível aos alunos, alguns professores simplificam excessivamente o saber, omitindo alguns aspectos importantes, como a variação da velocidade orbital e o fato de o tempo percorrido em uma determinada região da órbita é equivalente ao tempo percorrido em outra região. Além disso, a transposição da lei das áreas se compromete quando, nos casos em que são discutidas as diferenças de velocidades ao longo da órbita, os professores introduzem a concepção newtoniana da gravitação para explicar esse fenômeno, sem problematizar as diferenças que existem entre a dinâmica de Kepler e a dinâmica de Newton. A problematização dessas diferenças se faz ainda mais necessária à luz das discussões sobre o uso adequado de diferentes modelos históricos no ensino de Ciências para evitar uma simplificação acrítica e a construção de uma pseudo-história da ciência (Forato, 2019). Matthews (1992) enfatiza que trabalhar com a História e a Filosofia da Ciência no ensino implica explicitar aos estudantes como diferentes teorias convivem, se sobrepõem e, em certos momentos, se transformam radicalmente. Do mesmo modo, Peduzzi (2001) alerta que a utilização da História da Ciência deve ser cuidadosamente mediada, de modo a não reforçar visões simplistas ou lineares da evolução do conhecimento. Nesse sentido, discutir com os alunos as diferenças entre a abordagem geométrica kepleriana e a interpretação dinâmica newtoniana pode favorecer não apenas a compreensão conceitual da lei das áreas, mas também uma visão mais crítica sobre a Natureza da Ciência, evidenciando que o conhecimento científico é histórico, provisório e construído em contextos específicos.

No que diz respeito à terceira lei do movimento planetário, notamos que os professores omitem a busca original de Kepler em descrever o movimento dos planetas por meio de notas musicais. A forma como a lei é transposta remove desse saber esse problema que dá sentido completo à lei. A partir da transposição realizada, o saber se torna isolado, interrompendo o movimento dinâmico que existia entre a problemática e seu elaborador, levando à compreensão de que Kepler não tinha qualquer motivação aparente para investigar a harmonia celeste.

Esses exemplos indicam a falta de vigilância epistemológica, isto é, a necessidade de compreender profundamente o Saber Sábio e as transformações que ele sofre ao ser adaptado para o ensino, problematizando as criações didáticas que são elaboradas durante o processo, as diferenças que há entre as concepções de Kepler e as modificações introduzidas por outros físicos e a rede de problemas na qual Kepler estava inserido.

Dessa forma, ao transpor o conteúdo do Saber a Ensinar ao Saber Ensinado, os professores acabam reforçando e, desta forma, perpetuando os constrangimentos didáticos identificados no Saber a Ensinar, em vez de atenuá-los. Além dos exemplos discutidos, outros fatores que corroboram para essa visão, é que na análise do material didático utilizado nas aulas, identificamos duas afirmações incorretas, uma que dizia que Tycho Brahe foi discípulo de Kepler e outra que as três leis são encontradas na obra *Astronomia Nova*. Ao apresentarem o conteúdo, nenhum professor sinalizou esses erros factuais, o que indica novamente a pouca presença da vigilância epistemológica. Mais um exemplo que corrobora com esse fato, é que tanto o material didático como os professores, não discutem que antes de interpretar as leis do movimento planetário, Kepler propôs, na obra *Mysterium Cosmographicum*³², um modelo planetário (Figura 27) baseado nos sólidos platônicos para justificar a quantidade de planetas observados na sua época (Koestler, 1989; Mourão, 2003). O estudo dessa obra é muito importante para

32 Mistério Cosmográfico.

compreender o pensamento kepleriano e sua busca por explicar os fenômenos a partir de causas.

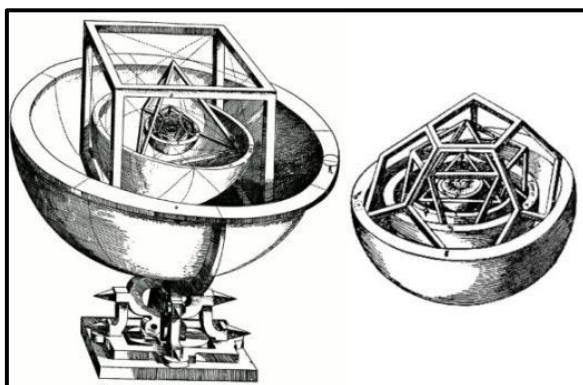


Figura 27. Representação do modelo planetário kepleriano. A imagem da esquerda mostra o modelo completo e a imagem da direita apresenta de forma mais detalhada as esferas de Marte, Terra, Vênus e Mercúrio com o Sol ocupando o centro do modelo. Fonte: Koestler, 1989.

Diante disso, no que diz respeito ao material didático, sugerimos que os elaboradores atentem para a necessidade de maior fidelidade histórica e epistemológica. Isso implica não apenas corrigir os erros factuais, mas também inserir problematizações que evidenciem as condições e motivações sob as quais Kepler formulou suas leis. Por exemplo, ao apresentar a lei das áreas, o material poderia indicar explicitamente que Kepler não atribuía sua causa à gravitação, mas a uma força motriz proveniente do Sol, e que somente com Newton essas leis foram reinterpretadas em um quadro gravitacional. No caso da lei das órbitas, é necessário substituir representações gráficas de elipses altamente excêntricas por imagens que mostrem a baixa excentricidade das órbitas planetárias reais, acompanhadas de atividades comparativas que convidem os estudantes a refletir sobre a diferença entre essas representações. Também poderiam ser apresentadas órbitas com alta excentricidade de cometas periódicos. Quanto à lei dos períodos, uma reformulação pertinente seria incorporar o contexto em que Kepler buscava estabelecer uma harmonia cósmica, recorrendo à analogia musical. Discutir a presença desse elemento metafísico na obra kepleriana não significa validar essa concepção à luz da ciência contemporânea, mas compreender que a construção do conhecimento científico esteve, muitas vezes, atravessada por pressupostos filosóficos que exerceram papel fundamental na formulação de problemas, hipóteses e interpretações.

Ao alinhar essas reformulações do material didático às estratégias que os professores poderiam adotar em sala de aula para minimizar os constrangimentos didáticos identificados, sugerimos que, por exemplo, no caso da lei das órbitas, em vez de apresentar apenas uma figura com uma elipse de alta excentricidade, os professores poderiam propor uma atividade comparativa em que os estudantes observem diferentes representações de órbitas, variando de uma circunferência perfeita até elipses bastante achatadas. Essa comparação poderia ser articulada com dados reais de excentricidade dos planetas, permitindo problematizar por que Kepler levou anos para concluir que as órbitas não eram circulares. Além disso, os professores poderiam construir, junto com seus alunos, uma maquete com a representação das órbitas dos planetas do Sistema Solar utilizando os valores reais de excentricidade, como propõem Canalle e Matsuura (2012).

Para a lei das áreas, uma sugestão é que os professores explorem simulações computacionais interativas, como propõe Araujo (2019), em que os alunos manipulem a posição do planeta, sua velocidade, excentricidade, fração de área varrida e outros parâmetros, a fim de trabalhar a variação da velocidade orbital, aspecto este frequentemente omitido nas aulas observadas. Complementarmente, é possível explorar a lei das áreas para além de sua aplicação exclusiva em órbitas elípticas. De acordo com Bedaque e Caniato (2024), muitas vezes passa

despercebido aos docentes que essa lei não se restringe à descrição de órbitas em campos gravitacionais, como ocorre com planetas ou satélites, sejam eles naturais ou artificiais. Na realidade, os autores destacam que a lei também se aplica a diversas outras trajetórias e contextos, incluindo aqueles que não envolvem necessariamente campos gravitacionais. Essas abordagens permitem não apenas ampliar o escopo conceitual da lei, mas também reduzir os constrangimentos da publicização e dessincronização, ao mostrar aos estudantes a generalidade e a profundidade desse resultado kepleriano. Em relação à lei dos períodos, em vez de propor apenas cálculos diretos com dados de planetas, os professores podem utilizar textos históricos sobre esse saber, como o elaborado por Medeiros (2003), de modo a construir um percurso sobre como se deu a elaboração desse conhecimento, evitando sua descontextualização.

Reconhecemos, contudo, que os professores trabalham sob diversas restrições, em especial aquelas relacionadas ao tempo e ao currículo escolar. Conforme aponta Chevallard (1991), o tempo didático imposto pela instituição escolar organiza a progressão dos conteúdos de forma linear e acumulativa, criando a expectativa de que todos os alunos avancem no mesmo ritmo. No entanto, esse tempo institucionalizado frequentemente não se ajusta ao tempo de aprendizagem dos estudantes, que é marcado por diferentes ritmos, avanços e retrocessos. Essa tensão repercute diretamente nas escolhas didáticas dos professores que, no contexto investigado, se veem pressionados pelo governo estadual e pelas exigências curriculares. Nesse cenário, os docentes muitas vezes precisam simplificar, omitir ou acelerar determinadas etapas da transposição didática. Reconhecer essa limitação permite compreender que o desafio docente não está apenas em proporcionar que o aluno assimile e acomode o conteúdo, mas também em buscar formas de otimizar o ensino dentro dessas condições restritivas.

Alinhado a isso, um desafio igualmente relevante consiste em encontrar o equilíbrio entre o rigor histórico-epistemológico e a necessidade de tornar o Saber Ensinado acessível aos estudantes do Ensino Médio. A transposição didática exige simplificações inevitáveis, mas, como destaca Chevallard (1991), é preciso reconhecer que essas adaptações não devem descaracterizar o saber, sob o risco de transformá-lo em uma caricatura de si mesmo. O equilíbrio desejado não está, portanto, em optar entre rigor ou acessibilidade, mas em adotar estratégias que articulem ambos os aspectos. Isso implica, por exemplo, que ao explicitar aos alunos as diferenças entre a abordagem geométrica de Kepler e a formulação dinâmica de Newton, reduzem-se os processos de publicização, descontextualização e despersonalização, sem exigir deles a complexidade da demonstração original. Trata-se de mobilizar a vigilância epistemológica para identificar até que ponto simplificações são legítimas e quando se tornam distorções. Dessa forma, o professor pode oferecer aos estudantes uma aprendizagem acessível e, ao mesmo tempo, mais fiel à natureza do saber científico.

Nesse sentido, abre-se também um caminho para investigações futuras. Se, por um lado, este estudo evidenciou os constrangimentos didáticos presentes na transposição das leis de Kepler, por outro, permanece em aberto a questão do impacto efetivo que diferentes abordagens de transposição podem exercer sobre a aprendizagem dos estudantes. Pesquisas que articulem análises do Saber a Ensinar e do Saber Ensinado com o Saber Aprendido, ou seja, o conhecimento efetivamente assimilado pelo aluno, podem fornecer elementos valiosos para compreender quais estratégias favorecem uma apropriação mais consistente dos conceitos, bem como reduzem os possíveis impactos negativos dos constrangimentos didáticos no Saber Aprendido. Da mesma forma, estudos que comparem práticas docentes com diferentes graus de vigilância epistemológica poderiam indicar em que medida esse cuidado repercute na formulação de Saberes Ensinados mais alinhados ao Saber Sábio.

Por fim, considerando as reflexões apresentadas, entendemos ser importante uma revisão cuidadosa e rigorosa dos materiais didáticos fornecidos para serem usados nas aulas. Contudo, é igualmente fundamental investir em uma formação inicial de qualidade para os professores, além de programas que fomentem a formação continuada, de modo que eles adquiram a capacidade de

identificar, analisar, problematizar e refletir sobre a transposição didática dos conhecimentos científicos que ensinam. Para tanto, tanto a formação inicial quanto a formação continuada devem contemplar aspectos históricos, filosóficos e epistemológicos dos saberes a serem desenvolvidos. Não se almeja, no entanto, que os professores “[...] se tornem competentes especialistas em história, sociologia e filosofia da ciência” (TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009, p. 532), mas que adquiram uma compreensão sobre esses aspectos necessária para corroborar com a transposição dos saberes.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá sob o número de protocolo 73725223.2.0000.0104. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo e forneceram consentimento informado por escrito antes de participar.

REFERÊNCIAS

- Almeida, H. A. de. *As analogias utilizadas por professores de biologia como elementos da transposição didática*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2016.
- Alves Filho, J. de P., Pinheiro, T. de F., & Pietrocola, M. (2001). A eletrostática como exemplo de transposição didática. In M. Pietrocola (Org.). *Ensino de Física: conteúdo metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. Florianópolis, SC: Editora da UFSC.
- Anhorn, C. T. G. *Um objeto de ensino chamado História – A disciplina de história nas tramas da didatização*. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.
- Araujo, E. J. D. de. *Ensino híbrido: uma proposta para a abordagem das leis de Kepler no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.
- Batista, L. P. M., Batista, C. A. dos S., Santos, A. C. T. dos, & Siqueira, M. R. da P. (2024). Que visões de ciências estão subjacentes na abordagem da Lei de Hubble nos livros didáticos de Física do ensino médio? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 23 (3), 448-472.
- Bedaque, P., & Caniato, R. (2024). Revisitando a lei das áreas. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*, 1(38), 7 – 26.
<https://doi.org/10.14244/RELEA/2024.38.7-26>.
- Brockington, G., & Pietrocola, M. (2005). Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (3), 387 – 404.
- Burt, E. A. *As bases metafísicas da ciência moderna*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, 1983.
- Canalle, J. B. G. (2003). O problema do ensino da órbita da Terra. *Física na Escola*, 4 (2), 12 – 16.
- Canalle, J. B., & Matsuura, O. T. *Manual de Astronomia*. Sinergia, Rio de Janeiro, 2012.

- Chevallard, Y. *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Ediciones, Buenos Aires, 1991.
- Chevallard, Y., & Bosch, M. (2014). Didactic Transposition in Mathematics Education. In S. Lerman (Org.). *Encyclopedia of Mathematics Education*. Londres: Springer Reference.
- Cohen, I. B. *O nascimento de uma nova Física: de Copérnico a Newton*. Edusp, São Paulo, 1967.
- Daniel, G. P. *História da Ciência em um curso de licenciatura em Física: a gravitação newtoniana e a gravitação einsteiniana como exemplares*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.
- Dias, W. S.; & Piassi, L. P. (2007). Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano? *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29 (3), 325 – 329.
- Forato, T. C. de M. (2019). História e natureza das ciências: elementos implementados na formação de professores. In A. P. B. da Silva & B. A. Moura (Org.). *Objetivos humanísticos, conteúdos científicos contribuições da história e da filosofia da Ciência para o ensino de Ciências*. Campina Grande, SP: EDUEPB.
- Gil, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. Atlas, São Paulo, 2008.
- Gomes, L. C. *Concepções alternativas e divulgação: análise da relação entre força e movimento em uma revista de popularização científica*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2008.
- Itokazu, A. G. *Astronomia nova: a história da guerra contra Marte como exposição do método astronômico de Kepler*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006a.
- Itokazu, A. G. (2006b). A força que move os planetas: da noção de *species immateriata* na Astronomia de Johannes Kepler. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 16 (2), 211 – 231.
- Kepler, J. *New Astronomy*. Cambridge University Press, Londres, 1992.
- Kepler, J. *The harmony of the world*. American Philosophical Society, Filadélfia, 1997.
- Koestler, A. *O homem e o Universo*. IBRASA, São Paulo, 1989.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24 (1), 87-111.
- Loyola, F. R., & Vanegas-Ortega, C. (2021). Concepciones alternativas sobre astronomía en estudiantes de educación básica y media de la Región Metropolitana de Chile. *Estudios pedagógicos*, 47(2), 247-268. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052021000200247>.
- Lucas, C. de S. *Uma abordagem alternativa para as Leis de Kepler no Ensino Médio*. Monografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.
- Lüdke, M., & André, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. E.P.U., Rio de Janeiro, 2018.
- Macedo, G. L. N. *Análise do conceito de força gravitacional nos Principia de Newton e a sua transposição didática nos livros didáticos de física do Ensino Médio do estado do Paraná*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2023.

- Macedo, G. L. N., Deosti, L., & Gomes, L. C. (2024). O Saber Sábio da força gravitacional: uma perspectiva a partir dos Principia de Newton. *Revista do Professor de Física*, 8 (1), 147-163. <https://doi.org/10.26512/rpf.v8i1.53299>.
- Macedo, G. L. N., & Gomes, L. C. (2024a). Análise do conceito de força gravitacional nos *Principia* e a sua transposição didática do saber sábio ao saber a ensinar nos livros de Ciências da Natureza do PNLD 2021. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática*, 20 (45), 67-91. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v20i45.16073>.
- Macedo, G. L. N., & Gomes, L. C. (2024b). Análise do saber a ensinar da gravitação newtoniana nos livros do PNLD – 2021 e do GREF. *REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 12, e24093. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.17638>.
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. Atlas, São Paulo, 2003.
- Martins, R. de A. (2006). A maçã de Newton: história, lendas e tolices. In C. C. Silva (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física.
- Martins, M. R. *Uma abordagem histórica sobre conceitos de força nos séculos XVII e XVIII: compreensão acerca do processo de transposição didática no contexto acadêmico*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2020.
- Matthews, M. R. (1992). History, philosophy and Science education: the present reapproachment. *Science & Education*, 1 (1), 11-47.
- Medeiros, A. (2003). Entrevista com Kepler: A descoberta da Terceira Lei do Movimento Planetário. *Física na Escola*, 4 (1), 19-24.
- Menezes, A. P. de A. B. *Contrato didático e transposição didática: inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.
- Menezes, L. P. G. de, & Batista, M. C. (2020). Concepções de mestrandos em ensino de física sobre o sistema solar sob a perspectiva das leis de Kepler. *REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8 (2), 352 – 373. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i2.10000>.
- Menezes, L. P. G. de. *Johannes Kepler e a Nova Astronomia: a questão das hipóteses astronômicas nos primórdios da ciência moderna*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2022.
- Menezes, L. P. G. de, & Batista, M. C. *As hipóteses astronômicas segundo Johannes Kepler*. Mentis Abertas, São Paulo, 2022.
- Minayo, M. C. de S. *Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade*. Vozes, Petrópolis, 2001.
- Mourão, R. R. de F. K. *A descoberta das Leis do Movimento Planetário*. Odysseus Editora, São Paulo, 2003.
- Neves, M. C. D. *Astronomia de régua e compasso: de Kepler a Ptolomeu*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1986.
- Nunes, R. C., Queirós, W. P. de, & Cunha, J. A. R. da. (2022). Conceito de massa e a relação massa-energia no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 34 (1), 9 – 21. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v34.n1.37933>

- Oliveira, D. S. de, Batista, L. P. M., & Siqueira, M. (2023). A cosmologia e Astrofísica em livros didáticos aprovados no PNLD 2018 e 2021. *Experiências em Ensino de Ciências*, 18 (4), 444 – 454.
- Pais, L. C. (1999). Transposição Didática. In Machado, S. D. A. *et al.* (Org.). *Educação Matemática: uma introdução*. São Paulo, SP: EDUC.
- Pasini, J. F. S., & Silva, I. G. da. (2024). Plataformização da Educação no Estado do Paraná: Caminhos para a Padronização do Trabalho Pedagógico. *Revista Pleiade*, 18 (43), 18 – 29. <https://doi.org/10.32915/pleiade.v18i43.1019>.
- Peduzzi, L. (2001). Sobre a utilização didática da história da ciência. In M. Pietrocola (Org.). *Ensino de Física: conteúdo metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. Florianópolis, SC: Editora da UFSC.
- Perdigão, D., & Ipolito, M. Z. (2021). Estudo da abordagem da eletrostática em livros didáticos brasileiros de física dos últimos cem anos. *Pesquisa em Ensino*, (11).
- Ricardo, E. C. (2020) A história da ciência no ensino de física e a vigilância epistemológica. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 4, e1506.
- Sá, D. R. R. de. *O princípio de inércia sob aspectos históricos-epistemológicos – uma possibilidade contributiva para o Ensino de Física*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2020.
- Santos, S. M. de O. *Crêterios para avaliação de livros didáticos de química para o ensino médio*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2006.
- Sanzovo, D. T., & Queiroz, V. (2012). Uma proposta do uso de representações semióticas no ensino de astronomia: leis de Kepler e estações do ano. In: *II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – II SNEA*, São Paulo, 703.
- SEED – PR. (2024a). As Leis de Kepler (I). *Apresentação de PowerPoint*. <https://docs.google.com/presentation/d/1x5mvt-pPRv5reuBDV6r2Zuhdat1wI4frFbPYB85QRTI/edit?usp=sharing>
- SEED – PR. (2024b). As Leis de Kepler (II). *Apresentação de PowerPoint*. <https://docs.google.com/presentation/d/1kDJrb9A9aACRvdTfoAREiggGITHuR7mubQbEzZngFO4/edit?usp=sharing>
- Silva, E. da S. *A transposição didática no ensino de física: o aquecimento global como objeto de estudo*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Belém, 2013.
- Silva, A. F. de C. e *Orbitas elípticas e sua real forma*. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2022.
- Sobreira, P. H. A., & Ribeiro, J. P. M. (2023). Erros conceituais de astronomia em livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias – PNLD 2021. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*, (35), 77 – 126. <https://doi.org/10.14244/RELEA/2023.35.77>
- Sousa, W. B. de. *Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- Tamanini, P. A., & Noronha, V. M. G. (2019). O ensino de história e a BNCC: livros didáticos sib uma análise comparativa. *Revista Teias*, 20 (57).

- Teixeira, E. S., Freire Jr., O., & El-Hani, C. N. (2009). A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. *Ciência & Educação*, 20 (57).
- Thiara, A. C., Batista, L., Oliveira, D., & Siqueira, M. (2022). Transposição Didática: A Radiação do corpo negro nos livros didáticos do PNLD 2018. *Latin-American Journal of Physics Education*, 16 (1), 1038-1 – 1308-9.
- Tossato, C. R. *Força e harmonia na Astronomia Física de Johannes Kepler*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- Tossato, C. R., & Mariconda, P. R. (2010). O método da astronomia segundo Kepler. *Scientiae studia*, 8 (3), 339 – 366.
- Wilson, C. (1972). How did Kepler discover his first two laws?. *Scientific American*, 226, 99 – 102.
- Yu, K. C., Sahami, K., & Denn, G. (2010). Student ideas about Kepler's Laws and planetary orbital motions. *Astronomy Education Review*, 9 (1).
<https://doi.org/10.3847/AER2009069>



INVESTIGANDO ERROS CONCEITUAIS EM ASTRONOMIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS E GEOGRAFIA DO PNLD 2024

Jeferson Campos Nascimento¹
Tharcísyo Sá e Sousa Duarte²
Milene Rodrigues Martins³
Tatiana Santos Andrade⁴

RESUMO: O ensino de tópicos de astronomia está previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no contexto do Ensino Fundamental, e os livros didáticos desempenham um papel crucial como recurso teórico na preparação de aulas que abordam esses conteúdos. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo analisar duas coleções de livros didáticos de Ciências e Geografia, voltados para o Ensino Fundamental II e aprovados no PNLD 2024, a fim de identificar e investigar possíveis erros conceituais presentes em textos e imagens relacionados à Astronomia. A metodologia adotada foi baseada na Pesquisa Documental e Análise de Conteúdo. Os resultados apontam a presença substancial de erros conceituais, tanto em textos quanto em imagens, o que evidencia preocupações com a qualidade da aprendizagem dos estudantes, assim como a precisão e fidedignidade na apresentação dos conceitos astronômicos nos livros de Ciências e Geografia.

PALAVRAS-CHAVE: Livro didático; Astronomia; Erros conceituais.

INVESTIGACIÓN DE ERRORES CONCEPTUALES EN ASTRONOMÍA

¹ Universidade Federal do Cariri (UFCA), Brejo Santo/CE, Brasil,
jeferson.campos@aluno.ufca.edu.br

² Universidade Federal do Cariri (UFCA), Brejo Santo/CE, Brasil,
tharcisyo.duarte@ufca.edu.br

³ Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Chapecó/SC, Brasil,
milene.martins@uffs.edu.br

⁴ Universidade Federal do Cariri (UFCA), Brejo Santo/CE, Brasil,
tatiana.andrade@ufca.edu.br

EN LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS Y GEOGRAFÍA DEL PNLD 2024

RESUMEN: La enseñanza de los temas de astronomía está contemplada en la Base Nacional Común Curricular (BNCC) para la Educación Primaria, y los libros de texto desempeñan un papel crucial como recurso teórico en la preparación de clases que aborden estos contenidos. En este sentido, este estudio tiene como objetivo analizar dos colecciones de libros de texto de Ciencias y Geografía para la Educación Secundaria (Ensino Fundamental II), aprobadas por el Programa Nacional de Libros de Texto (PNLD) 2024, con el fin de identificar e investigar posibles errores conceptuales presentes en textos e imágenes relacionados con la Astronomía. La metodología adoptada se basó en la Investigación Documental y el Análisis de Contenido. Los resultados revelan una presencia sustancial de errores conceptuales, tanto en textos como en imágenes, lo que genera preocupaciones sobre la calidad del aprendizaje de los estudiantes, así como sobre la precisión y fiabilidad en la presentación de conceptos astronómicos en los libros de texto de Ciencias y Geografía.

Palabras clave: Libro de texto; Astronomía; Errores conceptuales.

INVESTIGATING CONCEPTUAL ERRORS IN ASTRONOMY IN SCIENCE AND GEOGRAPHY TEXTBOOKS FROM THE PNLD 2024

ABSTRACT: The teaching of astronomy topics is included in the Brazilian National Common Core Curriculum (BNCC) for Elementary Education, and textbooks play a crucial role as a theoretical resource in preparing lessons that cover these contents. In this context, this study aims to analyze two collections of Science and Geography textbooks for middle school (Ensino Fundamental II), approved by the National Textbook Program (PNLD) 2024, in order to identify and investigate potential conceptual errors present in texts and images related to Astronomy. The adopted methodology was based on Documentary Research and Content Analysis. The results reveal a substantial presence of conceptual errors in both texts and images, which raises concerns regarding the quality of student learning, as well as the accuracy and reliability in the presentation of astronomical concepts in Science and Geography textbooks.

Keywords: Textbook; Astronomy; Conceptual errors.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de astronomia está previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2019), ainda no âmbito do Ensino Fundamental, uma vez que, neste documento, as Ciências da Natureza foram organizadas em três unidades temáticas que se repetem ao longo de todos os anos desta etapa de ensino, são elas: matéria e energia; vida e evolução; terra e universo. Nesta última unidade,

“[...] busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composições, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles” (Brasil, 2019, p. 328).

Conceitos de astronomia são previstos na BNCC (2019) desde os anos iniciais do Ensino Fundamental, sendo, contudo, mais presentes nos anos finais, especialmente no 8º e 9º ano. Tendo em vista que a BNCC (2019) cumpre o papel de guiar a construção de currículos de Ciências, cabe às instituições de ensino de todo o país e aos professores de Ciências a implementação de tais orientações. No entanto, a formação inicial docente apresenta muitas lacunas, no que diz respeito à apropriação e domínio de conceitos de astronomia e, o livro didático se constitui como principal fonte de pesquisa, já que é o único recurso didático disponibilizado de forma gratuita pelo governo federal a todas as escolas do país. Tal colocação também é feita por (Rhoden e Pauletti, 2015, p.1) ao pontuarem que “[...] apesar de existirem vários recursos didáticos para o ensino de ciências, o livro didático (LD) ainda possui um papel importante sendo este, muitas vezes o principal norteador das ações pedagógicas”.

Nesta direção, em virtude da sua relevância para a educação, os LDs precisam de uma atenção significativa nos processos de preparação e análise do material, uma vez que em muitos casos eles ainda apresentam diferentes tipos de erros, entre estes os erros conceituais que afetam diretamente a transmissão do conhecimento. De acordo com Canalle et al. (1997), um erro conceitual refere-se a uma compreensão ou representação incorreta, imprecisa, desatualizada e distorcida de conceitos científicos, levando a mal-entendidos significativos. Dessa forma, esses erros não apenas distorcem a compreensão dos alunos, mas também perpetuam a ignorância sobre os conceitos básicos da astronomia, evidenciando a necessidade de uma revisão crítica do material didático utilizado nas salas de aula.

Nesse sentido, em decorrência da relevância dos livros didáticos para a preparação de aulas, que contemplam a abordagem de tópicos de astronomia, este trabalho tem como objetivo analisar duas coleções de livros didáticos de Ciências e Geografia do Ensino Fundamental II, aprovadas no PNLD 2024, a fim de identificar e investigar eventuais erros conceituais, presentes em textos e imagens dos respectivos materiais. A escolha destas obras se deu em virtude das mesmas apresentarem conceitos de astronomia em suas composições textuais e representações visuais, além de serem adotadas em uma escola

pública municipal da região do Cariri cearense, a qual se constituiu como objeto de estudo desta pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No que diz respeito ao papel do Livro Didático (LD) no ensino, o Ministério da Educação (MEC) estabelece que o LD é um suporte de conhecimentos e métodos para o ensino, além de ser um recurso didático norteador para as atividades de produção e reprodução do conhecimento (Brasil, 2024). Ainda de acordo com o MEC, os livros didáticos são amplamente utilizados por professores e alunos como uma fonte essencial de consulta, podendo exercer uma influência significativa no desenvolvimento das atividades pedagógicas e no ambiente da sala de aula (Brasil, 2024). Dessa forma, o LD desempenha um papel muito importante como material fundamental para o ensino e aprendizagem de ciências, em especial, para regiões do país mais empobrecidas, como norte e nordeste.

Assim, a disponibilização de Livros Didáticos de qualidade, que apresentem informações corretas e atualizadas, constitui elemento essencial para o processo de aprendizagem dos estudantes. Considerando que, em muitas situações, o LD configura-se como a principal - e, por vezes, única - fonte de conhecimento utilizada em sala de aula, torna-se pertinente problematizar e refletir acerca da real qualidade dos conteúdos apresentados, especialmente no que se refere a temáticas vinculadas à astronomia.

A esse respeito, o que seria considerado um LD bom para o ensino e aprendizagem de ciências? Para Bizzo (1996), um livro didático de ciências bom deve atender a cinco pontos importantes:

- 1 - Não se restringir apenas à memorização de enunciados, fórmulas ou termos técnicos.
- 2 - Incluir atividades com demonstrações e experimentos bem elaborados.
- 3 - Promover a percepção da interdisciplinaridade constante em seu conteúdo pelo aluno.
- 4 - Respeitar a cultura, experiência de vida e valores éticos e religiosos dos alunos.
- 5 - Garantir que as figuras e ilustrações transmitam com precisão as informações, seguindo a tendência dos livros de ciências mais modernos que utilizam imagens e recursos gráficos de forma crescente.

Nesse sentido, para o autor o LD deve ser abrangente, prático, interdisciplinar, culturalmente sensível e visualmente informativo para uma experiência enriquecedora e significativa para os alunos.

Seguindo essa ideia, para Trevisan, Lattari e Canalle (1997), os livros didáticos devem ter como foco principal a explanação das razões históricas que levaram as pessoas a entender e incorporar os princípios que governam os eventos naturais. Assim, contextualizar o conhecimento científico a partir da problematização dos episódios históricos traz ao aluno uma perspectiva mais significativa da aprendizagem. Ainda conforme apontado por Trevisan, Lattari e Canalle (1997, p. 9), um livro didático de ciências deve ser capaz de ajudar o estudante a se desvencilhar dos “preconceitos, do misticismo, da magia e das crendices presentes no seu cotidiano”. Entretanto, no contexto atual, o aluno não precisa abandonar suas concepções de vivências, mas sim aprender as diferentes compreensões sobre o mundo em situações diversas, esses aspectos se mostram ainda mais relevantes no estudo da astronomia, em que conceitos errôneos ou mitos, atrelados ao dia a dia dos alunos, podem interferir na compreensão correta dos fenômenos astronômicos. Tais aspectos, segundo os autores, são fundamentais para um livro de ciência aceitável, assim como informações contextualizadas, precisas e baseadas em evidências científicas.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os livros de ciências e geografia que relacionam-se diretamente com a astronomia, devem conter necessariamente assuntos, com informações precisas e atualizadas, relacionados à essa temática. De acordo com Langhi e Nardi (2007), apesar de apresentarem conceitos sobre astronomia, os LD geralmente os apresentam de forma pontual e sucinta, excluindo a abordagem de vários aspectos ou, quando são apresentados, são fragmentados, com poucas páginas dedicadas a essa área. Seguindo essa ideia, Marrone Júnior e Trevisan (2009) complementam que é comum considerar a astronomia como um subtema no ensino de ciências, muitas vezes negligenciado. Desse modo, marginalizar a abordagem de conceitos da astronomia, dando a ela um papel secundário no ensino de ciências traz impactos negativos na aprendizagem dos estudantes, o que compromete e priva os alunos de desenvolverem habilidades fundamentais como, pensamento científico, crítico e criativo, previstas na BNCC para o ensino de astronomia.

Nesse sentido, em concordância com os autores anteriormente citados, Rhoden e Pauletti (2015) complementam a ideia ao afirmar que:

“Infelizmente, a grande maioria dos LDs abordam os conteúdos de Astronomia como o último a ser trabalhado em sala de aula e, por muitas vezes, acaba sendo deixado de lado por falta de tempo ou por despreparo dos professores” (p. 2).

Dessa maneira, a não abordagem prejudica a formação dos alunos, limitando sua capacidade de compreender fenômenos naturais importantes e restringindo o desenvolvimento de habilidades como já comentado. Além disso, normalmente os professores utilizam o LD em ordem cronológica das unidades e capítulos, o que geralmente é indicado pela secretaria de educação. Sendo assim, é possível observar nos livros didáticos que os tópicos relacionados à astronomia geralmente estão localizados nos últimos capítulos das obras. O que implica dizer que, o conteúdo estar no LD não é garantia que será abordado em sala de aula, seja em detrimento das condições de trabalho dos professores, ou seja pela falta de apropriação e formação em relação aos conceitos da astronomia.

Nessa perspectiva, as lacunas acadêmicas em astronomia ao longo da formação docente compromete diretamente a qualidade do ensino dessa área do conhecimento. Conforme aponta Langhi (2009, p. 11), diante de conceitos relacionados à astronomia, os professores tendem a adotar duas posturas: “Preferem não ensinar astronomia ou buscam outras fontes de informação. Porém, há carência de fontes seguras sobre astronomia”. Tal constatação evidencia que o tema é frequentemente negligenciado em sala de aula, sendo substituído pela consulta a diversas fontes, nem sempre confiáveis. Em muitos casos, recorre-se à mídia sensacionalista ou ao uso acrítico do livro didático, o qual, em sua maioria, apresenta equívocos conceituais significativos nessa área.

Segundo, Rhoden e Pauletti (2015, p. 2), “problemas conceituais ou de figuras mal constituídas encontradas nos LDs podem acarretar numa aprendizagem incompleta e errônea”. Nessa perspectiva, Hansen e Zambon (2021), ainda acrescentam que:

A presença de informações imprecisas e desatualizadas, juntamente com inadequações conceituais e pedagógicas nos guias didáticos, pode ter um impacto extremamente prejudicial no processo de ensino e aprendizagem, especialmente devido à falta de preparo dos professores em relação aos temas astronômicos.

Dessa forma, assegurar a qualidade e atualização dos livros didáticos constitui aspecto fundamental para evitar o comprometimento do ensino de astronomia, sendo igualmente imprescindível investir numa formação docente que capacitem os professores a serem também avaliadores críticos dos materiais didáticos que utilizam e, não apenas, meros reprodutores, para que sejam capazes de perceber os erros conceituais presentes no recurso didático e, possam então corrigi-los em suas práticas docentes.

Diante disso, para assegurar que os livros didáticos utilizados na educação básica de todo o país sejam de excelente qualidade, livres de erros conceituais e informações equivocadas e desatualizadas, o MEC através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), da Secretaria de Educação Fundamental (SEF) e do Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE), realizam o processo de análise dessas obras com o intuito de garantir conteúdos e abordagens didáticas de boa qualidade nesses materiais, e principalmente se as obras obedecem as legislações educacionais.

O Edital Nº 01/2022, que estabelece as normas para o PNLD 2024, da qual as coleções de livros analisados nesta pesquisa fazem parte, apresentam critérios para a avaliação e classificação dos diferentes aspectos presentes nos livros didáticos, destacando também, quais erros conceituais são e/ou não são considerados falhas pontuais.

8.3. Serão consideradas falhas pontuais as não repetitivas ou constantes que possam ser corrigidas com simples indicação da ação de troca a ser efetuada pelo titular de direitos autorais.

8.4. Não serão consideradas falhas pontuais:

8.4.1. erros conceituais;

8.4.2. erros gramaticais recorrentes;

8.4.3. necessidade de revisão global do material;

8.4.4. necessidade de correção de unidades ou capítulos;

8.4.5. necessidade de adequação de exercícios ou atividades dirigidas;

8.4.6. supressão ou substituição de trechos extensos; e

8.4.7. outras falhas que ocorram de forma contínua no material didático. (Brasil, 2022 p. 15).

Como exposto, os erros conceituais não são classificados como falhas pontuais na avaliação das obras didáticas, o que significa que não podem ser

corrigidos com uma simples troca de informação, exigindo, portanto, uma correção mais cuidadosa e criteriosa, além disso a identificação de erros conceituais pelos avaliadores do PNLD deve incorrer em reprovação do LD, ou seja, este não deve ser aprovado no processo e, não poderá estar na lista de obras disponíveis para a utilização nas redes de ensino público de todo o país.

Outro aspecto importante é que alguns autores apresentam considerações acerca do PNLD em suas pesquisas. Conforme indicado por Amaral e Oliveira (2011), as deficiências dos livros didáticos disponíveis no mercado, continuam sendo grandes, inclusive aqueles já avaliados pelo MEC. Partindo para a área de astronomia, segundo Leite e Hosoume (2005), após frequentes análises do PNLD, houve sim melhorias na qualidade das informações sobre tópicos de astronomia nos livros didáticos de ciências. Por outro lado, Langhi e Nardi (2007) afirmam que, ainda existem exemplares com erros conceituais ou afirmações incompletas, que permitem interpretações equivocadas relativas a tópicos que tratam do tema.

Diante disso, de acordo com Langhi e Nardi (2007) e Sobreira e Ribeiro (2023), entre os erros conceituais mais comuns nas pesquisas de astronomia nos livros didáticos, podemos incluir equívocos relacionados a: interpretação das fases da Lua como eclipses lunares semanais; associação das estações do ano à distância da Terra em relação ao Sol; representação do Sistema Solar com pequenas estrelas entre as órbitas dos planetas; informações desatualizadas sobre o número de satélites naturais dos planetas; constelações com representações distorcidas e definições incompletas, além de erros sobre fatos históricos relativos à astronomia.

Pesquisas recentes revelam a persistência de erros conceituais em tópicos de astronomia em livros didáticos de ciências. De acordo com o estudo de Sobreira e Ribeiro (2023), que analisou 7 coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2021, foi constatada a persistência de erros conceituais astronômicos nas obras. Em outra pesquisa realizada por Zanatta, Weberling e Carvalho (2021) com livros didáticos de Ciências para os anos finais do Ensino Fundamental, foi identificado que os conteúdos astronômicos presentes nas cinco obras analisadas encontravam-se fragmentados, desatualizados e equivocados.

Tais estudos alertam sobre a presença de erros conceituais em tópicos de astronomia nos LDs, mesmo após a análise do PNLD, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. Diante disso, os resultados evidenciam a necessidade de um aprimoramento contínuo dos materiais didáticos e da análise realizada pelo PNLD, buscando garantir a correção e atualização dos conteúdos astronômicos em diferentes níveis de ensino da Educação Básica.

As duas coleções de livros didáticos (LD) de Ciências e Geografia do Ensino Fundamental II, aprovadas no PNLD 2024 e analisadas nesta pesquisa, ainda carecem de estudos acadêmicos publicados que investiguem e compreendam eventuais erros conceituais em tópicos de astronomia. Diante dessa lacuna, este trabalho busca identificar e discutir possíveis equívocos e imprecisões nos conteúdos astronômicos apresentados.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo é de natureza quanti-qualitativa, contemplando a Pesquisa Documental (Ludke e André, 1986) e a Análise de Conteúdo (Bardin, 1977), que tem por finalidade subsidiar a análise de livros didáticos de ciências e geografia dos anos finais do Ensino Fundamental (do 6º ao 9º ano) de uma escola pública municipal na região do Cariri cearense, embora a análise seja feita com os LDs adotados em uma escola, cabe destacar que na verdade as duas coleções integram toda a rede municipal de ensino da cidade.

De acordo com Minayo (1997), na pesquisa científica, o uso conjunto de abordagens quantitativas e qualitativas permite que esses métodos se complementem, o que contribui para uma análise mais rica e aprofundada, além de aprimorar as discussões finais. Seguindo essa linha metodológica, para Ludke e André (1986), a Pesquisa Documental se caracteriza pela busca de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reexaminados de acordo com o objetivo da pesquisa, para assim compor a base de dados para o estudo. Para estes autores, a pesquisa documental pode ainda ser complementada com outras metodologias, mediante a escolha de métodos de análise de dados, assegurando que a análise seja rigorosa e criteriosa. Dessa forma, foram adotados no desenvolvimento deste trabalho, os métodos de Análise de Conteúdo (AC) definidos por Bardin (1977).

Para esta pesquisa, analisamos duas coleções de livros didáticos de

Ciências e Geografia, aprovadas no PNLD 2024 e adotadas pela escola. A escolha dessas coleções se justifica pela maior afinidade das áreas de Ciências e Geografia com os conteúdos relacionados à astronomia, o que as tornam fontes relevantes para a análise. Cada coleção é composta por quatro volumes, totalizando oito livros para análise. O Quadro 1 apresenta um resumo das características de cada coleção.

LDs	Título	Autores	Editora	Coleção
Ciências	#SOU+ CIÊNCIAS	Alysson Ramos Artuso; Angela Cristina Raimondi; Luciane Lazzarini; Vilmarise Bobato.	Scipione	
Geografia	Teláris Essencial Geografia	Anselmo Lázaro Branco; Bruno Silva Prado; Eduardo Campos.	Ática	

Quadro 1 . Informações sobre as coleções de LDs escolhidos para uma análise prévia.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

De acordo com Bardin (1977) a análise de conteúdo (AC) pode ser entendida como:

“Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens” (p. 42).

Nesse sentido, o mais importante na análise de conteúdo não é a descrição dos conteúdos, mas sim suas interpretações após serem explorados e compreendidos.

Segundo Bardin (1977), a análise de conteúdo está organizada em três etapas sequenciais que vão desde a preparação dos dados até as possíveis interpretações. Tais etapas são: a pré análise; a exploração do material e o tratamento dos resultados. A pré-análise, para a autora, é a fase de organização

do material, momento em que ocorre a formulação do *corpus* de análise. Essa fase contempla três etapas, sendo elas: leitura flutuante; seleção dos documentos; elaboração de hipóteses e objetivos. Já na etapa de exploração do material são construídas as codificações, entendidas como excertos dos textos em unidades de registro e contexto, seguindo determinadas orientações de contagem, classificação e compilação de dados, permitindo assim a elaboração de categorias a fim de facilitar a análise e interpretação dos dados. Por fim, a etapa do tratamento dos resultados, consiste na interpretação referencial permitindo uma reflexão crítica sobre os dados obtidos.

Desse modo, seguindo os pressupostos da Análise de Conteúdo de Bardin (1977), foi realizada uma pré-análise das obras escolhidas, através da leitura flutuante e da regra da Exaustividade (todos os livros), com o objetivo de identificar quais LD continham tópicos referentes à astronomia. Assim, aqueles que apresentaram tais conteúdos foram incluídos no *corpus* de análise.

Após a identificação dos tópicos relacionados a astronomia nos livros didáticos, foi estabelecido a codificação de três classes para a exploração desse material - textos, imagens e atividades. Em cada eixo buscou-se por erros conceituais e distorções visuais e, após esse processo foi possível categorizá-los em duas categorias - Falha Conceitual (FC), para conceitos superficiais que estão corretos até certo ponto ou que omitem detalhes cruciais que levam a uma compreensão parcial ou incorreta do conceito; Falha Conceitual Grave (FCG), para tópicos que envolvem conceitos profundamente incorretos e desatualizados que comprometem o seu entendimento por completo. Tais categorias emergiram posteriormente à análise crítica de cada erro, as quais foram interpretadas à luz da literatura pertinente.

De acordo com o estudo de Detregiachi e Arruda (2003), o qual apresenta um instrumento que oferece uma abordagem sistemática para avaliar erros conceituais em livros didáticos de ciências como, “*errado, certo completo e certo incompleto*”, sendo esse instrumento, particularmente, útil para categorizar inconsistências e imprecisões conceituais em LDs. Dessa forma, as categorias estabelecidas nesse trabalho (Falha Conceitual e Falha Conceitual grave), estão ancoradas no estudo desse instrumento, o qual foi adaptado para o contexto dessa pesquisa.

É importante salientar, por fim, que a análise dos erros conceituais observados se dará a partir da organização de Quadros, nos quais serão

apresentadas reflexões sobre cada conceito, bem como as concepções alternativas relacionadas e possíveis soluções para os problemas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos livros didáticos aprovados no PNLD 2024 é crucial para compreender como a astronomia é apresentada aos estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental. Nesse primeiro momento, apresentamos os resultados da nossa pré-análise das duas coleções, com foco na identificação (Unidade e Capítulos) dos volumes que abordam tópicos de astronomia (Quadro 2).

Série	Ciências	Geografia
6º ano	UNIDADE 1 - O Planeta Terra - Capítulo 1 (Aparências da Terra): Formato da Terra; Constelação; Viagens Espaciais. - Capítulo 2 (A terra e o sol): Movimentos da Terra e a Marcação do Tempo. - Capítulo 3 (Estrutura do planeta terra): Atmosfera.	UNIDADE 1 - Lugar, paisagem e espaço geográfico - Capítulo 3 (Orientação e localização no espaço geográfico): A Terra no Sistema Solar; Os Movimentos da Terra; Orientação pelos astros.
7º ano	NENHUM TÓPICO RELACIONADO À ASTRONOMIA	NENHUM TÓPICO RELACIONADO À ASTRONOMIA
8º ano	UNIDADE 4 - Terra, Clima e Tempo - Capítulo 11 (Movimentos da Terra): Movimentos de Rotação e Translação da Terra e As Estações do Ano. - Capítulo 12 (A Lua): Fases da lua; Crateras da lua; A chegada do homem à lua e Eclipses.	NENHUM TÓPICO RELACIONADO À ASTRONOMIA
9º ano	UNIDADE 4 - Astronomia - Capítulo 12 (Astronomia e Cultura): Leituras do céu, Constelações e Asterismo, orientação no espaço. - Capítulo 13 (Sistema solar e Universo): Universo em transformação, Modelo geocêntrico, Sistema Planetário, Sistema Solar, o sol, Planetas, satélites naturais e pequenos corpos e Além do Sistema Solar. - Capítulo 14 (Evolução estelar e a vida fora da Terra): Olhando para um céu estrelado; Estrelas e Evolução estelar; Estágios de vida de uma Estrela; Buracos Negros; O Sol; A vida ao redor das estrelas e Zona habitável.	NENHUM TÓPICO RELACIONADO À ASTRONOMIA

Quadro 2 . Livros Didáticos que apresentam tópicos de astronomia.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

É possível observar no Quadro 2 que, das oito obras analisadas nas duas coleções selecionadas, apenas quatro abordam temas de astronomia: Ciências e Geografia do 6º ano (LD6C e LD6G), Ciências do 8º ano (LD8C) e Ciências do 9º ano (LD9C). Estes livros constituirão o nosso foco da investigação sobre erros conceituais em astronomia. Dentre eles, é notável uma maior concentração de tópicos astronômicos nos livros de Ciências do 8º e 9º ano, ambos na unidade 4, alocados nos capítulos finais.

Dessa maneira, a busca de conceitos astronômicos se deu a partir tanto da consulta em todo o LD, quanto na busca (Ctrl+F) de palavras chaves de astronomia na versão dos LDs em arquivo PDF, como constelações, planetas, sistema solar, buracos negros e outros. Assim, foi possível estabelecer o quantitativo de páginas dedicadas a tópicos de astronomia em relação a quantidade de páginas totais dos LDs, como mostra a Tabela 1 abaixo.

ID	Livro Didático	Total de Páginas do LD	Páginas com Tópicos de Astronomia	Percentual
LD6C	Ciências 6º ano	264	33	12,5%
LD6G	Geografia 6º ano	239	12	5,02%
LD8C	Ciências 8º ano	264	31	11,7%
LD9C	Ciências 9º ano	288	66	22,9%

Tabela 1 - Quantidades de páginas com tópicos astronômicos nos LDs.

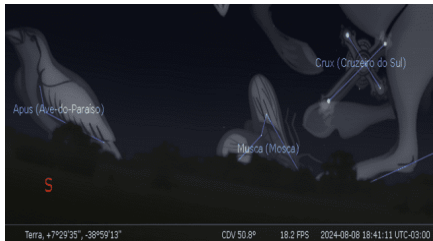
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

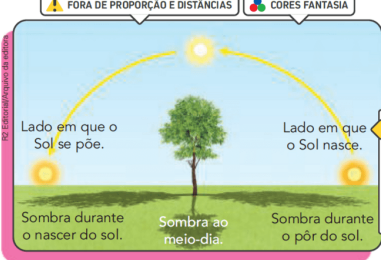
De maneira objetiva, a Tabela 1 apresenta de modo geral a atenção dada aos conteúdos de astronomia nos livros didáticos selecionados. Foram identificadas 142 páginas dedicadas ao tema, distribuídas de forma desigual entre as quatro obras, com percentuais variando de 5,02% a 22,9% do total de páginas de cada livro. Para melhor sistematizar a análise e identificação dos erros conceituais, a investigação foi estruturada em três categorias de análise: textos, imagens e atividades.

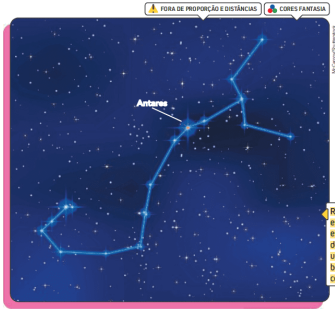
A análise minuciosa do material didático revelou a presença de 18 erros conceituais nos tópicos astronômicos abordados. Os Quadros 3 e 4 abaixo

apresentam detalhadamente cada uma das imprecisões encontradas (Unidade de Registro) de acordo com as categorias, acompanhados de considerações (Inferências) que incluem interpretações, discussões e possíveis soluções para sanar as incorreções identificadas. Assim, cabe destacar que as imprecisões nos quadros estão separadas por livros, enumeradas de forma crescente e acompanhadas pelo ID de cada Livro Didático.

Categoria: Falha Conceitual (FC)	
Unidade de Registro	Inferências
(LD6C) - 01:  Descrição da Imagem: “Povos indígenas tupis-guaranis, como os Também, identificam nos astros do céu uma ema. Na cabeça da ema, existe um conjunto de estrelas que chamamos de Cruzeiro do Sul.” (página 21)	Na descrição da imagem diz que há um conjunto de estrelas representando a constelação do Cruzeiro do Sul na cabeça da ema, mas não é possível identificar o asterismo da constelação Cruzeiro do Sul na imagem. A imagem abaixo, retirada do Software Stellarium, observa-se apenas a Estrela de Magalhães (α - <i>Alpha Crucis</i>) pertencendo à constelação da Ema, enquanto as outras estrelas de maior destaque do Cruzeiro do Sul, pertencem à constelação do Veado. 
(LD6C) - 02: “Constelação: região do céu, definida pelo ser humano, onde há um conjunto de astros, incluindo estrelas que aparentemente formam uma figura.” (página 21)	Na definição de constelação não deixa claro que as estrelas presentes nelas estão muito distantes umas das outras. Em termos gerais, as estrelas que compõem uma constelação estão amplamente separadas umas das outras, o que cria a ilusão de proximidade aos observadores terrestres, formando o que é conhecido nos materiais educativos como agrupamento (Trevisan, Lattari e Canalle, 1997). Assim, as estrelas de uma constelação podem estar

	significativamente distantes umas das outras, seja em termos lineares ou angulares (Mourão, 1998). Além disso, tais estrelas podem, até mesmo, não estarem sofrendo nenhuma atração gravitacional de outra estrela da constelação em virtude da distância em que se encontram. De acordo com a União Astronômica Internacional (IAU – <i>International Astronomical Union</i>, 2018), a qual firmou oficialmente as 88 constelações celestes em 1930, “embora um agrupamento de estrelas possa ser designado oficialmente como uma constelação, isso não significa que as estrelas nessa constelação sejam necessariamente agrupadas no espaço. Às vezes, as estrelas estão fisicamente próximas umas das outras, como as Plêiades, mas as constelações geralmente são uma questão de perspectiva”.
(LD6C) - 03: “Algumas constelações, como o Cruzeiro do Sul, são visíveis apenas em um hemisfério.” (página 21)	O texto não deixa explícito em qual hemisfério é possível ver a constelação do Cruzeiro do Sul ou outras constelações que são visíveis exclusivamente nesse hemisfério, no caso o Hemisfério Sul. Apesar de ser um pouco óbvio, trata-se de um livro para crianças e, portanto, deixar as informações claras é muito importante. Por outro lado, vale destacar que, em regiões do Hemisfério Norte próximas à linha do equador é possível ver a constelação do Cruzeiro do Sul, como mostra a imagem abaixo retirada do Software Stellarium.  De acordo com o simulador, a imagem acima apresenta a constelação do Cruzeiro do Sul, ainda visível no horizonte, na Latitude N +7° 29' 35" (Hemisfério Norte) na Data 08/08/2024 às 18:40 da noite. Logo, afirmar que não é possível observar tal constelação no Hemisfério Norte é um erro.
(LD6C) - 04:	Nesta definição de satélite, não é possível

“Satélite: nome dado a um corpo que se move ao redor de um planeta no espaço. A Lua é um satélite natural da Terra.” (página 23)	identificar a qual tipo de satélite essa definição está se referindo, satélite natural ou artificial. Cabe destacar que satélites, sejam naturais ou artificiais, podem orbitar diferentes corpos celestes e não apenas planetas. De acordo com a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA - <i>National Aeronautics and Space Administration</i>, 2014), um satélite é uma lua, planeta ou máquina que orbita em torno de outro corpo no espaço. Dessa maneira, a definição de satélite trazida no livro se encontra incompleta.
(LD6C) - 05:  Descrição da Imagem: “Representação esquemática da mudança de posição da sombra projetada por uma árvore conforme o movimento aparente do Sol no céu.” (página 28)	A imagem não deixa claro a informação de que o lado/direção que o sol nasce é o Leste e também não deixa claro a informação de que o lado/direção que o sol se põe é o Oeste. Vale destacar ainda que, embora o Sol sempre nasce e se põe em diferentes posições no lado/direção Leste e Oeste, respectivamente, o nascer e pôr do sol ocorre exatamente no ponto cardinal Leste e Oeste apenas em duas datas, no equinócio de primavera e equinócio de outono (Langhi e Nardi, 2007).
(LD6G) - 06: “Satélite natural: astros que giram em torno de planetas. A Lua é o satélite natural da Terra.” (Página 43)	Cabe destacar que satélites, sejam naturais ou artificiais, podem orbitar diferentes corpos celestes e não apenas planetas. Dessa forma, as considerações seguem as mesmas da imprecisão 04.
(LD6G) - 07: “Constelação: agrupamento de estrelas convencionalmente ligadas por linhas imaginárias quando visualizadas da Terra.” (Página 46)	Nesse texto a definição de constelação novamente encontra-se incompleta. Dessa maneira, as considerações seguem as mesmas da imprecisão 02.
(LD8C) - 08: “No eclipse solar, a Lua, em sua trajetória de revolução, projeta uma sombra no espaço. Se, em sua trajetória	No texto, a região de umbra de um eclipse foi citado várias vezes utilizando o termo “sombra”, que na verdade se trata da definição do conceito. Dessa forma, o livro poderia trazer uma linguagem

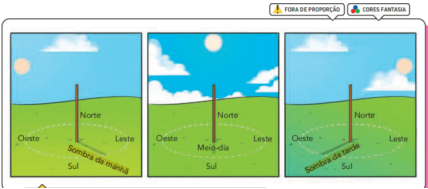
de translação, a Terra passar por essa região de sombra, haverá um eclipse solar na região do planeta em que a sombra foi projetada. Assim, os raios solares não chegam até alguns observadores em determinadas regiões da Terra.” (Página 241)	mais científica na abordagem desses conceitos.
(LD9C) - 09: “Um dos asterismos visíveis apenas no hemisfério sul é o do Cruzeiro do Sul, na constelação de mesmo nome. São cinco estrelas formando o desenho aproximado de uma cruz.” (Página 229)	Nesse parágrafo, temos novamente a afirmação que a constelação do cruzeiro do sul é visível apenas no Hemisfério Sul. Dessa forma, as considerações para essa afirmação seguem as mesmas da imprecisão 03. O texto ainda deixa claro que o desenho aproximado da cruz na constelação cruzeiro do sul é formado por cinco estrelas, quando na verdade o desenho aproximado da cruz é representado por apenas quatro, Estrela de magalhães (α - <i>Alpha Crucis</i>), Rubídea (γ - <i>Gamma Crucis</i>), Mimosa (β - <i>Beta Crucis</i>) e Pálida (δ - <i>Delta Crucis</i>), das cinco estrela de maior destaque da constelação. Como pode-se observar a imagem na inferência da imprecisão 15, no Quadro 4, a Intrometida (ϵ - <i>Epsilon Crucis</i>) não faz parte do cruzamento das linhas que formam a cruz.
(LD9C) - 10:  Descrição da Imagem: “Representação esquemática das estrelas da constelação de Escorpião. Antares é uma das estrelas mais brilhantes aparente no céu noturno.” (Página 267)	Nesta imagem é possível observar a representação do asterismo da constelação de Escorpião, no qual parte do asterismo destacado não faz parte das representações oficiais da constelação, podendo até mesmo estar fora da área/região estabelecida para a constelação de Escorpião. Na imagem abaixo, temos a representação oficial da constelação de Escorpião de acordo com o IAU.

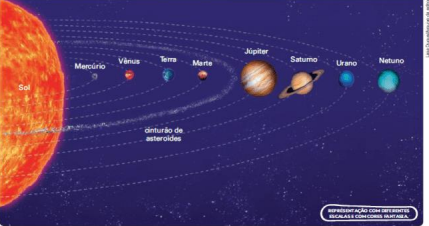


Quadro 3 . Imprecisões categorizadas como Falha Conceitual encontradas nos LDs.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O Quadro 3 apresenta as impressões que foram categorizadas como falha conceitual, que se refere a erros parciais em que a informação está parcialmente correta, as quais foram encontradas nos livros didáticos analisados. Diante disso, percebe-se através do quadro que, na sua maioria, os erros para essa categoria tem uma presença significativa em textos, principalmente em definições, como constelações e satélites. Além disso, algumas imagens também se fazem presentes nesta categoria, uma vez que retratam o fenômeno astronômico com pequenas falhas, como representação exagerada de constelações e falta dos lados cardeais. Logo, é muito relevante discutir sobre essas nuances e evidenciar seus impactos no ensino e aprendizagem de conceitos astronômicos. No Quadro 4 abaixo é apresentado as imprecisões categorizadas como falha conceitual grave.

Categoria: Falha Conceitual Grave (FCG)	
Unidade de Registro	Inferências
(LD6C) - 11: “Há inúmeras fotografias da Terra, tiradas e divulgadas em diferentes épocas por pessoas de diversos países. Às vezes, por nações que competiam entre si. Foi o caso	O trecho aborda brevemente a corrida espacial no contexto da Guerra Fria, ocorrida ao longo da segunda metade do século XX. Entretanto, historicamente, tal disputa se deu entre os Estados Unidos e a União Soviética - e não entre

dos Estados Unidos e da Rússia, que viveram disputas em várias áreas ao longo da segunda metade do século XX. Uma dessas disputas foi a chamada corrida espacial para mostrar quem tinha maior domínio da tecnologia espacial.” (Página 24)	os Estados Unidos e a Rússia, como indicado no texto. A União Soviética foi uma das principais potências envolvidas no conflito geopolítico e tecnológico, que se encerrou com seu colapso em 1991, originando, entre outros Estados independentes, a Federação Russa. Além disso, a referência à corrida espacial permite estabelecer conexões interdisciplinares relevantes, como por exemplo, na História, ao compreender as tensões políticas e ideológicas da Guerra Fria; na Ciência e Tecnologia, ao analisar o avanço dos sistemas de lançamento, satélites e missões tripuladas; e na Física, ao explorar conceitos de órbita, propulsão e gravidade.
(LD6C) - 12:  Descrição da Imagem: “Representação esquemática da sombra projetada por uma vareta no início da manhã, ao meio-dia e no fim da tarde.” (página 30)	Nestas imagens temos a representação da sombra projetada por uma vareta durante a manhã, ao meio dia e tarde. Entretanto, é possível perceber na primeira imagem, na qual está representando a sombra pela manhã, que o sol estaria a nascer na direção Oeste, quando na verdade o sol nasce na direção Leste, logo a representação da sombra também se encontra equivocada. Já a terceira imagem, na qual está representando a sombra pela tarde, o sol estaria a se pôr na direção Leste, quando na verdade o sol se põe na direção Oeste, logo a representação da sombra também se encontra equivocada. Dessa maneira, ainda vale destacar que tanto a imagem quando o texto que a acompanha, não traz em nenhum momento informações sobre latitude a qual a imagem pode está sendo representada, uma vez que a questão da latitude está diretamente relacionada a projeção da sombra da vareta, pois a depender da localização a sombra projetada pode está mais afastada ou bem próxima da vareta.
(LD6C) - 13:	Nesta imagem da questão 3 de uma atividade, temos a representação da órbita elíptica do planeta terra muito achatada, quando na verdade sua órbita é uma elipse tão sutil que é quase uma circunferência. Também é possível ver outro erro conceitual, a representação da terra vista de uma visão equatorial, em que o ideal seria sua

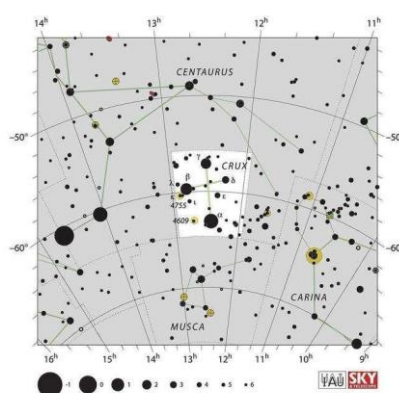
 Pedro estava ajudando Marina a compreender por que existem as estações do ano. Para isso, ele fez um desenho para explicar a trajetória da Terra ao redor do Sol.  FORA DE PROPORÇÃO E DISTÂNCIAS  CORES FANTASIA  3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes discordem da afirmação de Pedro. Pedro disse: “Marina, quando a Terra se aproxima do Sol, fica muito quente e é verão. Já quando a Terra está longe, é inverno”. O que você acha da explicação de Pedro? Revise o que você estudou dos movimentos (página 41)	representação vista de uma visão polar. De acordo com Sobreira e Ribeiro (2023, p. 109) “[...] Tal erro faz com que a órbita de translação da Lua em torno da Terra esteja representada nesta figura passando pelos pólos geográficos da Terra, o que está errado”.
(LD6G) - 14:  Elaborado com base em: IBGE. Atlas geográfico escolar. 7. ed. Rio de Janeiro, 2016. p. 9. Descrição da Imagem: “Os planetas e os demais corpos celestes do Sistema Solar são mantidos nesse sistema devido à forte atração exercida pela gigantesca massa do Sol em relação aos demais astros.” (Página 43)	Essa imagem traz a representação de todos os “corpos” do sistema solar, mais um erro é observado, na imagem não é representado o Cinturão de Kuiper, que fica após a órbita de Netuno. Outra imprecisão nesta imagem está relacionado a representação de pequenas estrelas entre as órbitas dos planetas, para dá um aspecto de profundidade, mas isso pode levar os estudantes a entenderem que as estrelas são bem menores que os planetas. Segundo Langhi e Nardi (2007), é comum nos livros a representação de estrelas entre as órbitas dos planetas no sistema solar, mas o aluno poderá formar o conceito de que estrelas são menores que planetas e que se localizam em suas órbitas, como está na ilustração do livro didático.
(LD9C) - 15:	Na imagem não é possível ver a representação da quinta estrela, Intrometida (ϵ - <i>Epsilon Crucis</i>), porém, se está sendo representada deveria ganhar maior destaque, uma vez que também é importante para a identificação da constelação do Cruzeiro do Sul e do ponto cardeal Sul. Cabe destacar que a imagem não retrata a questão das magnitudes das estrelas e muito menos as diferentes cores que cada estrela



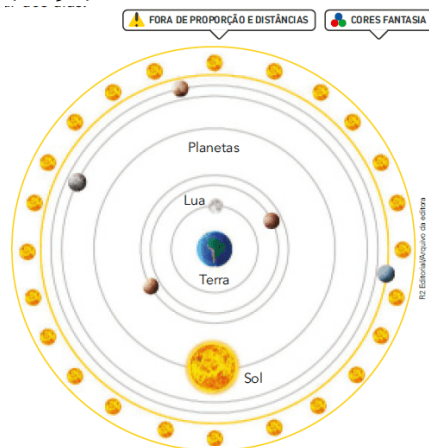
Descrição da Imagem: “As quatro estrelas principais que compõem o asterismo do Cruzeiro do Sul: Alpha, Beta, Gamma e Delta Crucis. Esse asterismo é utilizado para identificar o ponto cardeal sul.” (Página 229)

possui. Pois a grande maioria das estrelas, principalmente as que estão representando a constelação, tem o mesmo tamanho e intensidade de brilho.

Na imagem abaixo, temos a representação oficial da constelação do Cruzeiro do Sul de acordo com o IAU. Veja que *Alpha Crucis* (α) tem a maior magnitude da constelação, aproximadamente 0,77, enquanto a questão de cores, a *Gamma Crucis* (γ) tem sua coloração mais avermelhada.



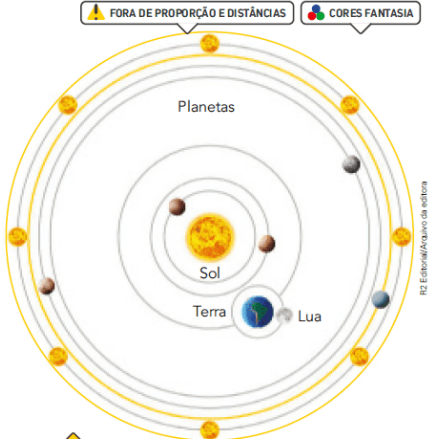
(LD9C) - 16:



Descrição da Imagem: “As observações do movimento aparente dos astros no céu contribuíram para a concepção do modelo geocêntrico, no qual a Terra está no centro do Universo e todos os demais astros movem-se ao redor dela.” (Página 247)

Nesta imagem está sendo representado o modelo geocêntrico, mas é possível ver a representação da terra vista de uma visão equatorial, onde o ideal seria sua representação vista de uma visão polar. Na imagem percebe-se a América do Sul na terra.

De acordo com Sobreira e Ribeiro (2023, p. 109) “O disco ou volume da Terra está representado a partir da visão Equatorial, ela devia ser representada a partir da visão polar. Tal erro faz com que a órbita de translação da Lua em torno da Terra esteja representada nesta figura passando pelos pólos geográficos da Terra, o que está errado”.

(LD9C) - 17:  Descrição da Imagem: “O modelo heliocêntrico de Copérnico considera o Sol no centro do Universo e os planetas movendo-se em trajetórias circulares ao redor dele. Por esse modelo, a Lua move-se em trajetória circular ao redor da Terra.” (Página 250)	Nesta imagem está sendo representado o modelo heliocêntrico, mas é possível ver novamente a representação equivocada da terra. As considerações seguem as mesmas da imprecisão 16.
(LD9C) - 18: JÚPITER Distância do Sol: 5,203 UA Diâmetro: 142 984 km Período de translação: 11,86 anos terrestres Período de rotação: 9 h 48 min Inclinação do eixo de rotação: 3° Satélites naturais conhecidos: 79 SATURNO Distância do Sol: 9,539 UA Diâmetro: 120 536 km Período de translação: 29,46 anos terrestres Período de rotação: 10 h 12 min Inclinação do eixo de rotação: 27° Satélites naturais conhecidos: 62 (Página 259)	Esses textos trazem alguns dados sobre os planetas, porém a informação sobre a quantidade de satélites naturais que os planetas Júpiter e Saturno tem, está completamente desatualizada. Atualmente, (até o momento da revisão deste artigo para publicação) Júpiter tem aproximadamente 95 luas, enquanto Saturno tem aproximadamente 146 luas, não apenas 79 e 62 luas respectivamente. Além disso, o LD não traz nenhuma informação que esses dados são relacionados até o momento de publicação do livro. De acordo com Langhi e Nardi (2007), os livros trazem informações desatualizadas e errôneas em relação aos satélites naturais, e além disso, não deixam nenhuma observação que aquele número é conhecido até a data da publicação do livro, e por isso o número tende aumentar com as novas descobertas.

Quadro 4. Imprecisões categorizadas como Falha Conceitual Grave encontradas nos LDs.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O Quadro 4 apresenta as impressões que foram categorizadas como falha conceitual grave, que engloba erros completamente equivocados, as quais foram encontradas nos LDs. Diante disso, observa-se através do quadro que, na sua maioria, os erros para essa categoria tem uma presença significativa em imagens, principalmente em representações da terra, do sistema solar e de constelações. Além disso, erros graves também foram identificados em textos, como o equívoco sobre os fatos históricos do avanço da astronomia e a desatualização no número de satélites naturais dos planetas.

De modo geral, os Quadros 3 e 4 acima apresentam uma série de erros conceituais significativos, identificados tanto nos textos quanto nas imagens relacionadas à astronomia, evidenciando a necessidade de adaptações e de maior atenção à persistência desses equívocos. Dessa maneira, a presença de erros conceituais nos LDs analisados sugere uma falha sistemática na revisão e validação dos conteúdos antes da aprovação dos livros pelo PNLD. Essa situação é alarmante, pois os LDs são ferramentas fundamentais para a educação, e a presença de erros conceituais, como identificados nesta análise, comprometem a aprendizagem dos alunos, levando a uma compreensão equivocada de temas científicos.

Dessa maneira, a análise aponta que tanto as ilustrações quanto as definições, que deveriam facilitar a compreensão, muitas vezes trazem informações errôneas e incompletas, como a representação da Terra e a definição de constelação encontradas nesta análise. Além disso, outro ponto crítico é a falta de atualização das informações, especialmente em relação ao número de satélites naturais e características dos planetas, como identificados também nesta análise. Tal desatualização nos conteúdos é preocupante, pois a astronomia é uma ciência em constante evolução, e o ensino deve refletir as descobertas mais recentes para proporcionar um ensino adequado aos alunos.

Nesse sentido, os dados obtidos evidenciam a necessidade de uma revisão rigorosa dos materiais didáticos utilizados nas escolas, com a colaboração de profissionais da área, como astrônomos, para garantir que os conteúdos apresentados nos LDs sejam corretos, atualizados e que promovam uma compreensão adequada dos fenômenos astronômicos.

Ainda de acordo com os Quadros 3 e 4 acima apresentados, no total, foram detectados 18 erros conceituais. Desses, 7 estão relacionados às constelações, 4 com às representações do sistema solar, 3 envolvem satélites naturais, 2 referem-se aos pontos cardeais, 1 está associado aos eclipses e 1 erro corresponde a um fato histórico relevante na astronomia. De modo geral, os erros mais comuns incluem definições incompletas, representações incorretas e informações desatualizadas ou imprecisas.

A partir disso, observa-se também que 50% dos erros conceituais (9 erros) foram encontrados nos textos, evidenciando a necessidade de maior rigor à precisão e à fidelidade das informações relacionadas à astronomia nos livros didáticos. Além disso, 44,5% dos erros (8 erros) estavam presentes em imagens, o que reforça a importância do cuidado com representações visuais, que desempenham um papel crucial na compreensão dos conceitos astronômicos. Por fim, 5,5% dos erros (1 erro) foram encontrados em atividades, o que sugere que, de maneira geral, as propostas de atividades estão bem elaboradas e revisadas.

Conforme apresenta os Quadros 3 e 4, a categoria "Falha Conceitual", que se refere a erros parciais em que a informação está parcialmente correta, representa 55,5% dos casos (10 erros). Em contrapartida, a categoria "Falha Conceitual Grave", que engloba erros completamente equivocados, corresponde a 44,5% (08 erros). Embora o número de erros parciais seja superior, a quantidade de erros graves também é significativa, evidenciando a relevância dessas falhas conceituais no material analisado.

5. CONCLUSÕES

A partir da análise realizada é possível observar que a maioria dos erros identificados nos Livros Didáticos são de caráter conceitual, seguidos por um quantitativo relevante de erros em imagens, e uma menor incidência em atividades. Esses erros conceituais, em sua maioria, abordam informações parcialmente corretas e totalmente equivocadas. Nesse sentido, destaca-se a importância dos professores de Geografia, Ciências e outras áreas do conhecimento manterem-se atentos e criteriosos na seleção dos conceitos e imagens relacionados à astronomia para o uso em sala de aula. As inconsistências apontadas neste estudo, se não forem devidamente mapeadas e

corrigidas, podem prejudicar a compreensão dos estudantes acerca do mundo e do meio em que vivem.

Além dos erros conceituais, os LD analisados apresentam outras deficiências, como o uso de imagens desproporcionais ou com cores irreais, com advertências vagas e sem explicações detalhadas no texto. Embora os livros recomendem atividades práticas, como experimentos simples com materiais acessíveis, não incentivam a observação astronômica a olho nu ou por meio de softwares para, por exemplo, realizar a identificação de constelações, o que limita o engajamento ativo dos alunos. Dessa forma, os conteúdos são apresentados de maneira fragmentada, e os textos sobre astronomia são tratados superficialmente, sem o aprofundamento necessário para facilitar a compreensão dos alunos.

Embora o Livro Didático deva ser um recurso complementar para o professor, a superficialidade dos conceitos de astronomia, combinada com a formação limitada dos educadores nessa área e a sobrecarga de trabalho, contribui para a negligência desses temas em sala de aula. Outro aspecto crítico evidenciado na análise é a ausência de uma abordagem interdisciplinar dos conteúdos astronômicos, apesar de a astronomia estar intrinsecamente ligada a diversas áreas do conhecimento. Essa falta de interdisciplinaridade pode ser justificada pela superficialidade com que os conceitos astronômicos são abordados.

Nesse sentido, sugere-se que abordagens e discussões sobre a interdisciplinaridade sejam fomentadas, não somente no contexto da formação de professores, mas também nas legislações vigentes, principalmente no que se refere a implementação da BNCC nos currículos escolares, haja vista que este documento indica uma abordagem de ensino interdisciplinar, isso pode ser percebido quando apresentam unidades temáticas como proposta de desenvolvimento dos currículos das diferentes áreas do conhecimento. Assim, faz-se necessário uma discussão mais aprofundada sobre a temática com os atores do processo de constituição dos currículos, dos LD e dos formadores de professores.

Este estudo também serve como um alerta sobre a confiança excessiva que muitas vezes é depositada nos livros didáticos aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). Conforme evidenciado, esses materiais podem conter uma quantidade significativa de erros conceituais e de

representação, tanto parciais quanto completos, o que revela uma possível falta de rigor técnico e pedagógico, no processo de avaliação das obras submetidas ao edital do PNLD. É possível também que isso tenha ocorrido em virtude de que até o edital de 2022 era permitido que professores de áreas do conhecimento diferentes da abordada no LD poderiam ser avaliadores deste livro, desde que fosse docente do magistério superior com formação na área de Ensino, por exemplo, um docente licenciado em química e doutor em educação poderia avaliar um livro para o ensino fundamental de língua portuguesa.

Isso mudou no último edital lançado em 2024, agora apenas professores com formações nas respectivas áreas do conhecimento ao qual o livro se vincula podem realizar a avaliação do mesmo, este pode ser considerado um avanço e, pode ser indicado também como uma possibilidade de minimização de erros conceituais. Nesse sentido, enfatiza-se que essa e outras medidas que aumentem o rigor avaliativo do PNLD devem ser fomentadas e mantidas.

A presença de erros conceituais em astronomia nos LD não é um fenômeno isolado, estudos como o de Sobreira e Ribeiro (2023) também constataram que todas as coleções de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovadas no PNLD 2021 continham um total de noventa e três erros conceituais em textos e ilustrações de Astronomia.

Assim como evidenciado neste estudo, é imprescindível manter análises contínuas e rigorosas dos livros didáticos que abordam astronomia, a fim de evitar a disseminação de erros conceituais e visuais. Para minimizar tais problemas, recomenda-se que o MEC e as editoras ampliem o rigor nos processos de revisão, envolvendo especialistas da área, alinhando o conteúdo às diretrizes da BNCC e incorporando atividades que estimulem observações astronômicas e abordagens interdisciplinares. Essas medidas podem contribuir para elevar a qualidade do material didático e aprimorar a formação científica dos estudantes.

REFERÊNCIAS

- Amaral, P., & Oliveira, C. E. Q. V. de. (2011). ASTRONOMIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS: UMA ANÁLISE DO PNLD 2008. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (12), 31–55. Acessado em 20 de jun. de 2024, de <https://doi.org/10.37156/RELEA/2011.12.031>

- Artuso, A. R., et al. (2022). *Sou + Ciências: 6º ano*. (1ª ed.). São Paulo: Scipione.
- Artuso, A. R., et al. (2022). *Sou + Ciências: 9º ano*. (1ª ed.). São Paulo: Scipione.
- Artuso, A. R., et al. (2022). *Sou + Ciências: 8º ano*. (1ª ed.). São Paulo: Scipione.
- Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa, Edições 70.
- Bizzo, N., et al. (1996). Graves erros de conceito em livros didáticos de ciência. *Ciência Hoje*, 121(21), 26-35.
- Branco, A. L., Prado, B. S., & Campos, E. (2022). *Teláris Essencial: Geografia: 6º ano*. (1ª ed.). São Paulo: Ática.
- Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2017
- Brasil (2022). FNDE. *Edital de convocação nº 1/2022*. CGPLI Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o Programa Nacional do Livro e do Material Didático PNLD 2024-2027. Acessado em 26 de junho de 2024, de <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/consultas-editais/editais/pnld-2024-2027/EditalPNLD20249Retificao.pdf>.
- Brasil. MEC - Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. (2024). Programa Nacional do Livro Didático 2024. Guia de livros didáticos 1ª a 4ª Séries (Vol. 2). Brasília: MEC. Acessado em 25 de jun. de 2024 de <http://www.mec.gov.br/sef/fundamental/ftp/volume2.pdf>
- Canalle, J. B. G., Trevisan, R. H., & Lattari, C. J. B. (1997). Análise do conteúdo de astronomia de livros de geografia de 1º grau. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 14(3), 254–263. Acessado em 28 de jun. de 2024, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6983>
- Detregiachi, C. R. P.; Arruda, M. S. P. de. (2003). Proposta de um instrumento de análise de livros didáticos de ciências. *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Marília, SP, Brasil.
- Hansen, T. R., & Zambon, L. B. (2021). O ensino de Astronomia na formação de professores: uma investigação acerca dos componentes curriculares em cursos de licenciatura em Física de IES gaúchas. *Anais da VII Escola*

de inverno de Educação Matemática e I Escola de inverno de Ensino de Física, Santa Maria, RS, Brasil, 7.

IAU. (2018) <https://www.iau.org/public/themes/constellations/brazilian-portuguese/>. Acessado em 13/08/2024.

Langhi, R. (2009). *Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores*. (Tese de Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru.

Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87-111. Acessado em 25 jun. de 2024, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055>

Leite, C.; Hosoume, Y. Astronomia nos livros didáticos de Ciências – Um panorama atual. In: *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2005, Rio de Janeiro, RJ. Anais - internet. São Paulo, SP: SBF, 2005. Acessado em 25 jun. de 2024, de <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/TO225-1.pdf>.

Ludke, M.; André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.

Marrone Júnior, J., & Trevisan, R. H. (2009). Um perfil da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26(3), 547-574. Acessado em 24 jun. de 2024, de <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2009v26n3p547>

Minayo, M. C. de S. (1997). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 7ª ed. Petrópolis. Vozes.

Mourão, R. R. F. (1998). *Da Terra às galáxias: uma introdução à astrofísica*. Rio de Janeiro, Vozes.

NASA. (2014) <https://www.nasa.gov/learning-resources/for-kids-and-students/what-is-a-satellite-grades-5-8/#:~:text=A%20satellite%20is%20a%20moon,or%20another%20body%20in%20space>. Acessado em 13/08/2024.

Rhoden, F. H.; Pauletti, D. (2015). Análise Conceitual E Didática Dos Conteúdos De Astronomia Apresentados Em Livros de Ensino

Fundamental. *Repositório Digital UFFS*. Acessado em 25 jun. de 2024, de rd.uffs.edu.br/handle/prefix/603

Sobreira, P. H. A.; Machado Ribeiro, J. P. . (2023). Erros conceituais de Astronomia em livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias - PNLD 2021. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (35). Acessado em 26 jun. de 2024, de <https://doi.org/10.37156/RELEA/2023.35.005>

Trevisan, R. H.; Lattari, C. J. B., & Canalle, J.B. (1997). Assessoria na Avaliação dos livros de Ciências do Primeiro Grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(1), 7 - 15. Acessado em 27 jun. de 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165852>

Zanatta, S. C.; Weberling, B. S. & De Carvalho, H. A. P. (2021). Os Conteúdos de Astronomia dos Livros Didáticos. *Revista Valore*, 6, 1697-1706. Acessado em 27 jun. 2024, de <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/908>



POTENCIALIDADES DO “GUIA MANGÁ: UNIVERSO” COMO FERRAMENTA DIDÁTICA À LUZ DA TEORIA CRÍTICA DE PAULO FREIRE

Marcos Orso da Fonseca¹
Michel Corci Batista²

RESUMO: Costumeiramente lidos com cunho lúdico para lazer, os mangás vem abordando uma vasta gama de assuntos e chegando mesmo a intenções educativas. Por isso, o objetivo deste trabalho é investigar as potencialidades didáticas do guia mangá “Universo” à luz da teoria crítica de Paulo Freire. Este trabalho é de natureza básica, tem abordagem qualitativa, possui objetivos exploratórios, utiliza de procedimentos de análise documental, de modo que os dados são analisados com base na pedagogia crítica de Paulo Freire. Os dados encontrados evidenciam que as potencialidades deste instrumento tornam viável o uso na educação formal brasileira como forma de alcançar uma alfabetização científica crítica que se valha das dimensões técnica, política e epistemológica do conhecimento astronômico. Ao passo que os níveis de ensino vão subindo, o mangá vai se articulando com os conteúdos e a profundidade necessária, podendo também ser superada pelo encaminhamento didático do educador até os cursos de graduação.

PALAVRAS-CHAVE: Literatura; Interdisciplinaridade; Leitura; História da ciência; Filosofia da ciência.

EL POTENCIAL DE LA "GUÍA MANGA: UNIVERSO" COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA A LA LUZ DE LA TEORÍA CRÍTICA DE PAULO FREIRE

RESUMEN: A menudo leído como un juego de láser, el manga viene abordando temas muy diversos e incluso tiene intenciones educativas. El objetivo de este trabajo es, por tanto, investigar el potencial didáctico de la guía manga "Universo" a la luz de la

¹ Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, Paraná, Brasil.
marcosorsoo3@gmail.com

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão – UTFPR,
Campo Mourão, Paraná, Brasil. profcorci@gmail.com

teoría crítica de Paulo Freire. Este trabajo es de carácter básico, tiene un enfoque cualitativo, objetivos exploratorios y utiliza procedimientos de análisis documental, por lo que los datos se analizan a partir de la pedagogía crítica de Paulo Freire. El potencial de esta herramienta hace viable su uso en la educación formal brasileña como forma de lograr una alfabetización científica crítica que se nutra de las dimensiones técnicas, políticas y epistemológicas del conocimiento astronómico. A medida que suban los niveles de enseñanza, el manga se articulará con el contenido y la profundidad necesarios, pudiendo también ser superado por el abordaje didáctico del educador en los cursos de grado.

PALABRAS-CLAVE: *Literatura; Interdisciplinariedad; Lectura; Historia de la Ciencia; Filosofía de la Ciencia.*

THE POTENTIAL OF THE "MANGA GUIDE: UNIVERSE" AS A TEACHING TOOL IN THE LIGHT OF PAULO FREIRE'S CRITICAL THEORY

ABSTRACT: *Usually read as a laser game, manga have been tackling a wide range of subjects and even have educational intentions. The objective of this work is therefore to investigate the didactic potential of the manga guide "Universe" in the light of Paulo Freire's critical theory. This work is of a basic nature, has a qualitative approach, has exploratory objectives, uses documentary analysis procedures, so that the data is analyzed based on Paulo Freire's critical pedagogy. The potential of this tool makes it feasible to use in Brazilian formal education as a way of achieving critical scientific literacy that draws on the technical, political and epistemological dimensions of astronomical knowledge. As the levels of education go up, the manga will be articulated with the necessary content and depth, which can also be overcome by the educator's didactic approach to undergraduate courses.*

KEYWORDS: *Literature; Interdisciplinarity; Reading; History of Science; Philosophy of Science.*

1. INTRODUÇÃO

Os mangás são um gênero literário originário do Japão com suas raízes no século XVII por meio do Oricom Shohatsu (Teatro das Sombras). Na contemporaneidade, esse gênero se espalhou pelo mundo e ganhou fãs de todas as faixas etárias, gêneros e etnias, haja vista que sua modalidade de escrita é desenvolvida por meio de quadrinhos desenhados sem cores, ou seja, mantendo apenas os contrastes entre preto, branco e tons de cinza.

Costumeiramente lidos com cunho lúdico para lazer, os mangás vêm abordando uma vasta gama de assuntos e chegando mesmo a intenções

educativas. Isso pode ser visto na coleção “Guia mangá” produzidos pela empresa Ohmsha e no Brasil adaptados pela editora Novatec que perpassam desde química orgânica à estatística passando por temas como circuitos elétricos e Astronomia. Quanto a esta última temática, o guia mangá Universo constitui um rico material para o desenvolvimento de seu ensino, pois adentra muitos campos dessa ciência que compõem o currículo da Educação Básica.

Entretanto, pensando que toda ação educativa preconiza uma teoria que a alicerça, é necessário pensar este material a luz de um referencial teórico. Nesse sentido, é possível pensar quais as potencialidades do guia mangá Universo para desenvolver um pensamento científico crítico?

Essa questão se mostra pertinente pois, como aponta Freire (2020), os conteúdos da educação possuem uma dualidade iminente, são tanto de natureza técnica (ciência pura) quanto de natureza ideológica (aplicação social). Assim, materializa-se o objetivo de investigar as potencialidades didáticas do guia mangá “Universo” à luz da teoria crítica de Paulo Freire.

2. A PEDAGOGIA CRÍTICA DE PAULO FREIRE

Paulo Freire foi o precursor mundial da pedagogia crítica, um movimento que, contrapondo-se às suas predecessoras, entende a educação como um meio para atingir a mudança social, e não uma mera ferramenta para adequação dos sujeitos às estruturas sociais vigentes, ao status quo.

A questão crítica se relaciona de diversos modos com a práxis freiriana, seja na concepção de educação como ferramenta de mudança social, seja por entender a educação como um ato iminentemente político, ou também (em consonância com os outros dois aspectos) por buscar a transformação da consciência dos educandos para alcançar a consciência crítica (Freire, 2016; 2020; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d; 2021e; 2021f; 2021g; 2021h; 2021i; 2022a; 2022b; 2022c; 2022d; 2022e; 2022f; 2022g; 2022h; 2022i; Freire; Faundez, 2021; Freire; Macedo, 2023; Freire; Guimarães, 2011; 2020; 2021a; 2021b; 2021c; 2022). Como o próprio autor verbaliza, a consciência crítica apresenta algumas características básicas:

1. Anseio de profundidade na análise de problemas. Não se satisfaz com as aparências. Pode-se reconhecer desprovida de meios para a análise do problema.
2. Reconhece que a realidade é mutável.
3. Substitui situações ou explicações mágicas por princípios autênticos de causalidade.

4. Procura verificar ou testar as descobertas. Está sempre disposta às revisões.
5. Ao se deparar com um fato, faz o possível para livrar-se de preconceitos. Não somente na captação, mas também na análise e na resposta.
6. Repele posições quietistas. É intensamente inquieta. Torna-se mais crítica quanto mais reconhece em sua quietude a inquietude, e vice-versa. Sabe que é na medida que é e não pelo que parece. O essencial para parecer algo é ser algo; é a base da autenticidade.
7. Repele toda transferência de responsabilidade e de autoridade e aceita a delegação das mesmas.
8. É indagadora, investiga, força, choca.
9. Ama o diálogo, nutre-se dele.
10. Face ao novo, não repele o velho por ser velho, nem aceita o novo por ser novo, mas aceita-os na medida em que são válidos (Freire, 2021g, p. 53-54).

Entretanto, na teoria freiriana, todas essas características se somam ao caráter político da educação para um movimento de desvelamento da realidade, a busca pelas razões de ser dos fatos. E, nesse sentido, é necessário perfazer o domínio da ideologia para que seja possível alcançar o processo de conscientização que antecede a práxis, a prática iluminada pela teoria. Como alude o educador:

A conscientização é mais que uma simples tomada de consciência, pressupondo ao mesmo tempo a superação "da falsa consciência", ou seja, de um estado de consciência semi-intransitiva ou transitivo-ingênua e uma melhor inserção crítica da pessoa conscientizada numa realidade desmitificada.

Por isso, a conscientização é um projeto impossível de ser realizado pela direita, que é, por natureza, incapaz de ser utópica, não podendo, portanto, praticar uma forma de ação cultural que levaria à conscientização. Não pode haver conscientização das pessoas sem uma denúncia radical das estruturas desumanizadoras, unida à proclamação de uma realidade nova que os homens podem criar. A direita não pode se desmascarar, nem dar ao povo os meios de desmascará-la mais do que ela desejaria. Quando a consciência popular se

esclarece, a própria consciência dela aumenta, mas essa forma de conscientização não pode se transformar numa práxis que conduz à conscientização das pessoas. Não pode haver conscientização sem denúncia das estruturas injustas, e isso não pode ser esperado da direita. Também não é possível haver conscientização popular para a dominação. É tão somente para a dominação que a direita inventa novas formas de ação cultural (Freire, 2016, p. 146-147).

Todo esse processo almejado na pedagogia crítica e emancipadora de Paulo Freire são levadas também para o âmbito da ciência e da Educação científica, pois, os processos de mitificação, portanto de distorção e ocultamento da realidade, também podem estar presentes aqui, haja vista a politicidade inerente à vida humana.

Ao longo da História se impôs a mulheres e homens, por exemplo, a necessidade de ter certezas em torno do mundo. Certezas contra-arrestadas por dúvidas.

A tal ponto esta necessidade se impôs aos seres humanos que a sua ausência era obstáculo à convivência humana. Uma das características da modernidade, decorrente da cientificidade que se alongou em cientificismo, foi a mistificação da certeza. **O pensamento científico instaurou dogmaticamente a certeza demasiado certa na certeza.** Como a religiosidade antes havia dogmatizado sua certeza.

Métodos rigorosos para a aproximação e apreensão do objeto mitificaram a certeza, antes de qualidade diferente, na ausência da rigorosidade metódica. Foi esta rigorosidade metódica ou sua mitificação, ou também a mitificação da maior exatidão dos achados, na modernidade, que negou a importância dos sentidos, dos desejos, das emoções, da paixão nos procedimentos ou na prática de conhecer.

Entendo, por outro lado, que, assim como houve progressistas e retrógrados na antiguidade, na modernidade, também os há na pós-modernidade. Há uma forma reacionária de ser pós-moderno como há uma forma progressista de sê-lo.

A pós-modernidade não está isenta dos conflitos, por conseguinte, das opções, das rupturas, das decisões (Freire, 2020, p. 199, grifo nosso).

Nesse sentido, a busca por uma ciência e uma educação científica consciente e crítica de si mesma é um fundamento para se adentrar na busca por conhecer o conhecimento científico e sua pedagogia.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo é de natureza básica, tem abordagem qualitativa, possui objetivos exploratórios, utiliza de procedimentos de análise documental, de modo que os dados são analisados com base na literatura de Paulo Freire.

A abordagem da pesquisa qualitativa tem por meio buscar características e apreensões do fenômeno que conservam sua complexidade de relações, ou seja, é um olhar para dimensões que pertencem ao âmbito histórico, social, político, ideológico e cultural (Zanella, 2011; Creswell, 2014; Dourado; Ribeiro, 2021). Dourado e Ribeiro afirmam que

as pesquisas qualitativas, mesmo tendo objetos empíricos bem recortados, são capazes de apresentar propriedades recorrentes entre casos aparentemente muito particulares. Questões listadas como individuais passam a ser conhecidas como fenômenos sociais que merecem atenção pois possuem, na verdade, uma ordem pública e coletiva que colaboram para compreender contextos históricos e sociais (Dourado; Ribeiro, 2021).

Já o caráter de pesquisa documental se justifica pelo material que dá base para constituição dos dados, ou seja, o modo pelo qual eles são materializados, neste caso, um mangá, um livro de literatura que possui as configurações de um documento escrito (Cellard, 2008; Kripka; Scheller; Bonotto, 2015; Cechinel, *et al.*, 2016; Fontana; Pereira, 2021). O “guia mangá Universo”, de autoria de Kenji Ishikawa (2012), é um material produzido no Japão e adaptado para o público brasileiro, conservando a maioria das características pertencentes a este gênero literário.

Sendo uma pesquisa de objetivos exploratórios, o corpus teórico examinado tem por intenção ser uma breve representação do todo contido no material sem a pretensão de exaurir o seu conteúdo por meio do processo analítico.

Assim, estruturado os recortes alvo da análise e inferências, estes últimos procedimentos são realizados tendo como alicerce a teoria crítica de Paulo Freire (Freire, 2016; 2020; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d; 2021e; 2021f; 2021g; 2021h; 2021i; 2022a; 2022b; 2022c; 2022d; 2022e; 2022f; 2022g; 2022h; 2022i; Freire; Faundez, 2021; Freire; Macedo, 2023; Freire; Guimarães, 2011; 2020; 2021a; 2021b; 2021c; 2022; Fonseca, Batista, 2023). Coerente com a literatura e a proposta dialógica deste autor, são desenvolvidos diálogos com

outras vozes que ressoam acerca da forma e dos conteúdos do material analisado. Alguns dos diálogos traçados se dão no campo epistemológico de modo tanto a justificar quanto complementar a perspectiva freiriana tendo como eixo as relações entre linguagem e pensamento, ciência e sociedade, conhecimento e ensino. Por isso as análises são tão verdadeiramente freirianas quanto se torna possível dialogar intencionalmente com autores e perspectivas que podem conduzir ao Ser Mais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao narrar a história da Kanna, Yamane e da intercambista Glória em busca de uma história para seu grupo de teatro apresentarem no Festival de artes do colégio Kouki, onde cursam o Ensino Médio, o enredo do Guia Mangá Universo caminha pelas diversas áreas, conteúdos e conceitos da Astronomia. Produzido com objetivos didáticos, o material se configura como recurso paradidático voltado ao ensino de Ciências Naturais, mais precisamente à Educação em Astronomia.

Sabendo que a Astronomia possui uma natureza interdisciplinar já explorada na literatura, é de se conceber que os materiais que versam sobre essa ciência devem abranger e corresponder tal natureza. Neste sentido, o guia Mangá do Universo explora em larga escala as potencialidades interdisciplinares desta ciência com as demais áreas do conhecimento. Não coincidentemente Elias e Fonseca (2021) inferem que

[...] a Astronomia engloba conceitos que dizem respeito a todas as ciências da natureza, desde a Química — a qual atua junto à Astronomia permitindo-lhe a compreensão da composição dos astros e corpos celestes, sua interação interna, dentre as mais ricas possibilidades de estudos; a Física — da qual se contempla o estudo dos movimentos dos corpos, como a gravidade atua desde pequenos cometas aos colossais buracos negros; e a Biologia — onde ela encontra suas raízes, as possíveis explicações para o início da vida no universo e a interação dela com o cosmos. Fora as demais áreas do conhecimento que podem interagir significativamente no processo de ensino de Astronomia, como História, Geografia, Educação Artística, entre outras. Desta forma, a Astronomia fomenta espaço interdisciplinar dentro do ensino, seja entre componentes curriculares ou entre áreas do conhecimento (Elias; Fonseca, 2021 p. 36).

O material, explorando as inter-relações, apresenta discussões que perpassam Astrofísica, Astrobiologia, Astroquímica, Cosmologia, Astrometria,

Planetologia, Filosofia da Ciência, História da Astronomia e a Astronomia em diversas culturas. Alguns assuntos que podem ser citados e cujo material dá cabo como meio para aprendizagem são: geocentrismo e heliocentrismo; composição do Sistema Solar; forma e estrutura das galáxias; origem e expansão do Universo; forma e estrutura do Universo; a vida no Cosmo; os planetas do Sistema Solar; ótica aplicada à Astronomia; cálculo da circunferência terrestre, etc. Em meio à ampla quantidade de conteúdos e assuntos abordados no mangá, é importante colocar que ele não dá cabo da apresentação ou explicação das constelações, um conteúdo a ser perpassado pela educação formal, principalmente na transição entre os Anos Iniciais e Anos Finais do Ensino Fundamental.

A abordagem apresentada pelo mangá tem uma relação com as perspectivas e discussões mais atuais no campo da educação em ciências, como a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ou correlatas, o uso da história da ciência para a didática desse campo, a epistemologia da ciência como meio para reaproximação de ciência e Filosofia, etc. Porém, é notável que o eixo da proposta do material se concentra na intersecção entre ciência e literatura, propiciando o gosto tanto pela ciência quanto pela leitura literária.

Uma narrativa literária e que se preocupa com a maior rigorosidade científica possível no tempo histórico no qual é produzida se mostra como uma ferramenta poderosa para a o ensino de ciências e Educação em Astronomia. A riqueza que as imagens não apenas durante a narrativa, mas também na exploração dos conceitos científicos proporciona uma experiência imersiva com um manual científico com linguagem acessível e compreensível ao grande público. Todavia, há de se pensar na diretividade docente, pois, tais riquezas e potencialidades não devem ser empregadas apenas como recurso lúdico, ainda que exista tal aspecto. Como aponta Freire (2022a):

De fato, ler, como um ato de estudar, não é um simples passatempo, mas uma tarefa séria, em que os leitores procuram clarificar as dimensões opacas de seu estudo.

Desta forma, ler é reescrever e não memorizar os conteúdos da leitura. Devemos superar a ingênua compreensão do ato de ler e de estudar como um ato de "comer". Do ponto de vista desta falsa concepção que, como Sartre, poderemos chamar de "concepção nutricionista do conhecimento", aqueles que leem e estudam devem fazê-lo para tornar-se "intelectualmente gordos". Daí o uso de expressões como "fome de conhecimento", "sede de saber", ter ou não "apetência pelo saber".

É a mesma falsa concepção que se encontra iluminando a prática educacional como um ato de transferência de

conhecimento. Em tal prática, os educadores são os possuidores do conhecimento, enquanto os educandos são como se fossem "vasilhas vazias" que devem ser enchidas pelos depósitos dos educadores. Desta forma, os educandos não têm por que perguntar, questionar, desde que sua atitude não pode ser outra senão a de receber, passivamente, o conhecimento que os educadores neles depositam.

Se o conhecimento fosse algo estático e a consciência alguma coisa vazia, ocupando um certo espaço no corpo, a prática educacional referida estaria correta. Mas não é esse o caso. O conhecimento não é essa coisa feita e acabada e a consciência é "intencionalidade" ao mundo.

Ao nível humano, o conhecimento envolve a constante unidade entre ação e reflexão sobre a realidade. Como presenças no mundo, os seres humanos são corpos conscientes que o transformam, agindo e pensando, o que os permite conhecer ao nível reflexivo. Precisamente por causa disso podemos tomar nossa própria presença no mundo como objeto de nossa análise crítica. Daí que, voltando-nos sobre as experiências anteriores, possamos conhecer o conhecimento que nelas tivemos (Freire, 2022a, p. 142-143, grifos nossos).

Nesse sentido, é imprescindível recuar alguns graus na compreensão do material analisado neste estudo não única e meramente no âmbito técnico ou político, mas também na teoria do conhecimento que baliza sua aplicação. Afinal, o Guia mangá Universo, assim como qualquer outro recurso didático ou paradidático, ainda que tenha sido construído balizado por meio de uma teoria específica do conhecimento, ou não se tenha preocupado com esta questão, o que fazer do educador em sala moldará como e até onde seu manuseio pode chegar na questão do conhecer.

O que se infere, então, é que, pautando-se na teoria de Paulo Freire, essa ferramenta perpassaria um momento de aprendizagem criativo e rigoroso para a apreensão de conhecimentos científicos e sua posterior (re)criação. Doravante, há de se entender que o mangá enquanto possível ferramenta educativa, é aqui pensado sob essa ótica libertadora e não bancária da aprendizagem, o que poderia ser diferente a depender de cada teoria do conhecimento que estruturaria sua utilização. Afinal, "[...] a educação envolve sempre uma certa teoria do conhecimento posta em prática" (Freire, 2022a, p. 88).

Nesse sentido, é possível afirmar de antemão que a abrangência de temas e profundidade científica do material possibilita uma alfabetização científica, para além do bancarismo do decoreba de conceitos, leis ou teorias

científicas. Todavia, sua riqueza didática, interdisciplinaridade e abordagem pertinente à educação formal não o exime de algumas falhas, como todo conhecimento ou toda tecnologia humana nunca será um elemento acabado, fechado, perfeito. Assim, faz-se adiante a análise do material para ressaltar algumas dimensões que são pertinentes e dialogam com a teoria do conhecimento de Paulo Freire, porém, jamais chegando à exaustão do material, haja vista que sua complexidade, profundidade e abrangência temática não são passíveis de análise num artigo acadêmico.

Sabendo que o conhecimento, nessa perspectiva, envolve sempre ação e reflexão, isso já direciona para pensar que: refletir sobre o mangá é agir sobre ele, é re-produzi-lo e co-produzi-lo. Enquanto material, ele apresenta signos, símbolos, uma dada linguagem, mas seus significados não estão dados, não são fixados no tempo e no espaço. Ler é compreender e não apenas consumir. Buscamos, doravante, realizar esse processo de compreensão enquanto pesquisa e simultaneamente apontar uma perspectiva de ensino que se pautar na investigação do material explorado. Um ensino via “Guia Mangá: Universo” pautado na criatividade, na criticidade, na leitura do mundo e da palavra (Freire; Macedo, 2023), no ato de investigar a realidade como um constante vir a ser e vir a conhecer (Ferreira *et al.*, 2024).

Os mangás, gênero literário famoso na cultura japonesa e que se espalhou pelo globo, diferentemente de outros gêneros impressos como gibis ou histórias em quadrinho (HQ), não possuem coloração, ou seja, sua impressão é feita usando apenas tinta preta e escalas de cinzas. Percebeu-se que, para abordar alguns assuntos que perpassam a Astronomia, há prejuízos qualitativos consideráveis devido a esta característica.

Como pode ser atestado pelas figuras 1 e 2, o aspecto inerente aos mangás de serem produções unicamente em preto e branco, sem a presença de cores prejudica o aprendizado científico de um aspecto importante e que tange muitas áreas da Astronomia, a luz e suas cores no espectro eletromagnético visível.

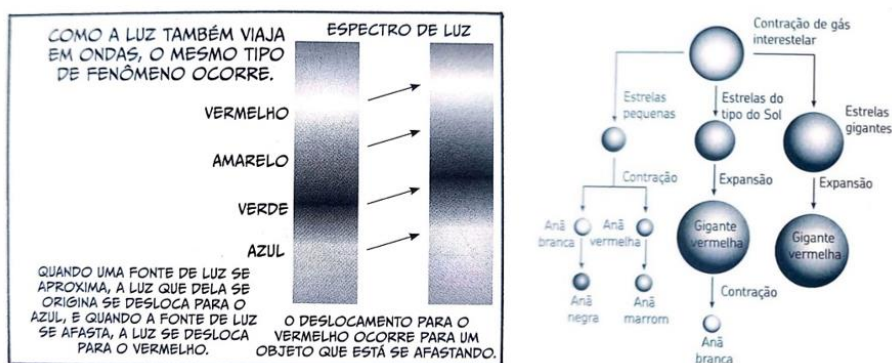


Figura 1. Conceitualização do desvio para o vermelho e os tipos de estrelas.
Fonte: Ishikawa (2012, p. 148 e 186).

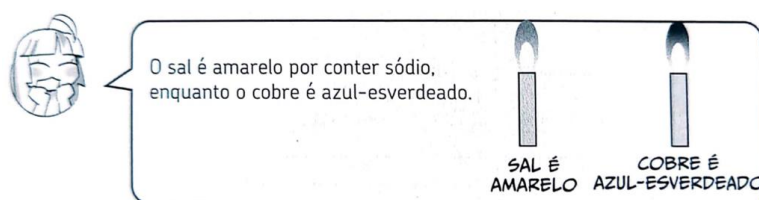


Figura 2. Coloração dos sais de sódio e cloro.
Fonte: Ishikawa (2012, p. 151).

A figura 1 faz a explicação do conceito do desvio para o vermelho, assunto contido no âmbito da Cosmologia e que se relaciona fortemente com o desenvolvimento do paradigma do *Big Bang* (Fonseca, 2022). É notável como a tentativa de permear esse conceito é prejudicada pela ausência de cores ainda que tenha uma legenda com os nomes das cores que ali seriam representadas, mas estão dispostas em escalas de cinza.

A mesma figura evidencia os tipos de estrelas e sua evolução. Contudo, como o mais significativo corpo celeste colorido além do Sol e da Lua, as estrelas, sem sua representação colorida, distanciam o leitor da visualização tal qual acontece fenomenologicamente, além de ser uma característica explicada pela ciência e de pertinência para o estudo e compreensão desses astros.

Já a figura 2 traz a queima de sais de sódio e de cobre como meio para evidenciar a diferença dos espectros de cores que cada tipo de elemento químico resulta. Esse tipo de experimento de baixa complexidade pode inclusive ser executado na educação formal para exemplificar ou atestar o que a teoria preconiza por meio de testes de chama. É evidente como a descrição de um processo em contraposição à sua visualização diminui significativamente a

apreensão do fenômeno, como pode ser visto na descrição da legenda da imagem pareado com as chamas em escalas de cinza.

Esse detalhe da coloração, ainda que prejudique certos aspectos do conhecimento científico, deve ser pensado como um elemento inerente do gênero textual do qual se origina e não um demérito intencional. Todo e qualquer gênero textual ou registro codificado terá suas limitações e também seus méritos, que podem ser minimizados e/ou ressaltados a depender da diretividade docente.

Como recurso codificador de um aspecto da realidade, seu uso no início do processo educativo corresponde aos pressupostos freirianos:

Em nosso método, a codificação assume, no início, a forma de uma fotografia ou desenho que representa uma situação existencial real ou uma situação existencial construída pelos alunos. Quando se projeta essa representação, os alunos efetuam uma operação que se encontra na base do ato de conhecimento: tomam distância do objeto cognoscível. Os educadores também fazem a experiência do distanciamento, de modo que tanto educadores quanto alunos podem refletir juntos, de maneira crítica, sobre o objeto cognoscível que os intermedeia. A finalidade da decodificação é atingir um nível crítico de conhecimento, começando pela experiência que o aluno tem da situação em seu “contexto real”.

Enquanto a representação codificada é o objeto cognoscível que intermedeia sujeitos cognoscentes, a decodificação – decompor a codificação em seus elementos constitutivos – é a operação pela qual os sujeitos cognoscentes percebem as relações entre os elementos da codificação e outros fatos apresentados pela situação real, relações essas que antes não eram percebidas (Freire, 2016, p. 65-66, grifos nossos).

Ainda que o mangá não seja propriamente a codificação de uma situação existencial concreta dos educandos, é uma situação artificial que permeia uma narrativa que os envolve em sua leitura lúdica. Além disso, o docente pode fazer a conexão entre os elementos da realidade existencial dos educandos com os conteúdos científicos perpassados, fazendo de assuntos específicos a codificação de uma situação concreta.

Acerca da relação entre natural e artificial, Bachelard alude que:

O espírito científico deve formar-se contra a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se

enquanto se reforma. Só pode aprender com a Natureza se purificar as substâncias naturais e puser em ordem os fenômenos baralhados.

[...] Não é fácil captar de imediato o sentido desta tese, porque a educação científica elementar costuma, em nossa época, interpor entre a Natureza e o observador livros muito muito bem apresentados. Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como natural; mas não é; já não é natural. Já não é a ciência da rua e do campo. É uma ciência elaborada num mau laboratório mas que traz assim mesmo a feliz marca desse laboratório. [...]; as experiências e os livros agora estão, pois, de certa forma desligados das observações primeiras (Bachelard, 1996, p. 29-30).

Ainda que a ciência seja um empreendimento artificial (Bachelard, 1996), é necessário retomar as origens, à vida existencial para sua complexificação e não sua manutenção ou redução cartesiana. Entretanto, no universo artificial que se materializa e codifica por meio do mangá, algumas considerações bachelardianas são possíveis e necessárias, e de alguma forma entrarão em consonância com a pedagogia crítica que se propõe aqui.

A primeira consideração que vai nesse sentido trata da relação entre linguagem e pensamento (conhecimento). Para Paulo Freire (2020), linguagem-pensamento formam uma unidualidade dialética que se retroalimenta sendo causa e efeito um do outro. Bachelard (1996) infere que existe um certo obstáculo epistemológico para a abstração e formação do espírito científico de cunho verbal, linguístico, portanto. É possível constatar que esse obstáculo permeia toda educação científica por meio de comparações, metáforas ou outras figuras de linguagem que não dão cabo do conhecimento científico último, literal, podendo facilitar o desenvolvimento de concepções alternativas sobre o que se pretende alcançar.

Em algumas passagens do mangá é visível isto, como o excerto:

Durante toda a vida, uma estrela luta contra a gravidade. Forças gravitacionais, criadas por sua massa, tentam fazer com que ela colapse, criando uma pressão que provoca as reações de fusão que acabamos de descrever. Isso, por sua vez, cria uma *pressão de radiação* que equilibra a força gravitacional, mantém a estrela em equilíbrio hidrostático e impede seu colapso. À medida que o combustível de

hidrogênio em seu núcleo começa a se esgotar, a estrela passa a queimar hélio para manter a pressão interna. Por toda a vida, estrelas com massas semelhantes à de nosso Sol, queimarão apenas hidrogênio, gradualmente dispersando suas atmosferas até que reste apenas o núcleo. Quando seu combustível se esgota, uma estrela lentamente se resfria e apaga. Entretanto, estrelas maiores que o Sol podem continuar fundindo elementos cada vez mais pesados para manter o equilíbrio. Podemos dizer que uma enorme estrela é como uma cebola, tendo sua camada externa o hidrogênio e, na camada mais interna, o ferro (Ishikawa, 2012, p. 97, grifos nossos).

Ainda que possam ser expressões corriqueiras tanto no senso comum quanto na educação científica, a ideia que as expressões materializam é que existe uma certa intencionalidade, uma certa consciência por detrás de seres inanimados, como em “forças gravitacionais tentam fazer”. Professores responsáveis pela educação científica precisam se policiar quanto ao uso desses mecanismos linguísticos, tornando os estudantes conscientes das implicações que o uso de expressões, palavras e figuras de linguagem trazem para aquilo que se pensa e se diz.

[...] Por mais que se faça, as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objetivo deve, pois, tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas. Quando a abstração se fizer presente, será a hora de ilustrar os esquemas racionais (Bachelard, 1996, p. 97).

Ainda que Freire concorde com Bachelard acerca dos obstáculos ao conhecimento, ele alude que anterior a qualquer obstáculo epistemológico, existe o obstáculo político ao conhecimento. Sobre esse obstáculo, o educador afirma que é necessário ter “a compreensão da ideologia, quase sempre na raiz do obstáculo epistemológico” (Freire, 2020, p. 180). E essa compreensão política, ideológica da ciência é necessária para desconstruir a imagem de uma ciência neutra, positivista, portadora de todas as virtudes e nenhum vício.

Acerca disso, o mangá apresenta um posicionamento CTS que faz emergir essas discussões políticas como pode ser visto sobre as computadoradoras de Harvard.

É interessante notar que as classificações espectrais para o eixo vertical utilizadas tanto por Hertzsprung quanto por Russel foram desenvolvidas no início da década de 1900 por

uma mulher chamada Anne Jump Kannon. Na época, muitas astrônomas trabalhavam para seus colegas homens coletando dados observacionais e processando essas informações. Essas mulheres, chamadas então de “Computadores de Harward” (Harward computers), frequentemente recebiam valores muito baixos, ainda que realizassem grande parte do trabalho que permitia as importantes descobertas feitas por astrônomos como Chapley e Hubble. Kannon foi uma dessas “computadoras”. Ela foi a primeira astrônoma oficialmente nomeada pela American Astronomical Society e catalogou mais corpos celestes que qualquer outra pessoa até hoje (Ishikawa, 2012, p. 188, grifos nossos).

Em muitos sentidos, a ciência perpassada na educação formal se abstém de diálogos políticos e ideológicos que envolvem sua história e também a atualidade. Fazendo a crítica científica (Freire; Guimarães, 2021c), o percurso científico, os achados e as conclusões, os usos e o acesso à ciência são sempre perpassados por uma certa ideologia, um certo posicionamento político. Exemplos disso são a ausência do ensino das questões de gênero na Educação em Astronomia, assim como as questões raciais, de classe e de sexualidade.

Ainda que o material explorado não perpassasse todas essas dimensões, é um significativo progresso haja vista que o silenciamento dessas questões estão presentes tanto no posicionamento docente em larga escala quanto do sistema educacional brasileiro visto em seus currículos. Sobre a necessidade histórica das mulheres na ciência, o mangá continua:

Mas foi a astrônoma Henrietta Leavitt, outra “computadora” no observatório da Universidade de Harward, que descobriu essa relação entre período e luminosidade. Enquanto catalogava a magnitude de estrelas, ela notou um padrão nas estrelas variáveis: quanto maior a variação, mais brilhante a estrela. Henrietta publicou suas descobertas em 1908, confirmando-as em 1912, muito antes de as variáveis Cefeidas serem utilizadas por Chapley no Grande Debate (Ishikawa, 2012, p. 189).

Também num viés histórico e social, mas voltando-se sobremaneira para questões epistemológicas, o mangá possibilita amplas discussões acerca da temática. Sendo um instrumento paradidático, mas mantendo sua dimensão de manual científico, ele dá cabo de incorporar elementos históricos que viabilizam uma leitura da história da ciência distinta daquela denunciada por Kuhn:

Em parte por seleção e em parte por distorção, os cientistas de épocas anteriores são implicitamente representados como

se tivessem trabalhado sobre o mesmo conjunto de problemas fixos e utilizado o mesmo conjunto de cânones estáveis e a revolução mais recente em teoria e metodologia científica fez parecer científicos. Não é de admirar que os manuais e as tradições históricas neles implícitas tenham que ser reescritas após cada revolução científica. Do mesmo modo, não é de admirar que, ao ser reescrito, a ciência pareça, mais uma vez, como sendo basicamente cumulativa (Kuhn, 2018, p. 234, grifo nosso).

Ao disfarçar essas mudanças, a tendência dos manuais a tornarem linear o desenvolvimento da ciência acaba escondendo o processo que está na raiz dos episódios mais significativos do desenvolvimento científico (Kuhn, 2018, p. 236, grifo nosso).

Diferentemente das costumeiras abordagens da história da ciência em livros ou demais instrumentos didáticos e paradidáticos, o mangá preocupou-se em trazer elementos que mostram as disputas entre escolas de pensamento ou entre o paradigma vigente e o novo candidato a paradigma como meio de não fomentar uma história única, da teoria “vencedora”. Exemplo disso é apresentado com o questionamento de Aristarco do paradigma que se construía em seu tempo, o geocentrismo aristotélico-ptolomaico.

A relevância social que Ishikawa (2012) em seu mangá buscou resguardar é evidente. Sabendo que, por meio de autores como Kuhn (2018) e Feyerabend (2011), a ciência como um procedimento iminentemente social de construção de conhecimentos foi se constituindo, é importante que esse viés chegue até a educação formal para desmistificar a ciência e o cientista

[...] Uma correta prática educativa desmistifica a ciência já na pré-escola.

E, quando digo "desmitifica a ciência", digo: põe no seu devido lugar a ciência, o que vale dizer: respeita a ciência, não fazendo com que ela vire assim uma espécie de a priori da história, e o cientista uma espécie de emissário da divindade, que caiu do céu, ou foi produzido num certo útero privilegiado, e que aparece, então, como um trazedor de recados, também privilegiado. Não: o cientista é um sujeito igual aos outros. Não significa com isso que eu diga que todo mundo pode virar cientista. De jeito nenhum, como nem todo mundo é virtuoso de violão, do piano ou da flauta. Mas todo mundo pode tocar! Quero dizer, a inteligência da ciência não é coisa de privilegiados. Já o exercício da ciência é outra história, porque o cientista é um sujeito que se acostuma,

inclusive pela amorosidade do conhecer, a desenvolver nele uma disciplina sem a qual não há conhecimento. Não é possível saber sem disciplina (Freire; Guimarães, 2021c, p. 93-94, grifos nossos).

Continuando nesse mesmo sentido, as figuras 3 e 4 apresentam considerações que condizem com um posicionamento crítico e construtivista da ciência, coerentes com o posicionamento de Paulo Freire, dialogando fortemente com Thomas Kuhn.



Figura 3. Teorias e aceitação social.
Fonte: Ishikawa (2012, p. 47).



Bem, só porque a teoria heliocêntrica está correta, isso não significa que seja uma verdade absoluta. Ela é apenas mais bem-sucedida, quando comparada à teoria geocêntrica. Poderíamos dizer que a teoria geocêntrica é correta no sentido de que pode explicar os movimentos planetários observados da perspectiva da Terra.

Figura 4. Heliocentrismo e geocentrismo.
Fonte: Ishikawa (2012, p. 55).

A figura 3 traz a emergência da questão da aceitação de uma teoria pela comunidade científica, o que, como aludido por Kuhn (2018) e depois por Feyerabend (2011), não acontece enquanto seus seguidores vierem a óbito devido a teorias de longa data serem mais aceitáveis que suas concorrentes insipientes. Em sentido similar, tratando das teorias do heliocentrismo e do geocentrismo, é apresentado a natureza sempre inconclusa e jamais universal de uma teoria científica. A esse respeito, Kuhn infere que

[...] devemos reconhecer que um paradigma pode ser muito limitado, tanto no âmbito como na precisão, quando de sua primeira aparição. Os paradigmas adquirem seu status porque são mais bem-sucedidos que seus competidores na resolução de alguns problemas que o grupo de cientistas reconhece como graves. Contudo, ser bem-sucedido não significa nem ser totalmente bem-sucedido com um único problema, nem notavelmente bem-sucedido com um grande número (Kuhn, 2018, p. 88, grifo nosso).

Na perspectiva emancipadora de Paulo Freire, essa natureza iminente do conhecimento, seja ele científico ou filosófico é justificado pela própria natureza humana, ser espaço-temporalmente situado, inconcluso e consciente de sua inconclusão, pode conhecer e por meio do conhecimento e de sua práxis vir a Ser mais (Freire, 2022g).

Reforçando a construção social da ciência e a necessária dependência coletiva dos seres humanos, o mangá apresenta as contribuições de Kepler que auxiliaram na instauração do paradigma do heliocentrismo em contraposição ao geocentrismo, conforme a figura 5.



Figura 5. Contribuições de Kepler.
Fonte: Ishikawa (2012, p. 58).

A abordagem filosófica que se dá à história da ciência é tão rica e pertinente que suscita as questões metodológicas implicadas por Feyerabend.

“[...] Temos de inventar um novo sistema conceitual que suspenda os resultados de observação mais cuidadosamente estabelecidos ou entre em conflito com eles, conteste os princípios teóricos mais plausíveis e introduza percepções que não possam fazer parte do mundo perceptual existente” (Feyerabend, 2011, p. 46).

Não há nenhuma ideia, por mais antiga e mais absurda, que não seja capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento. Toda a história do pensamento é absorvida na ciência e utilizada para

o aperfeiçoamento de cada teoria. E nem se rejeita a interferência política. Talvez ela seja necessária para superar o chauvinismo da ciência que resiste a alternativas ao status quo (Feyerabend, 2011, p. 59, grifo nosso).

Nessa perspectiva, o mangá suscita a ideia de filósofos, contraposições e objeções, ideias não passíveis de verificação naquele momento histórico, inclusive iniciando as discussões sobre o Universo por perspectivas culturais que não são classificadas como ciência num posicionamento positivista mais contemporâneo. A exemplo disso, Ishikawa coloca:

Assim, enquanto a teoria heliocêntrica é considerada o ponto de partida para a moderna teoria cosmológica (na qual o Universo está sempre em movimento e em mudança), a teoria defendida por Copérnico foi, na verdade, apenas uma teoria centrada no Sol e não uma verdadeira teoria heliocêntrica. No entanto, nós nos tornamos conscientes de conceitos filosóficos para além da ciência, que postulam que nem a Terra e nem o Sol estão no centro do Universo e tudo está se movendo e mudando em um movimento perpétuo (Ishikawa, 2012, p. 73, grifo nosso).

Resgatando as influências de Kant, também, é lembrado o posicionamento do filósofo sobre a hipótese dos universos-ilhas, algo que foi incorporado na ciência posteriormente, sendo validadas por observações, registros, etc., mas um procedimento iniciado por contraindução, ideias dialogando com ideias. Como recorda Saraiva (2012):

Por volta do século XVIII vários astrônomos já haviam observado, entre as estrelas, a presença de corpos extensos e difusos, aos quais denominaram "nebulosas". Immanuel Kant (1724-1804), o grande filósofo alemão, influenciado pelo astrônomo Thomas Wright (1711-1786), foi o primeiro a propor, por volta de 1755, que algumas nebulosas poderiam ser sistemas estelares totalmente comparáveis à nossa Galáxia. Essa ideia ficou conhecida como a "hipótese dos universos-ilha". No entanto, as especulações cosmológicas de Kant não foram bem aceitas na época, de forma que a natureza das "estrelas nebulosas" permaneceu assunto de controvérsia (Saraiva, 2012, s/p.).

Com a emergência de um neoempirismo no seio social e pedagógico, é cada vez mais necessário fomentar discussões como essas propiciadas pelo mangá, operando a complexidade entre ciência e Filosofia que precisa ser restaurada para uma visão não distorcida do processo histórico de produção do

conhecimento e da ciência. Como aponta Fonseca (2022), o pensamento filosófico é um elemento que deve permear o fazer científico possibilitando a crítica das ideias e a inversão do objeto pseudo-determinar a compreensão de conhecimento válido, afinal, as relações entre homem e mundo se dão dialética e dialogicamente.

As articulações que o mangá opera não vão apenas nesse sentido especulativo do conhecimento filosófico, mas se inicia com a valorização de conhecimento classificados atualmente como Astronomia cultural. Ou seja, o leque de abrangência epistemológica consegue alcançar ciência, Filosofia e mitologia. Alguns exemplos abordados no mangá são as visões cosmológicas presentes nas mitologias egípcia, hindu, babilônica. Ferreira *et. al.* (2025) apontam a articulação entre as histórias mitológicas gregas e a Educação em Astronomia como recurso e método didático, o que se relaciona com as perspectivas apresentadas no mangá, embora este tenha se restringido, ao abordar a cultura grega, em suas dimensões filosóficas e científicas. A potencialidade dos mitos como meio de ensino de ciências rompe bruscamente com a perspectiva positivista de desvalorização de tais saberes, incorpora uma noção de conhecimento como inter-relacional, inter e transdisciplinar assim como inter e transcultural.

Para finalizar as discussões que permeiam este material, mas sem jamais exaurir seu conteúdo do devido tratamento que possa sofrer, é impetuoso debruçar-se sobre o paradigma vigente da cosmologia, a teoria do *Big Bang*. Sendo além de um recurso paradidático, um manual científico, a lógica que sua apresentação segue é necessariamente aquela da ciência normal, portanto, paradigmática. Em outro artigo, Fonseca (2022) aponta as contradições contidas na teoria do *Big Bang* ao analisar o documentário “Universe: the cosmology quest” e a emergência de uma teoria alternativa que está lutando por espaço no meio científico, a teoria do Universo de Plasma.

A postura do mangá nesse aspecto não é o de apresentar os limites e contradições da teoria do *Big Bang*, e é nítido como essa questão ainda é frágil no ensino de Cosmologia, haja vista que teorias não científicas como criacionismo da mitologia cristã influencia sobremaneira em concepções alternativas nos estudantes da educação básica, sendo um ponto débil, assim como a Teoria da Evolução darwiniana, numa sociedade conservadora como a brasileira. Entretanto, é importante que se faça as discussões circularem não como um meio para fortalecer concepções alternativas, mas impedir a dogmatização da ciência, desmistificando-a.

Explicando a radiação cósmica de fundo e sua problemática na construção da teoria do *Big Bang*, o mangá apresenta:

As CMBR [cosmic microwave background radiation] são uniformes em todo o céu: pelo menos no que se referem a elas,

uma parte do céu é idêntica a outra. A única forma de duas regiões no espaço agora distante terem as mesmas condições radiológicas seria se certa vez estiveram próximas o bastante uma da outra por um período de tempo suficientemente longo para a troca de energia (como luz, calor, etc.), de modo que pudessem se igualar. Entretanto, de acordo com a teoria da relatividade, energia não pode ser transmitida de uma região para outra mais rápido que a velocidade da luz. Isso é problemático porque é impossível que dois pontos diferentes do céu separados por um ângulo de um grau ou mais tenham sido em algum momento conectados, uma vez que a luz de qualquer um desses pontos não poderia ter atingido o outro. Assim, não há como a energia dessas áreas do céu terem se igualado. Diz-se que as duas regiões estão no horizonte de luz uma da outra. Então, como podemos explicar de as CMBR dessas regiões (e, nesse sentido, de todas as outras regiões do céu) serem homogêneas?

Para corrigir esse problema, a teoria do Big Bang foi modificada. Imediatamente, o Universo era um aglomerado denso de plasma, formado por fótons e bárions, e passava por todo tipo de flutuações quânticas aleatórias. Nesse instante, o Universo se expandiu muito rapidamente em um processo chamado de *inflação*. Inicialmente o diâmetro do Universo era de 10^{12} vezes maior que o de um próton, mas rapidamente atingiu um metro de expansão. Essa teoria da inflação corrige o problema do horizonte que encontramos na teoria original do Big Bang, afirmando que antes da inflação, o Universo era tão pequeno que tudo estava conectado e a energia podia se transferir entre todas as suas partes para equalizar as propriedades física de cada região. Durante a inflação a repentina expansão do espaço essencialmente congelou essas propriedades em todos os locais e eliminou as mais intensas diferenças de temperatura presentes (Ishikawa, 2012, p. 231, grifos nossos).

Ainda que não seja explicitado, é nítido a construção de hipóteses *ad hoc*, ou seja, hipóteses auxiliares das quais uma teoria não dava cabo na sua gênese para resolver uma anomalia que ela não pôde solucionar, na história do paradigma cosmológico atual. Entretanto, a Educação em Astronomia precisa se valer também da lógica argumentativa para apresentar aos estudantes o que são, como identificar, como as críticas se sustentam e como podem ser refutadas as hipóteses *ad hoc*. O desconhecimento de tais mecanismos do fazer científico implica uma ingenuidade para lidar com a construção deste tipo de conhecimento. É necessário desmistificar, e para isso é necessário trazer à

consciência já que nenhum conhecimento crítico pode ser construído ignorando-o.

Ainda que Ishikawa não tenha trazido luz a teorias concorrentes do paradigma cosmológico atual, é interessante perceber como ele finaliza as discussões do mangá relembrando a questão da infindável busca pelo conhecer.

Utilizando fatos conhecidos para fazer conjecturas sobre coisas que não podemos conhecer absolutamente, podemos continuar formulando e desenvolvendo teorias, transformando-as, pouco a pouco, à medida que novas observações, resultados experimentais e ideias vêm à tona. É disso que trata a ciência.

Ainda há muitas coisas que desconhecemos no nosso Universo. Isso não se restringe à forma como o descrevemos fisicamente. Podemos descrevê-lo fisicamente da mesma forma que poderíamos descrever uma pessoa, mas humanos não consistem apenas em suas descrições físicas. Muitos pequenos detalhes tornam cada pessoa única e diferente das outras. Não temos como compreender absolutamente o que ocorre na mente de outras pessoas. Ainda assim, vivemos felizes nossas vidas, fazemos nossos amigos ou nos apaixonando por pessoas que nunca poderíamos compreender completamente. Da mesma forma, nunca perdemos nosso fascínio pelo Universo – de nosso romance habitual com a Lua, às possibilidades infinitas do Universo. Continuaremos a observar, a explorar e a criar hipóteses, sempre em busca de um entendimento mais completo (Ishikawa, 2012, p. 233, grifos nossos).

Esses apontamentos vão ao encontro de um incipiente elemento de complexidade (Morin, 2016a; 2016b; 2016c; 2016d; 2016e; 2016f) que se materializa pelo mistério, pela incerteza que resguarda a imensidão do Cosmo e o “surgimento da matéria” (Ishikawa, 2012, p. 169).

Como aponta Morin (2016a):

“A complexidade é um progresso de conhecimento que traz o desconhecido e o mistério. O mistério não é somente privativo; ele nos livra de qualquer racionalização delirante que pretende reduzir o real à ideia, e ele nos traz, sob forma de poesia, a mensagem do inconcebível”. (Morin, 2016a, p. 459).

O conhecimento traz consigo sempre a incerteza, pois sua justificação nunca será suficientemente acabada, assim como os seres humanos jamais poderão findar seu processo de construção sem que se findem na existência. Como relembra o sábio educador, não podemos estar demasiados certos de nossas certezas (Freire, 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise exploratória do guia mangá Universo à luz da pedagogia crítica freiriana possibilitou constatar que o material possui potencialidades para subsidiar conhecimentos do campo técnico, político e epistemológico na Educação em Astronomia.

Na dimensão técnica dos conhecimentos disponíveis no livro, constata-se que ele perpassa uma vasta gama de profundidade de assuntos, teorias, conceitos e leis que se relacionam com a Astronomia. Áreas como Astrofísica, Astroquímica, Astrobiologia, Planetologia e Cosmologia são permeadas buscando um amplo leque de possibilidades de apreensão no campo técnico do conhecimento necessário para uma alfabetização científica crítica.

Já na dimensão política, é possível encontrar discussões que remontam às relações de opressão historicamente construídas, ainda que não seja o foco nem apresente amplas considerações. Entretanto, entende-se que as relações entre ciência, tecnologia e sociedade abarcadas no mangá torne-o preñado de possibilidades que não apenas aquelas explícitas.

E ambas as dimensões anteriores se articulam profundamente com as discussões históricas e epistemológicas que são suscitadas ao longo de toda a escrita. É nítido que esses elementos foram tomados como um ponto de preocupação para, ao passo que se ensina Astronomia, entender o funcionamento da ciência, distanciando-se de uma visão meramente positivista de senso comum.

Tais potencialidades tornam viável o uso deste instrumento na educação formal brasileira como forma de alcançar uma alfabetização científica crítica que se valha das dimensões técnica, política e epistemológica do conhecimento astronômico. No contexto da pós-alfabetização, tomadas as devidas proporções, o material possibilita a tomada de conhecimento de acordo com o que é necessário segundo as perspectivas curriculares. Ao passo que os níveis de ensino vão subindo, o mangá vai se articulando com os conteúdos e a profundidade necessária, podendo também ser superada pelo encaminhamento didático do educador. Tendo em vista o cenário do conhecimento científico que os estudantes chegam nos cursos de graduação, é possível afirmar que esse recurso pode ser usado também na educação superior como material inicial para discussões mais aprofundadas.

A ludicidade inerente nesse gênero literário é um recurso metodológico que vai se esvaindo da educação formal com a progressão de seus níveis. Todavia, buscando fugir de uma educação bancária e suscitando o gosto pelo aprendizado, incorporar recursos e formas mais lúdicas e dialógicas de ensino é um movimento necessário não somente para crianças, mas também para adolescentes e adultos.

Entretanto, em comparação com outros mangás da mesma coleção que têm por finalidade o ensino de ciências e matemática, o guia mangá Universo possui longas pausas no seu enredo para as explicações dos conteúdos de Astronomia, haja vista a ampla gama que se propôs abordar. Assim, uma fragilidade que o material tem gira em torno disso, de modo que, em muitos momentos, acontece uma pausa drástica na história principal fazendo com o a atenção seja dividida ora entre os assuntos astronômicos, ora entre o enredo que tenta articulá-los com a vida cotidiana e escolar das personagens.

No mesmo sentido de fragilidade, constata-se que um conteúdo presente nos currículos escolares brasileiros, as constelações, não é abordado pelo material. Desta forma, há uma carência desse assunto. Entretanto, sabendo que o mangá é um recurso que não deve restringir, mas ampliar, facilitar e articular a didática docente, ambos os aspectos podem ser contornados por uma diretividade docente cujos objetivos não estejam na mera reprodução do material, mas seu uso crítico e consciente voltado para um bem comum no contexto escolar.

Por fim, perspectivas futuras de pesquisas podem trazer à tona demais potencialidades assim como uma constatação empírica por meio da sua execução no ambiente escolar formal, seja em sua abordagem integral, seja no seu uso restrito a dados conteúdos curriculares. Contudo, a importância da diretividade, da intencionalidade e do aparato teórico jamais deve ser minimizado ou negligenciado, pois, como se pretendeu deixar claro algo de todas as análises, muito mais que dados objetivistas, as conclusões se fundam numa ótica consciente tanto do concreto como do subjetivo, portanto, reflexivamente coerente enquanto práxis e não apenas como prática alienada de si.

REFERÊNCIAS

Bachelard, G. *A Formação Do Espírito Científico: Contribuições Para Uma Psicanálise Do Conhecimento*. Contraponto, Rio De Janeiro, 1996.

- Cechinel, A.; Fontana, S. A. P.; Della, K. G. P.; Pereira, A. S.; Prado, S. S. (2016) Estudo / Análise Documental: Uma Revisão Teórica E Metodológica. *Criar Educação*, 5 (1): 1-7.
- Cellard, A. A. *Análise Documental*. In: Poupart, J. *Et Al.* (Org.). A Pesquisa Qualitativa: Enfoques Epistemológicos E Metodológicos. Vozes, Petrópolis, 2008.
- Creswell, J. W. *Investigação Qualitativa E Projeto De Pesquisa: Escolhendo Entre Cinco Abordagens*. Penso, Porto Alegre, 2014.
- Dourado, S.; Ribeiro, E. *Metodologia Qualitativa E Quantitativa*. In: Magalhães Júnior, C. A. O.; Batista, M. C. Metodologia Da Pesquisa Em Educação E Ensino De Ciências. Gráfica E Editora Massoni, Maringá, 2021.
- Elias, M. A.; Fonseca, M. O. (2021) E Onde Está A Astronomia? Análise Do Ensino De Astronomia No Ensino Médio Com Base Nos Documentos Nacionais. *Arquivos Do Mudi*, V. 25, N. 1, P. 26-43.
- Ferreira, M.; Fonseca, M. O. Da; Batista, M. C.; Silva Filho, O. L. Da; Strapasson, A. (2025). Greek Astromythology: Intersections Between Mythology History And Modern Astronomy Education. *Frontiers In Education*, 10:1431336.
- Ferreira, M.; Silva Filho, O. L. Da; Fonseca, M. O. Da; Batista, M. C. (2024) Educação Em Ciências Por Investigação E Pedagogia Da Pergunta: Relações, Apostos E Insurreições. *Temas & Matizes, [S. L.]*, V. 17, N. 31, P. 906–932.
- Feyerabend, P. K. *Contra O Método*. 2. Ed. Editora Unesp, São Paulo, 2011.
- Fonseca, M. O. (2022) A Epistemologia De Kuhn Através Do Documentário “Universe: The Cosmology Quest”: Questões Para O Ensino De Ciências. *Revista Vitruvian Cogitationes*, V. 3, N. 2, P. 139-150.
- Fonseca, M. O.; Batista, M. C. (2023). Pressupostos Para Um Currículo Libertador: Pensando O Documento A Partir De Paulo Freire. *Revista Espaço Do Currículo*, V. 16, N. 1, P. 1-18.
- Fontana, F.; Pereira, A. C. T. *Pesquisa Documental*. In: Magalhães Júnior, C. A. O.; Batista, M. C. Metodologia Da Pesquisa Em Educação E Ensino De Ciências. Gráfica E Editora Massoni, Maringá, 2021.

- Freire, P. R. N. *A Importância Do Ato De Ler*. Cortez, Rio De Janeiro, 2021a.
- Freire, P. R. N. *À Sombra Desta Mangueira*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021b.
- Freire, P. R. N. *Ação Cultural Para A Liberdade E Outros Escritos*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022a.
- Freire, P. R. N. *Cartas À Cristina: Reflexões Sobre Minha Vida E Minha Práxis*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021c.
- Freire, P. R. N. *Cartas À Guiné-Bissau*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021d.
- Freire, P. R. N. *Conscientização*. Cortez, Rio De Janeiro, 2016.
- Freire, P. R. N. *Direitos Humanos E Educação Libertadora: Gestão Democrática Da Educação Pública Na Cidade De São Paulo*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021e.
- Freire, P. R. N. *Educação Como Prática Da Liberdade*. 51. Ed. Rio De Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021f.
- Freire, P. R. N. *Educação E Mudança*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021g.
- Freire, P. R. N. *Extensão Ou Comunicação?* Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022b.
- Freire, P. R. N. *Pedagogia Da Autonomia*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022c.
- Freire, P. R. N. *Pedagogia Da Esperança: Um Reencontro Com A Pedagogia Do Oprimido*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022d.
- Freire, P. R. N. *Pedagogia Da Indignação: Cartas Pedagógicas E Outros Escritos*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022e.
- Freire, P. R. N. *Pedagogia Da Solidariedade*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021h.
- Freire, P. R. N. *Pedagogia Da Tolerância* Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022f.

- Freire, P. R. N. *Pedagogia Do Compromisso: América Latina E Educação Popular*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021i.
- Freire, P. R. N. *Pedagogia Do Oprimido* Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022g.
- Freire, P. R. N. *Pedagogia Dos Sonhos Possíveis*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2020.
- Freire, P. R. N. *Política E Educação*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022h.
- Freire, P. R. N. *Professora, Sim; Tia, Não: Cartas A Quem Ousa Ensinar*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022i.
- Freire, P. R. N.; Faundez; A. *Por Uma Pedagogia Da Pergunta*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021.
- Freire, P. R. N.; Guimarães, S. *A África Ensinando A Gente*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021a.
- Freire, P. R. N.; Guimarães, S. *Aprendendo Com A Própria História*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022.
- Freire, P. R. N.; Guimarães, S. *Dialogando Com A História*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021b.
- Freire, P. R. N.; Guimarães, S. *Educar Com A Mídia*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2021c.
- Freire, P. R. N.; Guimarães, S. *Lições De Casa: Últimos Diálogos Sobre Educação*. Paz E Terra, São Paulo, 2011.
- Freire, P. R. N.; Guimarães, S. *Partir Da Infância*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2020.
- Freire, P. R. N.; Macedo, D. *Alfabetização: Leitura Do Mundo, Leitura Da Palavra*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2023.
- Freire, P. R. N.; Shor, I. *Medo E Ousadia: O Cotidiano Do Professor*. Paz E Terra, Rio De Janeiro, 2022.
- Ishikawa, K. *Guia Mangá: Universo*. Novatec Editora, São Paulo, 2012.

- Kripka, R. S. L.; Scheller, M.; Bonotto, D. L. (2015) Pesquisa Documental Na Pesquisa Qualitativa: Conceitos E Caracterização. *Revista De Investigaciones Unad*, V. 14, N. 2, P. 55-73.
- Kuhn, T. S. *A Estrutura Das Revoluções Científicas*. Perspectiva, São Paulo, 2018.
- Morin, E. *O Método 1: A Natureza Da Natureza*. Sulina, Porto Alegre, 2016a.
- Morin, E. *O Método 2: A Vida Da Vida*. Sulina, Porto Alegre, 2016b.
- Morin, E. *O Método 3: O Conhecimento Do Conhecimento*. Sulina, Porto Alegre, 2016c.
- Morin, E. *O Método 4: A Humanidade Da Humanidade*. Sulina, Porto Alegre, 2016d.
- Morin, E. *O Método 5: As Ideias*. Sulina, Porto Alegre, 2016e.
- Morin, E. *O Método 6: Ética*. Sulina, Porto Alegre, 2016f.
- Saraiva, M. F. O. <https://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>. Acessado Em 24/07/ 2024.
- Zanella, L. C. H. *Metodologia De Pesquisa*. Departamento De Ciências Da Administração/Ufsc, Florianópolis, 2011.



ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA NA FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES EM ASTRONOMIA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Marina Deisedely Damasceno dos Santos Oliveira¹
Bianca Venturieri²
Reginaldo de Oliveira Corrêa Júnior³

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta metodológica resultante de uma experiência de formação continuada envolvendo professores que atuam com o componente curricular de Ciências em Belém (PA), na qual foi abordado o ensino de Astronomia para alunos com deficiência visual utilizando a metodologia ativa Rotação por Estações. Este estudo teve como objetivo não apenas explorar a eficácia dessa abordagem na formação docente, mas também analisar como ela pode ser adaptada de maneira sensível e efetiva para atender às necessidades específicas de alunos cegos e com baixa visão no contexto do ensino de Astronomia. A abordagem metodológica foi qualitativa, caracterizando-se como pesquisa-ação e a coleta de dados envolveu observação participante e entrevistas de grupo focal. A análise dos dados foi realizada através da Análise de Conteúdo. De acordo com os resultados apresentados, a formação continuada em Astronomia para a inclusão de alunos com deficiência visual apresentou uma avaliação relevante pelos participantes. A abordagem da metodologia com a utilização da rotação por estações, despertou a criatividade e promoveu a troca de práticas entre os professores. A formação contribuiu positivamente na prática docente, proporcionando recursos e estratégias para melhorar o ensino de Astronomia para a inclusão de alunos com deficiência visual em sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE: Formação de Professores, Astronomia, Deficiência Visual, Rotação

1 Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Belém/PA. E-mail: marina.oliveira@iemci.ufpa.br

2 Universidade do Estado do Pará, Departamento de Ciências Naturais, Belém/PA. E-mail: reginaldojunior@uepa.br

3 Universidade do Estado do Pará, Departamento de Ciências Naturais, Belém/PA. E-mail: biancaventurieri@uepa.br

por estações.

ROTACIÓN POR ESTACIONES: UMA PROPUESTA METODOLÓGICA EM LA FORMACIÓN CONTINUA DE PROFESORES EM ASTRONOMÍA PARA ESTUDIANTES COM DISCAPACIDAD VISUAL

RESUMEN: Este artículo presenta una propuesta metodológica resultante de una experiencia de formación continua con profesores que trabajan con el componente curricular de Ciencias en Belém (PA), en la que se abordó la enseñanza de la Astronomía a estudiantes con discapacidad visual mediante la metodología activa Rotación por Estaciones. Este estudio tuvo como objetivo no solo explorar la eficacia de este enfoque en la formación de profesores, sino también analizar cómo puede adaptarse de forma sensible y eficaz para atender a las necesidades específicas de los estudiantes ciegos y con discapacidad visual en el contexto de la enseñanza de la Astronomía. El enfoque metodológico fue cualitativo, caracterizado como investigación-acción, y la recogida de datos implicó la observación participante y entrevistas en grupos focales. El análisis de los datos se realizó mediante Análisis de Contenido. Según los resultados presentados, la formación continua en Astronomía para la inclusión de estudiantes con discapacidad visual fue evaluada significativamente por los participantes. El enfoque de la metodología mediante rotación por estaciones despertó la creatividad y promovió el intercambio de prácticas entre los participantes. La formación contribuyó positivamente a la práctica docente, proporcionando recursos y estrategias para mejorar la enseñanza de la Astronomía para la inclusión de estudiantes con discapacidad visual en el aula.

PALABRAS CLAVE: Formación de Profesores, Astronomía, Discapacidad Visual, Rotación por estaciones.

ROTATION BY STATIONS: A METHODOLOGICAL PROPOSAL IN THE CONTINUING TRAINING OF TEACHERS IN ASTRONOMY FOR STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENTS

ABSTRACT: This paper presents a methodological proposal resulting from a continuing education experience involving teachers who work with the Science curriculum component in Belém (PA), in which the teaching of Astronomy to visually impaired students was addressed using the active methodology Rotation by Stations. This study aimed not only to explore the effectiveness of this approach in teacher training, but also to analyze how it can be adapted in a sensitive and effective way to meet the specific needs of blind and visually impaired students in the context of teaching Astronomy. The methodological approach was qualitative, characterized as action research, and data collection involved participant observation and focus group interviews. Data analysis was performed through Content Analysis. According to the results presented, the continuing education in Astronomy for the inclusion of visually impaired students was evaluated significantly by the participants. The approach of the methodology using rotation by stations awakened creativity and promoted the

exchange of practices among the participants. The training contributed positively to teaching practice, providing resources and strategies to improve the teaching of astronomy for the inclusion of visually impaired students in the classroom.

KEYWORDS: Teacher training, Astronomy, Visual impairment, Rotation by stations.

1. INTRODUÇÃO

A inclusão na educação tem sido um tema central em discussões educacionais em todo o mundo. A ideia de que todos os alunos, independentemente de suas habilidades físicas ou cognitivas, têm o direito fundamental de receber uma educação de qualidade é amplamente reconhecida. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 1996, Lei nº 9.394/96, representou um passo importante na direção à inclusão educacional no Brasil. Autores como Mantoan (2006, 2018) têm sido fundamentais na defesa da inclusão escolar de pessoas com deficiência no país. A Declaração de Salamanca (1994), uma iniciativa da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), reforça a importância da educação inclusiva em escala global.

No entanto, a implementação efetiva da educação inclusiva ainda é um desafio em muitas escolas e sistemas educacionais. Dentro desse contexto, alunos com deficiência visual frequentemente enfrentam barreiras significativas em sua educação. A falta de recursos adequados, a falta de formação de professores e a falta de conscientização sobre as necessidades desses alunos são apenas algumas das questões que podem dificultar seu acesso a uma educação de qualidade. Esses desafios são ainda mais evidentes no ensino de disciplinas altamente visuais, como a Astronomia.

Um levantamento quantitativo de artigos apresentados no Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA), a partir de 2011 realizado por Almeida et al (2024), revelou uma baixa proporção de trabalhos focados no ensino de Astronomia e inclusão. Em relação ao volume total de publicações investigadas, apenas 6% do corpus analisado abordaram diretamente a temática de pesquisa em questão, sendo considerado bastante baixo em relação à produção acadêmica total do evento. Isso, de acordo com os autores, é bastante relevante quando consideramos o aumento contínuo no número de estudantes público-alvo da educação especial, presentes nos diversos níveis da educação básica e do ensino superior.

A Astronomia é uma disciplina fascinante, que desperta a curiosidade e a imaginação dos alunos. No entanto, para os alunos com deficiência visual, a compreensão dos conceitos astronômicos pode ser um desafio, já que muitos desses conceitos são baseados em representações visuais, como gráficos, imagens e modelos. Dessa forma, é fundamental que os professores estejam preparados para adaptar sua prática pedagógica e garantir que todos os alunos, incluindo aqueles com deficiência visual, possam participar plenamente do

aprendizado.

Diante desse cenário, é possível observar uma lacuna significativa na formação continuada de professores em relação ao ensino de Astronomia para estudantes com deficiência visual, evidenciadas através da escassez de pesquisas e de práticas formativas voltadas para esse público, portanto, indicam a necessidade de investir em estratégias que atendam as necessidades docentes e os auxiliem a superar barreiras que comprometem a efetivação de uma educação inclusiva, principalmente diante da ausência de apropriação de recursos didáticos e metodologias inclusivas.

Langhi e Nardi (2010) direcionaram suas pesquisas para a formação de professores em Astronomia e constataram que os conteúdos dessa área não são trabalhados de forma satisfatória nos cursos de formação inicial, o que reflete uma fragilidade na abordagem de conteúdos de Astronomia nas salas de aula, dificultando a inclusão de alunos cegos nesse campo específico.

Para que haja uma educação inclusiva de qualidade é necessário, dentre muitos fatores, a presença de educadores dispostos a lidar com a diversidade no contexto escolar. As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores na Educação Básica, definem que o professor deve adotar estratégias e recursos pedagógicos que favoreçam o desenvolvimento dos saberes e eliminem as barreiras de acesso ao conhecimento (Brasil, 2019). Além disso, a Resolução CNE/CP nº 2/2019, que institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNCC-F), destaca a importância da construção de práticas pedagógicas que considerem as especificidades dos estudantes e promovam a equidade no processo de ensino e aprendizagem.

Rodrigues, Langhi e Camargo (2018) enfatizam a necessidade de buscar alternativas para auxiliar os professores a superarem as dificuldades na abordagem de temas relacionados à Astronomia, levando em consideração o conhecimento e as necessidades do aluno para elaborar um plano de ação e os recursos necessários. Além disso, Correia (2023) defende que a Astronomia na perspectiva da educação inclusiva precisa considerar o aluno ligado à sua realidade complexa atribuindo significado ao ensino dos conhecimentos científicos apresentando-os a ele de maneira contextualizada.

A escolha do tema deste estudo se justifica tanto por evidência empírica (carência de formação docente) quanto por fundamentos legais e teóricos, como a LDB, a Declaração de Salamanca e a BNCC. Também é importante destacar o Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), que garante o direito à educação em igualdade de condições e oportunidades, e o Estatuto da Criança e do Adolescente (Lei nº 8.069/1990), que assegura a educação de qualidade

para todas as crianças e adolescentes, inclusive aquelas com deficiência.

Nesse sentido, a Resolução CNE/CP nº 2/2019, que institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNCC-F), destaca uma necessidade de preparar os docentes para promover uma educação inclusiva, sensível à diversidade e às especificidades dos estudantes, o que reforça ainda mais a importância de estratégias formativas como a aqui apresentada. Para superar as barreiras apontadas, a formação de professores se mostra essencial. Essa estratégia busca proporcionar um trabalho igualitário e de qualidade, aumentando a permanência dos alunos com deficiência na escola e possibilitando atuações criativas e diversificadas para atender às necessidades individuais de cada aluno (Oliveira, 2024).

A metodologia de rotação por estações surge como uma proposta promissora de metodologia ativa para a formação continuada de professores em Astronomia. Essa proposta envolve a divisão da sala de aula em estações de aprendizagem, onde os docentes trabalham em grupos pequenos, rotacionando entre as estações ao longo do encontro formativo. Cada estação pode oferecer uma atividade ou recurso diferente, permitindo que eles explorem os conceitos de maneira mais prática e interativa (Bacich, Neto & Trevisani, 2015).

Bacich (2016) ressalta que no modelo de rotação os estudantes alternam as atividades realizadas de acordo com um horário fixo ou de acordo com a orientação do professor. As tarefas podem envolver discussões em grupo, com ou sem a presença do professor, atividades escritas, leituras e, necessariamente, uma atividade online. Almeida e De Lima (2025) ressaltam que a aplicação desta metodologia nos trabalhos que foram investigados em sua pesquisa, trouxe benefícios como a aprendizagem ativa, inclusão, cooperação, trabalho colaborativo, criatividade, autonomia, relação com as tecnologias, entre outros.

Ao adaptar a metodologia de rotação por estações para atender às necessidades dos alunos com deficiência visual, os professores podem criar um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e acessível, incorporar recursos táteis, auditivos e tecnológicos nas estações pode ajudar a tornar os conceitos astronômicos mais tangíveis e compreensíveis para esses alunos.

Partindo desta perspectiva, este artigo propõe explorar a contribuição da metodologia de rotação por estações na formação continuada de professores em Astronomia, especialmente no que diz respeito ao ensino de alunos com deficiência visual, bem como, sugerir adaptações e estratégias específicas para ajudar os professores a atenderem às necessidades desses alunos, contribuindo assim para a promoção de uma educação mais inclusiva e acessível para todos.

A partir desse contexto, surge a seguinte questão de pesquisa: Como a metodologia ativa de rotação por estações pode contribuir para a formação continuada de professores da Educação Básica no ensino de Astronomia,

considerando a inclusão de alunos com deficiência visual?

No primeiro encontro do curso de formação continuada “*Astronomia para alunos com deficiência visual*”, foi aplicada a metodologia ativa de Rotação por Estações, permitindo que as professoras participantes vivenciassem, de forma prática e colaborativa, diferentes estratégias de ensino adaptadas para alunos com deficiência visual. No sexto e último encontro, foi realizada uma dinâmica de Grupo Focal na qual os participantes compartilharam suas experiências e impressões sobre a formação e a metodologia utilizada, evidenciando o potencial da abordagem adotada para promover aprendizagens significativas e inclusivas.

A presente pesquisa foi conduzida por meio de uma abordagem qualitativa, caracterizando-se como uma pesquisa-ação. Os instrumentos de coleta incluíram entrevista em grupo focal e observação participante. A análise dos dados foi realizada com base na Análise de Conteúdo (Bardin, 2000), conforme foi detalhado na seção metodológica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino inclusivo é uma premissa fundamental para uma sociedade verdadeiramente justa e igualitária, e nesse contexto, o papel do professor de Ciências é essencial para garantir que alunos cegos e com baixa visão tenham acesso a uma educação de qualidade, visto que, para Glat (2000), uma má formação de professores pode ser uma grande barreira para a inclusão de estudantes no ensino regular. O papel do professor de Ciências na inclusão de alunos com deficiência visual é de extrema importância, uma vez que se trata não apenas de garantir o acesso ao conhecimento científico, mas também de promover a igualdade de oportunidades e o desenvolvimento integral desses estudantes.

Neste contexto, autores e pesquisas atuais destacam a necessidade de abordagens inclusivas e estratégias pedagógicas específicas para atender às demandas de alunos com deficiência visual. Rodrigues e Lima-Rodrigues (2011) ressaltam que o professor tem sido chamado para desenvolver novas estratégias numa perspectiva inclusiva, onde o resultado da sua intervenção promova equidade social e recuse a exclusão no acesso à educação e permanência de qualquer estudante. Nota-se que essa função, antes atribuída apenas aos professores do Atendimento Educacional Especializado (AEE), tem sido direcionada também para os professores das classes regulares, que muitas vezes se encontram sem supervisão e sozinhos, e precisam ser capazes de atender os alunos com deficiência.

É importante salientar que, embora a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015, art. 3º, XIII) preveja a existência de profissionais de apoio, responsáveis por auxiliar os estudantes com deficiência, eles nem sempre estão presentes nas escolas públicas.

Para as autoras Michels (2011); Garcia (2013) e Rossetto (2015), a proposta de formação atual para Educação Especial, pode sinalizar que o projeto de inclusão vigente no país não prepara o professor para o trabalho pedagógico no Atendimento Educacional Especializado (AEE) como também, a formação inicial em licenciatura não prepara o docente para atender a demanda da educação inclusiva nas classes regulares (Tavares; Santos; Freitas, 2016). Para Lippe e Camargo (2009), o professor da classe regular possui a maior responsabilidade de educar o aluno com deficiência visual, ao professor da sala de recursos, cabe orientá-lo e complementar essa educação. Ambos, são de extrema importância para garantir que haja um ensino coerente que favoreça a construção de saberes e que os alunos sejam valorizados em meio à diversidade na escola.

A escolha do professor de Ciências, se sustenta a partir do fato das habilidades a serem desenvolvidas no ensino de Ciências, propostas pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC), estarem fortemente ligadas ao sentido da visão. O ensino de Ciências é desafiador, pois envolve o trabalho com conteúdo abstrato, a organização do currículo disciplinar, bem como a forma que é apresentado, através de imagens ou experimentos, tem sido um desafio para alunos com deficiência visual.

Então, faz-se necessário que o professor busque outros meios de transpor o conteúdo a ser ensinado ao aluno que é cego ou com baixa visão. Castanho e Freitas (2011) afirmam que a inclusão é um processo complexo que necessita de ações coletivas e transformadoras para que seja efetivo o direito de todos à educação. Para Salles e Leite (2018), a responsabilidade da inclusão não é apenas do docente, pois envolve atitudes políticas, sociais e institucionais, mas o professor é um agente de extrema importância nesse processo.

Nesse contexto, os autores apontam que a ação para a inclusão não se limita ao bom senso e experiência profissional, é preciso que os professores recebam formação adequada, que os preparem para desenvolver habilidades e conhecimentos que atendam da melhor forma esse aluno. Além disso, o docente precisa colocar-se na posição de agente transformador, deixando de lado qualquer preconceito ou olhar discriminatório.

Com base nessas considerações, é evidente que a inclusão de alunos com deficiência visual nas aulas de Ciências requer ações concretas para preparar os professores, fornecendo recursos alternativos e estratégias de ensino que atendam às necessidades dos alunos com deficiência visual. A formação docente adequada é um pilar fundamental para garantir que a educação seja inclusiva e

acessível, permitindo que todos os alunos participem de forma igualitária e efetiva nas aulas de Ciências.

Ao considerar o ensino de Astronomia dentro deste contexto, a formação de professores é essencial para garantir que os alunos tenham acesso a um ensino de qualidade e sejam inspirados a explorar o vasto universo da ciência. Segundo Rodrigues, Langhi e Camargo (2018), os professores têm o desafio de tornar o ambiente favorável para a construção do conhecimento, sendo necessário planejamento e estímulo dos alunos para que participem das aulas e consigam agir criticamente na sociedade.

Autores como Garcia (1999) e Nóvoa (1992) apontam falhas na trajetória formativa de professores, carências na formação inicial e até mesmo a “pobreza conceitual”, revelam que os conteúdos de Astronomia não estão sendo contemplados adequadamente conforme as diretrizes que regulamentam a formação docente (BRASIL, 2002). Garcia (1999) defende que os professores precisam receber formação para o ensino de conteúdos que eles ministram, pois isso influencia no processo de ensino e aprendizagem.

Rodrigues, Langhi e Camargo (2018) discutem alguns problemas envolvendo a formação de professores e o ensino de Astronomia, dentre eles se destacam: A falta de tempo diante do cronograma previamente estabelecido; a falta de habilidade e experiência em como tratar a disciplina diante das lacunas não preenchidas na formação inicial; a formação inadequada dos professores, os quais alegam que em sua formação inicial não estudam o tema; a ausência de um número considerável de astrônomos no Brasil; a disseminação da temática em outras disciplinas o que, segundo os professores, diminui a importância do tema, visto que outros professores irão abordar o mesmo problema de outra forma; e os erros conceituais em livros didáticos.

Em um estudo recente feito por Santos, Malacarne e Langhi (2025) os autores destacam um papel importante do ensino da Astronomia para estabelecer relações entre o aluno e a dinâmica do Universo, tendo o professor como facilitador e mediador na construção desse conhecimento. Os autores expressaram preocupação com o fato de que grande parte dos professores participantes da pesquisa não tiveram contato formal com a Astronomia durante sua própria formação.

Portanto é necessário que haja alguns saberes docentes tanto em relação ao domínio do conteúdo, quanto de conhecimentos específicos necessários para mediar de forma adequada a construção de conhecimentos em Astronomia, como área específica, bem como da própria Ciência (Camargo, 2017), saberes esses que devem possibilitar por exemplo, que alunos com deficiência visual também sejam ativos no processo de aprendizagem. Batista et al (2024) ressalta que ainda existem desafios persistentes na formação de professores em

Astronomia, como a falta de recursos adequados e o tempo limitado disponível para o desenvolvimento profissional. Portanto, é importante considerar estratégias para superar esses obstáculos e expandir o acesso à formação de qualidade.

Conforme o levantamento de Santos, Paganotti e Leão (2021), vários cursos de graduação nas áreas de Ciências (Biologia, Física e Química) não apresentam em suas matrizes curriculares disciplinas que promovam uma formação específica em Astronomia e concluem que a produção acadêmica sobre o Ensino de Astronomia para alunos com deficiência visual, ainda é muito baixa no Brasil.

Dominici et al. (2008) trazem algumas reflexões acerca da formação continuada de professores na área de Astronomia e a oportunidade de construir os materiais adaptados para alunos com deficiência visual, como por exemplo, oficinas para professores que fazem esse atendimento especializado. França e Siqueira (2019), também apontam para a necessidade de formação docente adequada para atender alunos com deficiências e o desenvolvimento de materiais didáticos e atividades que emitam sons, possam ser tocados ou manipulados, para que o aluno com deficiência consiga observar o fenômeno a ser estudado.

Como apontado acima, o desafio na formação de professores para o ensino de Astronomia engloba diversas questões, desde a falta de tempo e planejamento até desafios específicos no ensino inclusivo. Entre as principais dificuldades estão a carência na formação inicial, problemas na formação dos professores, desafios no ensino inclusivo e erros conceituais em livros didáticos. A falta de preparo dos professores, a ausência de cursos específicos em Astronomia e a exclusão de alunos com deficiência visual são preocupações destacadas.

A importância da formação continuada, recursos didáticos e metodologias adaptadas e um apoio teórico consistente também são enfatizados. A perspectiva de Educação Inclusiva em Astronomia e a necessidade de desenvolver materiais específicos para atender alunos com deficiência completam o panorama, ressaltando a complexidade do ensino dessa disciplina e a busca por abordagens pedagógicas mais eficazes e inclusivas.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa possui uma abordagem metodológica de cunho qualitativo (Lüdke; André, 1986), o qual promove a compreensão mais próxima da realidade investigada, a partir da observação e/ou interação com os sujeitos envolvidos (Marques, 2014), segue um contorno exploratório a partir do modelo de

pesquisa em contexto colaborativo, onde todos os participantes agem de modo cooperativo no desenvolvimento de melhorias e inovações sobre suas práticas sociais (Zuber-Skerritt, 1992).

No caso desta pesquisa, a colaboração foi incentivada por meio de momentos de discussão em grupo, socialização de práticas pedagógicas e tomada de decisões coletivas sobre adaptações de recursos didáticos, além disso, os professores também participaram da construção de materiais acessíveis e da avaliação crítica das atividades propostas, contribuindo para o aprimoramento das estratégias inclusivas ao longo do curso.

A investigação foi conduzida por meio da pesquisa-ação (Thiollent, 2022), em que desenvolveu-se em contexto real com a participação ativa dos sujeitos, visando à transformação da prática observada e o pesquisador atuou juntamente com os sujeitos participantes do estudo, desempenhando um papel ativo, visando a transformação de atitudes, práticas e situações, onde o conhecimento gerado busca a transformação da realidade e o empoderamento das comunidades envolvidas.

Para o desenvolvimento da pesquisa trabalhamos com as cinco fases da pesquisa ação proposta por Thiollent (2022): 1) Diagnóstico: para detectar um problema específico de determinada realidade; 2) Planejamento da ação: possíveis caminhos para elucidar/solucionar o problema encontrado; 3) Execução da ação: sistematização de um roteiro para as ações planejadas; 4) Avaliação da ação: reflexão sobre o alcance dos objetivos; 5) Identificação da aprendizagem: retorno ao ponto de partida da pesquisa para evidenciar se ocorreu a construção de aprendizagens relativas ao problema específico.

Participaram da formação continuada, em torno de 19 professores da rede pública de ensino do município de Belém (PA), que atuam na Educação Básica, especialmente nas áreas de Ciências. Foi realizado um levantamento inicial, por meio de formulário diagnóstico, que permitiu identificar o perfil dos participantes, incluindo o tempo de docência, área de formação inicial, experiências prévias com alunos com deficiência e familiaridade com o ensino de Astronomia.

O curso foi realizado em formato híbrido, com encontros presenciais e atividades online assíncronas em algum Centro de Ciências, localizado no estado do Pará, reunindo diversas atividades no formato físico e virtual, com propostas replicáveis para o ensino. Os momentos online foram fundamentais para aprofundar a discussão dos temas abordados nas estações presenciais, ampliar a participação dos professores e o compartilhamento de materiais. Além disso, as interações digitais forneceram dados complementares para a pesquisa, como comentários reflexivos dos participantes, dúvidas frequentes e sugestões espontâneas registradas em plataformas virtuais, que foram

consideradas na análise qualitativa. O encontro em que a metodologia Rotação por Estações foi apresentada, aconteceu de forma totalmente presencial.

Para o curso de formação, tínhamos como objetivo principal mostrar estratégias para o ensino de Astronomia que podem ser adaptadas para a sala de aula e serem utilizados com alunos cegos ou com baixa visão, para isso, utilizamos a metodologia ativa de “rotação por estações” com os professores participantes. Segundo Souza e Andrade (2016), os processos de ensino e aprendizagem tradicionais não atendem mais às demandas do mundo contemporâneo, nesse contexto surge o Ensino Híbrido, conhecido também como *Blended Learning*.

De acordo com Moran (2017), é uma metodologia de ensino ativa que se caracteriza por mesclar dois modelos de ensino: o presencial e o *online*, compreende momentos de estudo individual e em grupo, com o professor-pesquisador e os colegas, valorizando a autonomia e o trabalho colaborativo.

Com o propósito de utilizar uma estratégia condizente com o cenário técnico científico atual e proporcionar um ambiente de aprendizagem mais ativo e dinâmico, optou-se pela utilização da metodologia Ativa “Rotação por Estações de Aprendizagem”, esse é um dos modelos de organização do ensino híbrido e ainda está subdividido em: Rotação por Estações de Trabalho, Laboratório Rotacional, Sala de Aula Invertida e Rotação Individual, que incorporam a sala de aula tradicional com a educação *online*.

Souza e Andrade (2016) explicam que no modelo de Rotação por Estações de Trabalho, o professor deve organizar a sala com pontos específicos e com uma programação fixa para que os alunos possam fazer um rodízio em um tempo estabelecido ou até que a atividade seja cumprida, destacam que as práticas para cada estação podem assumir diversos formatos, abrangendo tarefas de leitura, escrita, produção, discussão, exercícios, atividades em plataformas virtuais, atividades envolvendo aplicativos e recursos tecnológicos.

Para analisar a avaliação desta proposta metodológica foi utilizado entrevistas do tipo grupo focal. A técnica de grupo focal é uma derivação de entrevista coletiva semiestruturada, conduzida por um moderador (pesquisador), com questões previamente planejadas sob a forma de um guia que norteia as perguntas de forma flexível e que parecem espontâneas para quem está participando (Dias, 2000; Giovinazzo, 2001; Galego e Gomes, 2005).

De acordo com Galego e Gomes (2005), o moderador promove a interação entre os participantes e direciona os caminhos da entrevista, controla dispersões e proporciona um clima favorável e o respeito às ideias dos participantes. É aconselhável que a dinâmica tenha no mínimo 6 participantes e o máximo 12 e se estenda, no máximo, por 2 horas.

Nesta pesquisa, o grupo focal foi realizado no último encontro da formação, com o objetivo de captar as percepções, consensos e divergências dos participantes sobre o curso e os recursos didáticos. Participaram um grupo de 10 professores durante a entrevista do tipo grupo focal, tendo como critério de seleção a participação efetiva nos encontros formativos e o interesse voluntário em participar da discussão. A sessão foi gravada em áudio com consentimento prévio dos participantes e posteriormente transcrita para análise e teve duração de 1h e 45 minutos.

O grupo focal foi orientado por um roteiro de perguntas semiestruturadas, elaborado com base nos objetivos da pesquisa e nas diretrizes da abordagem qualitativa, como questões abertas, reflexivas e avaliativas, buscando favorecer a expressão de percepções, experiências pessoais e opiniões críticas sobre a formação, destacando-se a avaliação da estrutura da formação (formato, número de encontros, abordagem metodológica); significância dos conteúdos trabalhados; dificuldades enfrentadas durante o processo formativo; vivência da colaboração entre professores; aplicabilidade da formação na prática docente; percepção sobre aprendizados e atendimento às necessidades formativas; propostas de metodologias e recursos inclusivos para o ensino de Astronomia.

A metodologia de análise dos dados recolhidos das entrevistas foi realizada a partir da Análise de Conteúdo (Bardin, 2011). Se aplica a análise de textos escritos ou de qualquer comunicação (oral, visual e gestual) reduzida a um texto ou um documento (Chizzotti, 2000). Neste trabalho, a Análise de Conteúdo dos dados recolhidos foi feita a partir das transcrições das dinâmicas de Grupo Focal, o texto transcrito da gravação consistiu em um registro de opiniões e experiências compartilhadas por diferentes participantes do curso de formação, com foco na temática da inclusão e acessibilidade para pessoas com deficiência visual.

A Análise de Conteúdo organiza-se em três polos cronológicos: A pré-análise; a exploração do material; e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. A primeira fase consiste na escolha do material a ser analisado, a formulação de hipóteses e objetivos, para isso é realizado a leitura “flutuante” dos materiais, sobre a qual foram elaboradas dimensões de análise, cada qual com seus temas internos. As hipóteses e objetivos foram definidos, sendo responsáveis pela constituição dos índices e indicadores. A exploração do material consiste em codificar, decompor, enumerar e categorizar as informações e o tratamento dos resultados visa tratar os significados de modo a serem significativos e válidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Relato da aplicação da metodologia de rotação por estações

No primeiro encontro formativo, que teve por objetivo apresentar a importância da participação dos professores, a perspectiva colaborativa e a sensibilização para a perspectiva da inclusão e do ensino de Astronomia, os professores foram apresentados à Metodologia Ativa Rotação por Estações de Aprendizagem. É importante enfatizar que as atividades foram planejadas de modo com que os professores possam desenvolvê-las em sala de aula e aplicá-las de acordo com a sua realidade.

A experiência ocorreu com seis estações de trabalho em conteúdos de Astronomia, conforme representado pela Figura 1. Os participantes receberam as instruções e foram divididos em 5 grupos de 3 pessoas e 1 grupo com 4 pessoas, cada grupo foi direcionado para uma estação.



Figura 1. Representação esquemática das estações de trabalho. Fonte: Os Autores.

Em cada estação, foi colocado uma placa de papel com a descrição da atividade que eles deveriam cumprir em 15 minutos. Após a sinalização, faziam o rodízio das estações na ordem. A atividade durou 1h30 minutos, dinâmica e interativa, com atividades diversificadas.

A primeira estação de aprendizagem teve como objetivo principal, possibilitar aos professores testarem os seus conhecimentos acerca da Astronomia básica através de um jogo. Segundo Fardo (2013), o jogo aplicado em ambientes de aprendizagem é uma estratégia pedagógica que concorda com Vygotsky (1991), a respeito da interação entre aprendizagem e desenvolvimento,

na medida em que a gamificação é apresentada como um método que pode potencializar o ensino e a aprendizagem.

A partir disso, é que se justifica a utilização da gamificação como estratégia para trabalhar com indivíduos inseridos na cultura digital. Foi disponibilizado um *tablet* e um aplicativo instalado chamado “Astronomia”, disponível na *Play Store* para *Android* (Figura 2A). Em grupo, os professores discutiam as perguntas do jogo e clicaram na resposta que achavam adequada (Figura 2B).



Figura 2. 1ª Estação de aprendizagem – A) Interface do jogo “Astronomia” na *Play Store*; B) Professores discutindo as perguntas do jogo. Fonte: A) <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.habapps.astronomy&hl=pt&gl=US&pli=1>; B) Os autores.

A segunda estação de aprendizagem teve como objetivo principal, possibilitar aos professores a visualização do céu em tempo real, por meio do *software* denominado *Stellarium*. Os professores apontaram as câmeras dos seus celulares para o *Qr Code* disponibilizado na placa descritiva da atividade.

Para baixar o aplicativo *Stellarium* (Figura 3) e manuseá-lo foi disponibilizado *internet* por meio de rede *Wi-fi*.



Figura 3. A utilização do aplicativo *Stellarium* mobile para a segunda estação de aprendizagem. Fonte: <https://Stellarium-labs.com/Stellarium-mobile-plus/>.

De acordo com Longhini e Menezes (2010), esse *software* é um excelente objeto de ensino e de aprendizagem para o ensino de Ciências e outras áreas afins, pois se constitui como uma ferramenta que possibilita ao professor criar desafios e questões para explorar diversas temáticas em Astronomia. Além disso, é possível após o *download* gratuito do programa (para *notebook*) ou do aplicativo (para *smartphones*), utilizá-lo de forma *offline*.

O *Stellarium* é um programa gratuito, de código-fonte aberto, que se constitui, segundo nossa interpretação, com ampla capacidade para explorar aspectos relacionados à Astronomia. Ele permite mostrar o céu em condições muito próximas às reais, simulando o que podemos ver à vista desarmada ou empregando instrumentos astronômicos. Além disso, disponibiliza informações acerca dos corpos celestes e possibilita a visualização da visão céu a partir de ambientes como Marte, Lua e Oceanos (Longhini; Menezes, 2010).

Após a exploração do presente *software*, os professores escolheram uma constelação e tentaram representá-la em uma semiesfera de isopor, como uma forma de construir um protótipo de cúpulas táteis, por exemplo, conforme exposto na Figura 4. Para cada grupo, foi disponibilizado uma semiesfera de isopor de 30 cm de diâmetro, tachinhas, um tubo de barbante e cola de isopor.

As tachinhas seriam utilizadas para representar as estrelas e o barbante para representar as linhas dos desenhos das constelações (asterismos). Além disso, mostra como os professores estão dialogando a respeito da construção da semiesfera tátil, conforme é visto na Figura 5.



Figura 4. Semi-esfera de isopor mostra as constelações de maneira tátil-visual. A fim de diferenciar estrelas de diferentes magnitudes usou-se tachinhas de vários tamanhos. Fonte: <http://cienciaviva.org.br/index.php/2020/03/28/tou-tocando-o-universo/>.



Figura 5. Momento da formação em que os professores estão dialogando a respeito da construção das constelações na semiesfera de isopor. Fonte: Os autores.

Nesta terceira estação, o objetivo foi despertar o interesse dos professores pelos saberes culturais que envolvem a Astronomia e as constelações brasileiras e prepará-los para um novo olhar sobre o conhecimento acerca da cultura do céu amazônico pensando nesses saberes como estratégia para contextualizar o ensino de Astronomia em sala de aula. Segundo os autores Jafelice (2013, 2015) e Bueno, Oliveira e Nogueira (2020), a Astronomia Cultural permite uma abordagem antropológica no ensino de Astronomia sob a perspectiva de vários povos, como ribeirinhos, quilombolas e indígenas, que valoriza os conhecimentos tradicionais, dos povos no contexto amazônico e contribui para mudar visões inadequadas e eurocêntricas em relação aos saberes do céu.

Foi disponibilizado um *notebook* com acesso à *internet* para os participantes assistirem a um vídeo (Figura 6A). Os professores discutiram sobre o vídeo e fizeram anotações no caderno sobre informações que consideravam pertinentes (Figura 6 B).



Figura 6. 3ª Estação de aprendizagem – A) Utilização do vídeo “Constelações indígenas” na atividade; B) Professores assistindo ao vídeo e fazendo as suas anotações. Fonte: A) <https://youtu.be/8TqXHNBPAbk>; B) Os autores.

O objetivo da quarta estação de aprendizagem foi proporcionar aos professores o conhecimento e o manuseio de algumas propostas de recursos táteis-visuais, ou seja, materiais acessíveis tanto pelo tato quanto pela visão, podendo ser utilizados por alunos cegos, baixa visão e videntes. Alunos cegos, por exemplo podem acessar o material através do tato; para os estudantes com baixa visão, o material é ampliado e possui alto contraste e videntes acessam tanto o tátil quanto o visual, portanto, o aproveitamento do recurso pode variar de acordo com a experiência sensorial de quem for manusear e da estratégia didática utilizada.

Da figura 7 até a 12, mostra-se diferentes tipos de materiais que foram utilizados para ilustrar os conhecimentos básicos de Astronomia, tais como, fases da lua (Figura 7), incidências de raios solares nos hemisférios (Figura 8), os planetas rochosos (Figura 9), os planetas gasosos (Figura 10), movimento de rotação da Terra (Figura 11) e crateras na lua e constelações indígenas (Figura 12), ambas estão no contexto de um aluno com deficiência visual.

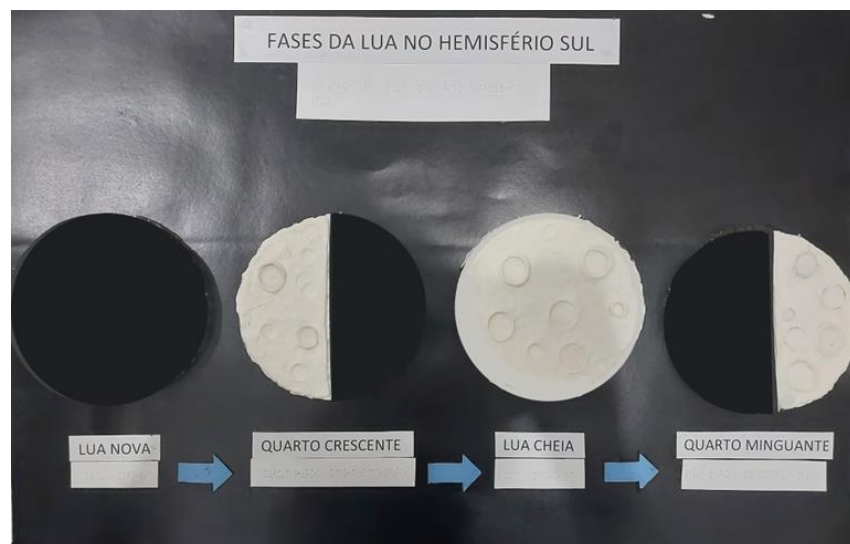


Figura 7. Representação tátil-visual das quatro principais fases da Lua vista no Hemisfério Sul. Além disso, os respectivos nomes estão no sistema de escrita tátil, isto é, Braille. Fonte: Os autores.

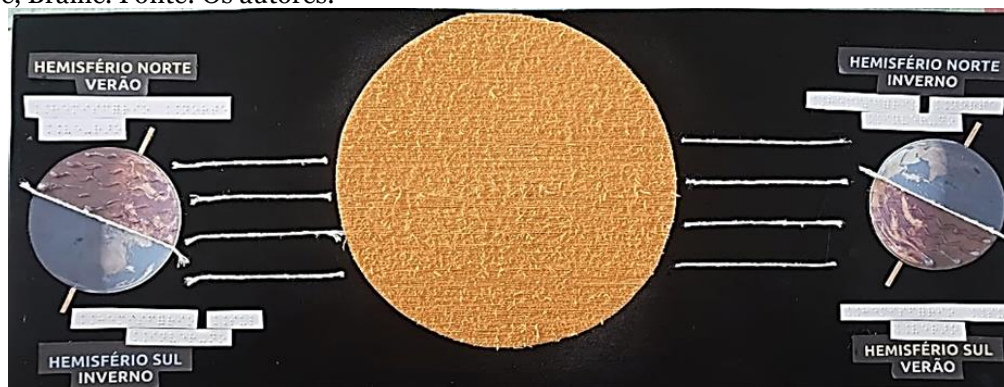


Figura 8. Representação tátil-visual da incidência dos raios solares sobre os Hemisférios Norte e Sul da Terra, ressaltando que os astros estão fora de escala. Além do mais, em quais parte do globo terrestre é verão e inverno. Fonte: Os autores.



Figura 9. Representação tátil-visual dos planetas rochosos do Sistema Solar (fora de escala) e com os seus respectivos nomes em Braille. Fonte: Os autores.



Figura 10. Representação tátil-visual dos planetas gasosos do Sistema Solar (fora de escala) e com os seus respectivos nomes em Braille. Fonte: De autoria própria (2023).

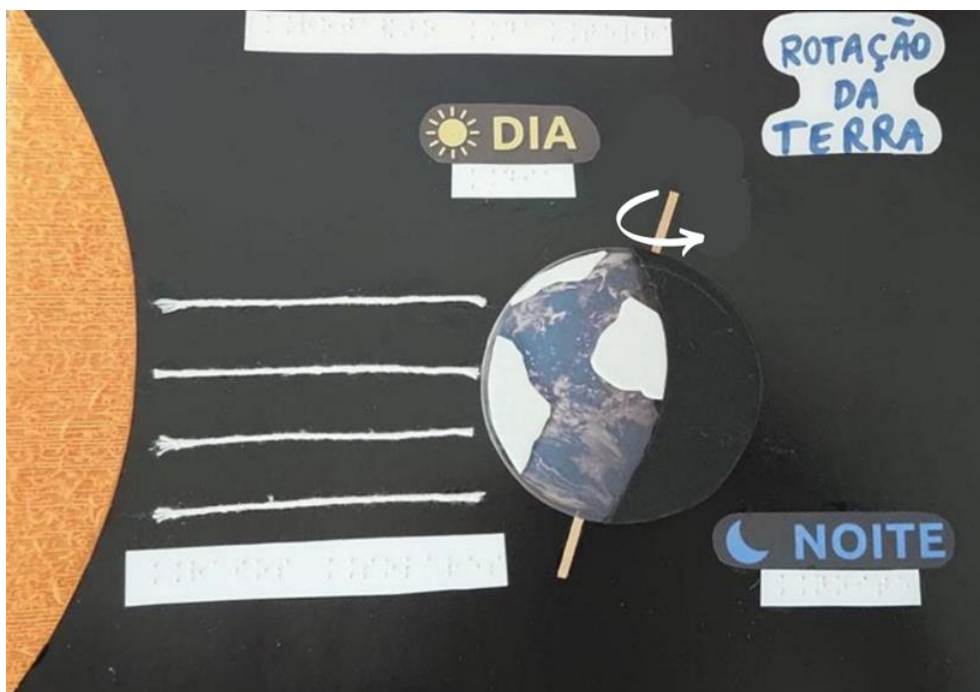


Figura 11. Representação tátil-visual do movimento de rotação da Terra (fora de escala) e transcrito para o Braille. Fonte: Os autores.

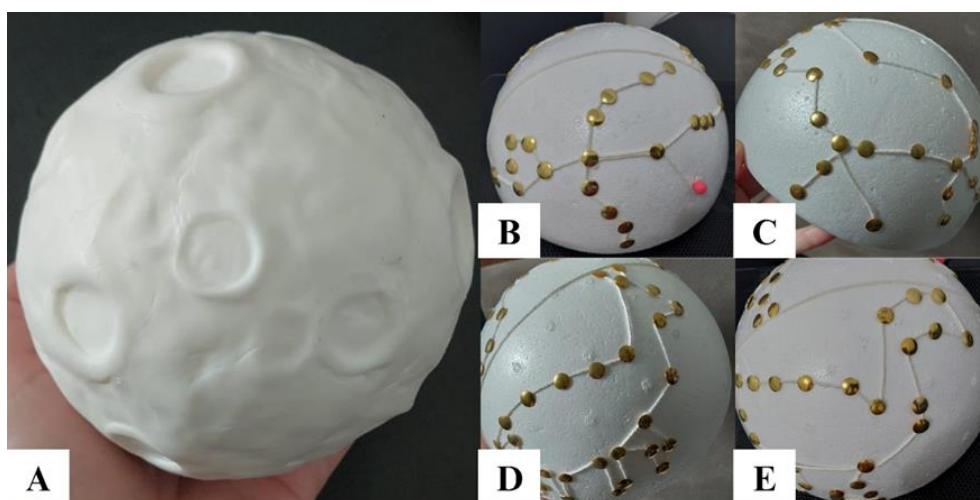


Figura 12. Representações táteis-visuais da Lua e algumas constelações indígenas – A) Representação tátil 3D da Lua e suas crateras; B) Representação tátil-visual da constelação do Homem-Velho em semiesfera de isopor; C) Representação tátil-visual da constelação da Anta em semiesfera de isopor; D) Representação tátil-visual da constelação do Veado em semiesfera de isopor; E) Representação tátil-visual da constelação da Ema em semiesfera de isopor. Fonte: Os autores.

Após tocar e analisar os materiais, os professores foram convidados a discutirem com os colegas de grupo suas opiniões a respeito dos recursos de tecnologia assistiva presentes na quarta estação, através de um questionário com as seguintes perguntas:

- O tamanho dos recursos didáticos é adequado?
- Você consegue identificar os elementos que compõem este recurso?
- O material tem um toque agradável ou machuca?
- Este recurso auxilia na compreensão dos conteúdos?

Os professores anotaram suas percepções no caderno disponibilizado no 1º momento do encontro (Figura 13). Os recursos apresentados foram produzidos pela equipe de pesquisa deste trabalho, com base na revisão de literatura sobre materiais táteis e sensoriais para alunos cegos e com baixa visão, de autores como Correia (2023); Bernardes e Souza (2011); Nunes e Dutra (2021); De Araújo Soares, Castro e Delou (2015), e outros, se atentando para atender às características de recursos de qualidade e eficazes para alunos.

Todos os recursos possuem descrição impressa e em Braille (feito manualmente com reglete e punção). Esses recursos foram produzidos com materiais de baixo custo facilmente encontrados em papelarias ou materiais de artesanato.



Figura 13. Momento em que os professores estão analisando os recursos táteis na Estação 4. Fonte: Os autores.

Diversos autores ao longo dos anos têm destacado a relevância desses recursos como ferramentas práticas para o ensino e a inclusão de alunos com deficiência visual, proporcionando-lhes uma experiência educacional mais rica

e significativa. Dentre os autores estão Andrade e Iachel (2017); Nunes e Dutra (2021); Bernardes (2009); Oliveira, Biz e Freire (2002); Lima e Fonseca (2016); Soares, Castro e Delou (2015); Figueira e Bartelmebs (2021); Martins, Silva e Marques (2021), entre outros.

A importância de recursos táteis para alunos com deficiência visual é amplamente reconhecida e sustentada por diversos autores ao longo dos anos. Esses recursos não apenas facilitam o acesso à informação, mas também promovem o desenvolvimento cognitivo, a independência e a igualdade educacional.

Na quinta estação de aprendizagem, o objetivo foi apresentar aos professores o sistema de escrita para pessoas cegas de uma forma mais dinâmica e descontraída. Foram dadas aos professores vários papéis com frases escritas em Braille, feitas pela equipe de pesquisa de forma manual com reglete e punção. Foi disponibilizado para os professores um alfabeto Braille para auxílio da atividade, os professores escolhiam a frase que desejavam traduzir e escreviam à caneta o que estava escrito na frase em Braille (Figura 14).

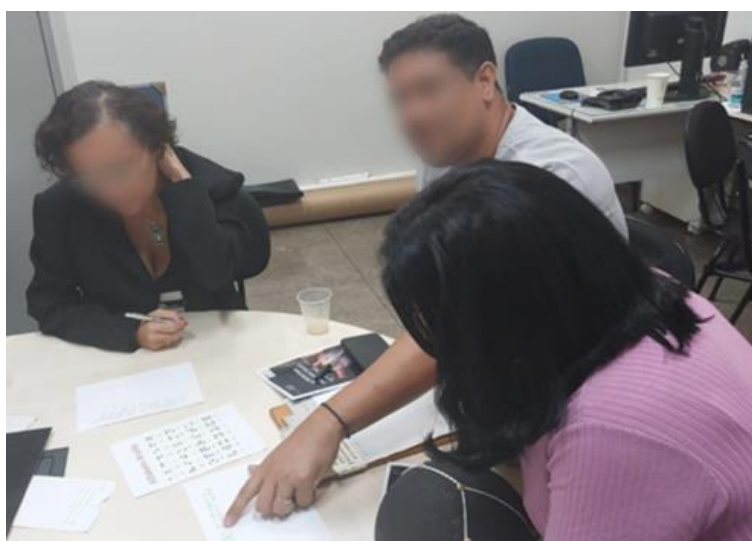


Figura 14. Professores tentando desvendar as frases escritas em Braille. Fonte: Os autores.

Na sexta estação, o objetivo foi possibilitar aos professores a noção e comparação entre os planetas e o sol em escala (Figura 15). Segundo Leite (2006), os professores possuem dificuldade em estimar distâncias e medidas astronômicas, talvez pelo fato de terem estudado o universo de forma fragmentada e não como um todo que se relaciona.

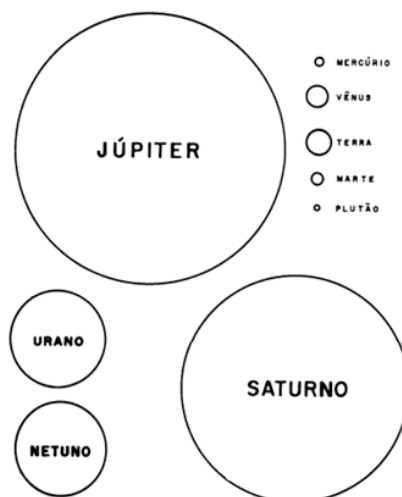


Fig. 1 – Discos dos planetas na escala adotada.

Figura 15. Discos dos planetas do Sistema Solar em escala. Fonte: Canalle e De Oliveira (1994).

Os professores receberam uma folha que apresenta os discos dos planetas em escala, a partir desse molde deveriam amassar bolas de papel até o tamanho desejado para caber perfeitamente no disco (Figura 16). Ao final da atividade, cada grupo tinha seu próprio sistema solar em escala feito de papel. Foi ressaltado para os professores a informação de que Plutão foi reclassificado de “planeta” para “planeta-anão”, devido às definições de planeta que foram apresentados na 26ª Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (Albuquerque e Leite, 2016). A Figura 16 retrata a participação dos professores nessa estação.



Figura 16: Professores montando o sistema solar de papel conforme o molde. Fonte: Os autores.

4.2 Análise e discussão dos resultados

A análise dos dados foi realizada com base na Análise de Conteúdo, conforme proposta por Bardin (2011), contemplando as três etapas principais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

Na pré-análise, as falas foram transcritas integralmente e organizadas em um documento único, que constituem um registro de opiniões e experiências compartilhadas por diferentes participantes do curso de formação. Em seguida, foi realizada a leitura flutuante de todas as transcrições do grupo focal, a fim de se familiarizar com o conteúdo e identificar os primeiros núcleos de sentido.

A exploração do material consistiu na codificação das unidades de registro neste caso, trechos de fala com sentido completo relacionados aos objetivos da formação, experiências de aplicação prática, dificuldades e percepções dos participantes. As unidades foram agrupadas em categorias temáticas, construídas de forma indutiva, ou seja, emergiram dos dados a partir da recorrência de temas, palavras e significados identificados, sendo validados por meio da triangulação entre diferentes fontes de dados como observação e entrevista.

A etapa de tratamento e interpretação dos resultados envolveu a análise das relações entre as categorias, buscando identificar tensões, contradições, convergências e significados simbólicos expressos nas falas dos participantes. A interpretação foi orientada pelos referenciais teóricos da educação inclusiva, da formação docente e das metodologias ativas. A análise foi realizada manualmente, sem uso de software de apoio, dada a possibilidade de acompanhamento direto do corpus qualitativo.

A partir da leitura flutuante da transcrição da entrevista, com base em Bardin (2000), foram definidas algumas dimensões e temas a serem analisados durante a pesquisa, conforme apresentado (quadro 1) As hipóteses e objetivos foram definidos, dando origem aos índices e indicadores. Para avaliar a formação continuada e a metodologia utilizada no primeiro encontro formativo apresentamos uma síntese das inferências ao final das análises da dimensão.

Quadro 1: Dimensões de análise e seus temas.

Dimensões de análise	Temas
1. Perspectiva colaborativa	1A- Interação entre os participantes
2. Formação de professores	2A- Críticas à formação inicial de professores 2B- Mudança de conduta profissional
3. Dificuldades e pontos positivos da formação	3A- Questões pessoais dos participantes 3B- Astronomia e inclusão 3C- Pontos positivos da formação
4. Estrutura e organização da formação	4A- Formato híbrido 4B- Quantidade de encontros

Fonte: De autoria própria (2025).

A perspectiva colaborativa na formação de professores continua a ser uma abordagem fundamental e em evolução na educação. Para Imbernón (2011), a formação deve ocorrer de maneira coletiva, sustentada pela reflexão conjunta, esse ponto de vista defende que os educadores se beneficiam ao compartilhar conhecimentos, experiências e recursos.

Ibiapina (2008) destaca o papel essencial do pesquisador como mediador nesses processos colaborativos. O mediador tem a importante função de encorajar os participantes a expressarem suas opiniões, ideias e participarem ativamente do processo dialógico. Essa mediação promove um ambiente propício para compartilhar significados, questionar ideias, concordar ou discordar das opiniões dos colegas, fomentando uma construção conjunta do conhecimento, o que pode ser evidenciado pelas falas dos participantes.

Cada planeta ou elemento astronômico representa um participante, que expressa suas impressões sobre o curso, as metodologias utilizadas, o formato híbrido (presencial e *online*) das aulas, a duração do curso e a organização dele. Ressaltamos que o grupo de professores assinou o termo de consentimento livre e esclarecido e o documento que aprova o uso da imagem e do áudio dos participantes, garantindo o sigilo dos seus dados pessoais. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) com o número de parecer: 5.741.695.

Júpiter: “[...] a gente acabou fazendo esse networking, se conhecendo, conhecendo novas pessoas, criando amizades, aprendendo coisas novas”.

Mercúrio: “[...] Como o curso propõe uma metodologia bem ativa, colaborativa, isso contribui para essa experiência e troca de aprendizado que tivemos aqui, cada um mostrando um pouquinho o que sabe, o que aprendeu, o que conseguiu montar”.

Damiani (2008), aborda a importância do desenvolvimento de trabalhos colaborativos entre docentes, que visem atingir objetivos comuns negociados pelo coletivo, nesse caso, os professores se apoiam e trabalham juntos a fim de construir conhecimentos teóricos e práticos para atender alunos com deficiência visual. Segundo a autora, na colaboração, opta-se por relações que tendem à não-hierarquização, liderança compartilhada, confiança mútua e corresponsabilidade pela condução das ações.

A troca de conhecimento entre os professores deve ser norteadada pelo respeito mútuo, pela abertura às diferentes perspectivas e pelo compromisso com a construção coletiva do saber pedagógico. Somente dessa forma, será possível potencializar os benefícios da colaboração na formação docente e, conseqüentemente, promover melhorias significativas na qualidade da educação. Essa estratégia reitera a concepção de Vygotsky (1991), de que a aprendizagem ocorre pelas interações sociais. Na dimensão de análise “formação de professores” tivemos como hipótese que os professores reconhecem que a formação inicial não é capaz de suprir as demandas relacionadas ao ensino de Astronomia, nem à inclusão. As falas a seguir representam indicadores desta categoria.

Via Láctea: “[...] Realmente, na graduação a gente não vê Astronomia não, mesmo quando a gente faz especialização em ensino de Ciências, também não vemos, até já fiz um levantamento de várias grades curriculares das licenciaturas”.

Canis Majoris: “[...] Como professor de biologia também posso dizer que a gente não vê quase nada sobre Astronomia”.

Marte: “[...] Na graduação eu não vi, mas nas regulamentações (BNCC) está presente e temos que dar conta”.

Júpiter: “[...] Eu sou muito graciado pelo fato de estudar na melhor universidade do estado (risos) e cursar Física que tem uma disciplina que se chama introdução à Astronomia”.

Terra: “[...] Não temos muitas oportunidades de formação continuada e quando tem, é durante a semana”.

A fala dos participantes escancara a negligência do conteúdo de Astronomia nas licenciaturas em Ciências e Biologia, sendo evidenciadas através das falas de Via Láctea e Canis Majoris, uma contradição entre o que exige a BNCC e o que é oferecido na formação inicial de professores, que coloca

os docentes em uma posição de vulnerabilidade didática e os leva a buscarem iniciativas por conta própria para suprir essas necessidades formativas.

Slovinski, Alves-Brito e Massoni (2023), apontam que os professores atuantes na área das Ciências da Natureza, apesar de serem originários de licenciaturas, onde ocorre uma formação eminentemente disciplinar, terão o desafio de ministrar aulas que engloba saberes disciplinares de outras áreas e que não foram adquiridos formalmente durante sua formação inicial. Assim, terão que lecionar conteúdos previstos pela BNCC que, a princípio, não se encontram em seu arcabouço intelectual.

A ausência de formação em Astronomia nos cursos de graduação em Pedagogia e Biologia é uma questão que limita a capacidade dos professores de abordar conteúdos astronômicos em sala de aula. Essa falta de conhecimento pode levar a uma superficialidade no ensino dessa Ciência, o que não permite o desenvolvimento de uma compreensão mais ampla e aprofundada por parte dos alunos.

Esse problema observado, alinham-se às ideias de Slovinski, Alves-Brito e Massoni (2023) que explicam que os cursos de formação inicial de Ciências da Natureza não comportam saberes disciplinares essenciais de Astronomia e assim dificultam o adequado desenvolvimento dos saberes experienciais e da autonomia docente.

Além disso, essa dificuldade se acentua quando o foco é a inclusão de alunos cegos e/ou com baixa visão, mostrando uma lacuna na formação desses educadores para lidar com a diversidade dos alunos, tornando a educação científica para estudantes com deficiência visual desafiadora o que podemos constatar de acordo com indicador das falas extraídas a seguir.

Júpiter: “[...] O que deixa a desejar é essa relação voltada para alunos com deficiência visual”.

Vênus: “[...] A gente só vê propostas para Libras, não tem nada voltado para a cegueira, baixa visão”.

Lua: “[...] na minha grade curricular, há apenas matéria de Libras voltada para um ensino inclusivo. Não possuo muito conhecimento sobre ensino para deficientes visuais”.

As falas de Júpiter, Vênus e Lua apontam para uma negligência as especificidades da inclusão e ausência de compromisso com uma real formação inclusiva, mostrando que há uma distância significativa entre a normatização educacional e a preparação docente. É evidente que há o desejo dos participantes em inovar e incluir, mas esbarram em uma formação fragmentada e descompromissada em oferecer subsídios para atender essa diversidade, ou seja, excludente.

Esses relatos dos professores, corroboram com os resultados de Rodrigues, Langhi e Camargo (2018) que revelam a falta de preparação específica para lidar com essas necessidades, que acabam criando barreiras no processo educacional, excluindo alunos com deficiência visual do acesso aos conteúdos astronômicos e escancaram um sistema de ensino despreparado na perspectiva da Educação Inclusiva.

Por esse motivo, é fundamental que os cursos de formação inicial e continuada forneçam conhecimentos e estratégias para abordar a Astronomia de maneira inclusiva, garantindo que todos os estudantes possam participar ativamente das atividades relacionadas a essa Ciência.

Na dimensão de análise dificuldades e pontos positivos na formação destacamos o tema de Astronomia e inclusão tendo como hipótese que os professores que nunca, ou pouco estudaram a Astronomia, sentem dificuldades na prática do ensino desse conteúdo para alunos com deficiência visual. Essa análise pode ser evidenciada nas falas a seguir:

Júpiter: “[...] como fazer o aluno perceber com aqueles materiais, o que a gente queria trabalhar, aquele conteúdo, a questão do tato...”.

Marte: “[...] Tive dificuldade de colocar a ideia que estava na minha cabeça, materializá-la, foi difícil, mas no final deu certo”.

Torna-se evidente, a partir das falas dos professores que as maiores dificuldades apresentadas foram relacionadas à construção de materiais de tecnologia assistiva ou multissensorial, a prática de montar materiais acessíveis com a preocupação de construir algo com uma informação científica fiel e adequada para o aluno cego e/ou com baixa visão. As falas de Júpiter e Marte mostram uma tentativa de transpor o conhecimento teórico para a materialidade pedagógica, que sem o devido suporte pode gerar insegurança e materiais inadequados.

Essas dificuldades podem ser explicadas por Silva, Landim e Souza (2014), pois os materiais didáticos táteis não são citados nos Parâmetros Curriculares Nacionais, fato que pode não estimular sua utilização pelos professores e a falta de prática na construção desses recursos torna a dificuldade em produzi-los maior. Outro fator, é a falta de cursos de formação para a construção desses recursos e não promove a experimentação prática em contextos reais, que acaba fragilizando a autonomia do professor.

Interpreta-se aqui, que essa dificuldade se deve a demanda do professor em aliar conhecimento teórico e prático em um material acessível. Pela falta de prática, isso acaba sendo uma das maiores preocupações, por esse motivo, o curso de formação motivou os professores a exercitarem a prática de construção desses recursos e diminuir essa insegurança. Os professores também foram convidados a refletir que cada aluno aprende de uma maneira e é preciso

experimental e investigar o comportamento do aluno que vai utilizar o recurso e assim valorizar as suas potencialidades.

Em relação à dimensão de análise estrutural e organização da formação, a análise da transcrição destaca a percepção positiva do participante sobre a metodologia ativa adotada durante o curso de formação em Astronomia. Steinert e Hardoim (2019) apontam em seu estudo que metodologia ativa de rotação por estações, enquanto estratégia situada no âmbito da zona híbrida de ensino mostra-se como um processo capaz de modificar a enfadonha realidade das aulas unicamente expositivas, podendo ser ampliada para propostas de formação de professores.

Canis Majoris: “[...] achei muito interessante as metodologias adotadas em cada encontro, a metodologia das estações, foi muito bacana, cada estação te dá um insight, como me deu na estação das constelações, que eu já levei para minha escola, adaptei com os alunos, fiz uma outra proposta e dei continuidade, então foi algo que abriu a minha mente.

E também o momento de a gente vir produzir esse material”. “[...] essas palestras mudaram a forma de ver, de pensar, nesse sentido esse curso de formação agregou muito para a minha prática docente e também proporcionou o contato de ver o que o outro está fazendo na escola dele, pegar aquilo que cabe no meu contexto, foi muito importante nesse sentido”.

Oliveira, Costa e Dering (2022), defendem o uso das metodologias ativas na formação continuada como uma estratégia essencial para dinamizar e melhorar as aprendizagens ativas no contexto educacional. Além disso, destacam a importância de utilizar abordagens pedagógicas inovadoras e eficazes que promovam um ambiente de aprendizagem mais enriquecedor e interativo.

Picciano et al. (2012) argumenta que a qualidade do conteúdo é um dos principais determinantes do sucesso em cursos de formação continuada. Ele enfatiza que os profissionais que buscam atualização e aprimoramento profissional aprimoram a qualidade do conteúdo oferecido para adquirir novos conhecimentos e habilidades.

Além disso, Moore e Kearsley (2013) salientam que a qualidade do conteúdo nos cursos de formação continuada está intrinsecamente ligada à eficácia do processo de aprendizagem. Quando os materiais são bem elaborados, organizados e baseados em evidências, os profissionais têm maior

probabilidade de alcançar os objetivos de aprendizagem e aplicar o conhecimento adquirido em suas práticas profissionais.

A importância da qualidade do conteúdo também se estende à motivação dos alunos. Segundo Deci e Ryan (2000), a teoria da autodeterminação sugere que os indivíduos estão mais sujeitos a se envolver em uma aprendizagem contínua quando percebem que o conteúdo é relevante, atraindo e diretamente aplicável às suas necessidades profissionais.

Não se pode deixar de enfatizar que a metodologia ativa “Rotação por Estações”, foi apontada de forma unânime pelos participantes como uma ótima estratégia para trabalhar assuntos relacionados à Astronomia. Dois professores participantes levaram para a sala de aula e aplicaram esta metodologia com os seus alunos, registrando essa iniciativa durante a formação continuada.

Os participantes ressaltaram também a importância das trocas de conhecimentos e experiências com colegas de diferentes áreas de atuação. De acordo com os mesmos, houve a oportunidade de discutir, aprender e aprimorar o trabalho colaborativo, e todos apreciaram essa dinâmica de aprendizado. Também consideraram que o curso foi muito relevante para suas práticas docentes, essa valorização demonstra o potencial do uso da metodologia ativa para romper com o modelo tradicional e incentivar o protagonismo dos professores, além de articular a teoria e a prática.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados apresentados pela análise do conteúdo, a formação continuada em Astronomia para a inclusão de alunos deficientes visuais apresentou uma avaliação relevante pelos participantes. A abordagem da metodologia com a utilização da rotação por estações, despertou *insights* criativos e promoveu a troca de práticas entre os participantes. De forma geral, a formação contribuiu positivamente na prática docente, proporcionando recursos e estratégias para melhorar o ensino de Astronomia para a inclusão de alunos deficientes em sala de aula.

A organização da formação continuada foi um fator essencial para o sucesso da experiência de formação dos participantes. A pesquisadora responsável foi elogiada por sua postura colaborativa e adaptativa, permitindo que os horários e os conteúdos fossem moldados de acordo com as necessidades dos professores participantes.

A organização bem estruturada transmitiu confiança, segurança e conforto aos professores participantes, demonstrando a importância desse aspecto no contexto educacional. É necessário ressaltar que a metodologia de rotação por estações apresentou muitos pontos positivos, mas também limitações, como a dificuldade de analisar como os professores levarão o

aprendizado para a sala de aula, sendo interessante desenvolvê-la em pesquisas futuras.

Outro ponto a ser observado, é sobre a validação dos recursos com um grupo de alunos com deficiência visual, que só foi possível ser realizada após a finalização da pesquisa, apesar de terem sido construídos de forma fundamentada na literatura. Os recursos foram apresentados em feiras científicas e eventos acadêmicos, que receberam a participação de alunos cegos e com baixa visão. A repercussão dos materiais despertou o interesse de um instituto para pessoas com deficiência e de emissoras de televisão.

Diante desses fatos, conseguimos visualizar o desenlace da pesquisa, alcançando o objetivo proposto de contribuir com a formação de professores apresentando uma proposta didática colaborativa. Nesse sentido, a rotação por estações se caracteriza como uma opção relevante de proposta didática para ser desenvolvida em formações continuadas de professores visando sensibilizar para a inclusão de alunos com deficiência visual, dentro do contexto em que estamos inseridos, a Amazônia.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, V. N. de, & Leite, C. (2016). O caso plutão e a natureza da ciência. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (21), 31–44. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/233>
- Almeida, B. M.; De Lima, A. P. S. O modelo de rotação por estações na área de Ciências da Natureza: uma revisão de literatura entre 2017 e 2024. *Educação*, p. e24/1-30, 2025.
- Almeida, M. G. R. de et al. Ensino de Astronomia na perspectiva da Educação Inclusiva a partir do levantamento sobre a produção bibliográfica no SNEA. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 30, p. e 24043, 2024.
- Andrade, D. P. de, & Iachel, G. (2017). A elaboração de recursos didáticos para o ensino de astronomia para deficientes visuais. In *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, 11º, Florianópolis, SC, Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- Bacich, L.; Neto, A. T.; De Mello Trevisani, F. Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Penso editora, 2015.
- Bacich, L. (2016). Ensino híbrido: Proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e

- aprendizagem. In *Anais do Workshop de Informática na Escola* (p. 679). <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/6875/4753>
- Bardin, L. (2000). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Batista, M. C. et al. Astronomia no Ensino Fundamental: Investigando a contribuição de formação continuada para os saberes docentes. *Revista do Professor de Física*, v. 8, n. 1, p. 19-31, 2024.
- Bernardes, A. O. (2009). *Astronomia inclusiva no universo* (Tese de Doutorado em Ciências Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Bernardes, A. O., & Souza, M. de O. (2011). Recursos táteis para o ensino de astronomia para deficientes visuais em turmas inclusivas. *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, AM, Brasil.
- Brasil. (1996). *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF.
- Brasil. (2002). *Referenciais para a formação de professores*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental
- Brasil. (2019). *Resolução CNE/CP 02/2019*: Estabelece diretrizes curriculares nacionais para a formação inicial de professores para a educação básica, e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). Ministério da Educação.
- Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: educação é a base. (2017). Brasília: MEC.
- Bueno, M. A. Oliveira, E. A. G., & Nogueira, E. M. L. (2020). Astronomia cultural em livros didáticos disponibilizados em escola indígena Parintintin. *Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente*, 25(2), 67-83.
- Camargo, E. P. de. (2017). Inclusão social, educação inclusiva e educação especial: Enlaces e desenlaces. *Editorial Ciênc. Educ.*, 23(1), 1-6.

- Canalle, J. B. G., & de Oliveira, I. A. G. (1994). Demonstre em aula- Comparação entre os tamanhos dos planetas e do Sol. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 11(2), 141–144.
- Castanho, D. M., & Freitas, S. N. (2011). Inclusão e prática docente no ensino superior. *Revista Educação Especial*, 27, 1–4.
- Chizzotti, A. (2000). Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais. 4. ed. São Paulo-SP: Corte.
- Correia, C. S. (2022). *Possibilidades de educação em astronomia para pessoas com deficiência visual* [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Amazonas].
- De Araújo Soares, K. D., Castro, H. C., & Delou, C. M. C. (2015). Astronomia para deficientes visuais: Inovando em materiais didáticos acessíveis. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 377–391.
- Declaração de Salamanca. (1994). *Princípios, políticas e práticas na educação especial*. Espanha: [s.n.].
- Dias, C. A. (2000). Grupo focal: Técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. *Informação & Sociedade: Estudos*, 10(2).
- Dominici, T. P., Oliveira, E., Sarrag, V., & Guerra, F. D. (2008). Atividades de observação e identificação do céu adaptadas às pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(4).
- Fardo, M. L. (2013). *A gamificação como estratégia pedagógica: Estudo de elementos dos games aplicados em processos de ensino e aprendizagem* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.
- Figueira, M. M. T., & Bartelmebs, R. C. (2021). Atividades multissensoriais para o ensino de astronomia: Uma possibilidade de inclusão para alunos cegos. In *Anais do 13º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)* (pp. 1-9). Realize Editora.
- França, S., & Siqueira, M. (2019). Propostas didáticas no ensino de física para deficientes visuais: Análise de trabalhos em periódicos e eventos nacionais (2000-2018). *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(4), 3.
- Gallego, C., & Gomes, A. (2005). Emancipação, ruptura e inovação: O focus

- group* como instrumento de investigação. *Revista Lusófona de Educação*, 5(5), 173–184.
- García, C. M. (1999). *Formação de professores: Para uma mudança educativa* (1ª ed.). Porto Editora.
- Garcia, R. M. C. (2013). Política de educação especial na perspectiva inclusiva e a formação docente no Brasil. *Revista Brasileira de Educação*, 18(52).
- Giovinazzo, R. (2001). Focus group em pesquisa qualitativa: Fundamentos e reflexões. *Administração Online*, 2(4), 1–13.
- Glat, R. (2000). Capacitação de professores: pré-requisito para uma escola aberta à diversidade. *Revista Souza Marques*, 2(6), 16–22.
- Imbernón, F. (2011). *Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza* (2ª ed.). Cortez.
- Jafelice, L. C. (2013). Etnoconhecimentos: Por que incluir crianças e jovens? Educação intercultural, memória e integração intergeracional em Carnaúba dos Dantas. *Revista InterLegere*, (10).
- Jafelice, L. C. (2015). Astronomia cultural nos ensinos fundamental e médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (19), 57–92.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2010). Formação de professores e seus saberes disciplinares em astronomia essencial nos anos iniciais do ensino fundamental. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 12(2), 205–224. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120213>
- Leite, C. (2006). Formação do professor de Ciências em Astronomia: Uma proposta com enfoque na espacialidade (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo). Universidade de São Paulo.
- Lima, P. C., & Fonseca, L. P. (2016). Recursos táteis adaptados ou construídos para o ensino de deficientes visuais. In *Anais do 13º Congresso Brasileiro de Ensino Superior à Distância & 2º Congresso Internacional de Educação Superior a Distância*, São João del-Rei, MG, Brasil. Universidade Federal de São João del-Rei.
- Lippe, E. M. O., & Camargo, É. P. de. (2009). O ensino de ciências e seus desafios para a inclusão: O papel do professor especialista. In R. Nardi

- (Org.), *Ensino de ciências e matemática, I: Temas sobre a formação de professores* [online]. São Paulo: UNESP; Cultura Acadêmica.
- Longhini, M. D., & Menezes, L. D. D. de. (2010). Objeto virtual de aprendizagem no ensino de astronomia: Algumas situações propostas a partir do *software Stellarium*. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 27(3), 433–448.
- Lüdke, M., & André, M. (1986). Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas. *Em Aberto*, 5(31).
- Mantoan, M. T. E. (2006). *Inclusão escolar: O que é? Por quê? Como fazer?* (2ª ed.). Moderna.
- Mantoan, M. T. E., & Baptista, M. I. S. D. (2018). Inovar para fazer acontecer: como estamos fortalecendo redes de apoio à educação inclusiva. *Revista on line de Política e Gestão Educacional*, 22(2), 763–777. <https://doi.org/10.22633/rpge.unesp.v22.nesp2.dez.2018.11911>
- Marques, M. M. (2014). *Comunidades de prática online: Contributos para a prática letiva: Um estudo de caso no âmbito da educação em ciência envolvendo professores e investigadores* [Tese de doutorado, Universidade de Aveiro].
- Martins, S. L., Silva, A. da C., & Marques, P. (2021). Universo Acessível—um projeto de ensino de astronomia para quem não pode ver com os olhos. In *Anais da 1ª Mostra Virtual de Projetos: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para o Desenvolvimento dos Territórios* (pp. 1-5). Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Michels, M. H. (2011). O que há de novo na formação de professores para a educação especial? *Revista Educação Especial*, 24(40), 219–232.
- Moran, J. M. (2017). Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. In S. Yaegashi et al. (Orgs.), *Novas tecnologias digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento* (pp. 23-35). CRV
- Nóvoa, A. (Coord.). (1992). Formação de professores e profissão docente. In A. Nóvoa, *Os professores e sua formação* (pp. 13-33). Instituto de Inovação Educacional.
- Nunes, R. C., & Dutra, C. M. (2021). Oficina de astronomia inclusiva para professores do atendimento educacional especializado. *Vivências*, 17(32), 213–233.

- Oliveira, F. I. W. de, Biz, V. A., & Freire, M. (2002). Processo de inclusão de alunos deficientes visuais na rede regular de ensino: Confecção e utilização de recursos didáticos adaptados. *Núcleo de Ensino/PROGRAD*, 445–454.
- Oliveira, M. D. D. dos Santos. Formação de Professores no Contexto Amazônico: Uma Perspectiva Colaborativa no Ensino de Astronomia para Deficientes Visuais. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia), Universidade do Estado do Pará, Belém, 2024.
- Oliveira, M. E. de, Costa, C. L. de C., & Dering, R. de O. (2022). Sala de aula invertida e rotação por estações: Metodologias ativas em pauta na formação contínua de professores. *Polifonia*, 29(53), 128–148.
- Rodrigues, D., & Lima-Rodrigues, L. (2011). Formação de professores e inclusão: Como se reformam os reformadores? *Educar em Revista*, 41–60.
- Rodrigues, F. M., Langhi, R., & Camargo, E. P. C. (2018). O ensino de temas astronômicos para estudantes com deficiência visual: Um panorama dos desafios e possibilidades enfrentados pela pesquisa. In *Anais do 5º Simpósio Nacional de Educação em Astronomia* (pp. 1-10). Universidade Estadual de Londrina (UEL).
- Rossetto, E. (2015). Formação do professor do atendimento educacional especializado: A educação especial em questão. *Revista Educação Especial*, 28(51), 103–116.
- Salles, P. Z. S., & Leite, C. M. da S. (2018). A prática docente em relação à inclusão de alunos com deficiência. *Ensaio Pedagógicos*, 2(3), 105–111.
- Santos, E. D. dos, Malacarne, V., & Langhi, R. (2025). Astronomia e formação de professores: algumas limitações entre a teoria e a prática. *Vitruvian Cogitationes*, 6, e024003. <https://doi.org/10.4025/rvc.025003>
- Santos, A. L. M., Paganotti, A., & Leão, A. R. C. (2021). Ensino de astronomia para pessoas com deficiência visual: Um levantamento sobre a produção bibliográfica em congressos no Brasil. *Research, Society and Development*, 10(7), e44310714604. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.14604>
- Silva, T. S., Landim, M. F., & Souza, V. dos R. M. (2014). A utilização de

recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de ciências de alunos com deficiência visual. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)*, 13(1), 32–47.

- Slovinski, L., Alves-Brito, A., & Massoni, N. T. (2023). Um diagnóstico da formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza na perspectiva do ensino de Astronomia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 45, e20230110.
- Slovinski, L., Alves-Brito, A., & Massoni, N. T. (2023). Um diagnóstico da formação inicial de professores de Ciências Naturais na perspectiva do ensino de astronomia. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 352–373. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2023v28n2p352>
- Soares, K. D. A., Castro, H. C., & Delou, C. M. C. (2015). Astronomia para deficientes visuais: Inovando em materiais didáticos acessíveis. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 377-391.
- Souza, P. R. de, & Andrade, M. do C. F. de. (2016). Modelos de rotação do ensino híbrido: Estações de trabalho e sala de aula invertida. *Revista E-TECH: Tecnologias Para Competitividade Industrial*, 9(1), 3–16.
- Steinert, M. É. P., & Hardoim, E. L. (2019). Rotação por estações na escola pública: Limites e possibilidades em uma aula de Biologia. *Ensino em Foco*, 2(4), 11–24.
- Tavares, L. M. F. L., Santos, L. M. M. dos, & Freitas, M. N. C. (2016). A educação inclusiva: Um estudo sobre a formação docente. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 22, 527–542.
- Thiollent, M. (2022). *Metodologia da pesquisa-ação*. Cortez Editora.
- Vygotsky, L. S. (1991). *A formação social da mente: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores* (4ª ed.). Martins Fontes.
- Zuber-Skerritt, O. (1992). *Action research in higher education: Examples and reflections*. Kogan Page.



A ASTRONOMIA INDÍGENA DA AMÉRICA DO SUL E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA CONSTRUÇÃO DE NOVAS NARRATIVAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Nairys Costa de Freitas¹
Mairton Cavalcante Romeu²
Maria Cleide da Silva Barroso^{3,4}

RESUMO: Este trabalho explora o potencial da inteligência artificial (IA) como ferramenta para fortalecer e difundir as cosmologias indígenas da América do Sul, especificamente no campo da Astronomia. Por meio da criação de novas narrativas e recursos didáticos, busca-se promover uma maior interação entre a ciência ocidental e os conhecimentos tradicionais, contribuindo para o combate ao racismo epistêmico e a valorização da diversidade cultural. O estudo se trata de um ensaio teórico e se debruça sobre a lacuna existente na literatura científica a respeito do uso da IA para fortalecer a identidade cultural indígena e promover a justiça social. A partir de uma revisão bibliográfica sobre Astronomia Indígena, IA e educação em Ciências, o artigo problematiza o modelo atual de interculturalidade na área da inteligência artificial, propondo novas perspectivas para a construção de tecnologias mais inclusivas e equitativas. Ao explorar as possibilidades de aplicação da IA na Educação em Ciências, este artigo tem como objetivo estimular o desenvolvimento de recursos educacionais que valorizem as cosmovisões indígenas, promovendo uma compreensão mais profunda a respeito do Universo e fomentando atitudes de respeito e cuidado com os povos originários e o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial; Astronomia Indígena; Ensino de Astronomia; Ensino de Ciências.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil. E-mail: nairys.freitas07@aluno.ifce.edu.br

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil. E-mail: mairtoncavalcante@ifce.edu.br

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil. E-mail: ccleide@ifce.edu.br

ASTRONOMÍA INDÍGENA EN AMÉRICA DEL SUR E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS NARRATIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

RESUMEN: Este trabajo explora el potencial de la inteligencia artificial (IA) como herramienta para revitalizar y difundir las cosmologías indígenas en América del Sur, específicamente en el campo de la Astronomía. A través de la creación de nuevas narrativas y recursos didácticos, busca promover una mayor interacción entre la ciencia occidental y el conocimiento tradicional, contribuyendo a la superación del racismo epistémico y a la valoración de la diversidad cultural. El estudio es un ensayo teórico y se centra en el vacío en la literatura científica sobre el uso de la IA para fortalecer la identidad cultural indígena y promover la justicia social. A partir de una revisión bibliográfica sobre astronomía indígena, IA y educación científica, el artículo problematiza el modelo actual de interculturalidad en el ámbito de la inteligencia artificial, proponiendo nuevas perspectivas para la construcción de tecnologías más inclusivas y equitativas. Al explorar las posibilidades de aplicación de la IA en la enseñanza de las ciencias, este artículo pretende estimular el desarrollo de recursos educativos que valoren las cosmovisiones indígenas, promoviendo una comprensión más profunda del Universo y fomentando actitudes de respeto y cuidado del medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia Artificial; Astronomía Indígena; Enseñanza de la Astronomía; Enseñanza de las Ciencias.

INDIGENOUS ASTRONOMY IN SOUTH AMERICA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONSTRUCTION OF NEW NARRATIVES FOR SCIENCE TEACHING

ABSTRACT: This work explores the potential of artificial intelligence (AI) as a tool to revitalize and disseminate the indigenous cosmologies of South America, specifically in the field of Astronomy. Through the creation of new narratives and didactic resources, it seeks to promote greater interaction between Western science and traditional knowledge, contributing to the overcoming of epistemic racism and the appreciation of cultural diversity. The study is a theoretical essay and focuses on the gap in the scientific literature regarding the use of AI to strengthen indigenous cultural identity and promote social justice. Based on a literature review on indigenous astronomy, AI and science education, the article problematizes the current model of interculturality in the area of artificial intelligence, proposing new perspectives for the construction of more inclusive and equitable technologies. By exploring the possibilities of applying AI in Science Education, this paper aims to stimulate the development of educational resources that value indigenous worldviews, promoting a deeper understanding of the Universe and fostering attitudes of respect and care for the environment.

KEYWORDS: *Artificial Intelligence; Indigenous Astronomy; Astronomy Teaching; Science Teaching.*

1. INTRODUÇÃO

Os indígenas foram os primeiros astrônomos brasileiros (Afonso, 2006), cujas rotinas estão alinhadas com os fenômenos da natureza principalmente os fenômenos astronômicos, tornando-os protagonistas e agentes de suas próprias histórias e riquezas culturais, conforme suas próprias perspectivas Wittmann (2015). Nesse sentido, a ciência astronômica dos povos indígenas é reconhecida como um conhecimento importante, explicado de forma empírica e verbal de geração para geração, visando a valorização da natureza e a compreensão do universo (Garcia *et al.*, 2016). Além disso, a “A Astronomia nasceu e cresceu gradativamente para suprir necessidades sociais, econômicas, religiosas e também, obviamente, culturais” (Boczko, 1984, p. 2).

Em seu livro, Lévi-Strauss (2004) discorre sobre como os diferentes povos indígenas da América do Sul agregam os elementos do céu noturno em seus mitos, desvendando o vínculo entre a observação do céu noturno e a associação mítica estruturada na organização do pensamento simbólico. Afonso (2006) afirma que a rotina e a necessidade de sobrevivência dos povos indígenas, fez com que dessem mais atenção aos fenômenos astronômicos, os quais foram fundamentais para a escolha do melhor período para a colheita, o plantio, a caça, a pesca e diversas outras atividades fundamentais para a sobrevivência humana (Afonso, 2010).

Mesmo que a localização geográfica seja fundamental para determinar as necessidades de leitura e interpretação do céu, diferentes povos indígenas da América do Sul utilizam as mesmas constelações, na maioria das vezes até com o mesmo nome (Afonso, 2014). Isso quer dizer que as interações culturais eram realizadas com maior frequência entre as diferentes etnias. Os indígenas guaranis do Sul e do Norte do Brasil relatam mitos semelhantes para explicar as fases da Lua e outros fenômenos astronômicos, mesmo não tendo contato entre si (Mariuzzo, 2012).

Mesmo com toda essa riqueza cultural, os cursos acadêmicos em Astronomia ou até mesmo os conteúdos ensinados nas escolas, manifestam a ideia de que até o céu foi colonizado, diante da insistência das instituições em impor uma visão hegemônica do céu como se fosse a única existente, assim como ensinar um método de orientação espacial que influencia os alunos a

buscarem compreender o céu do Norte, em vez do céu do Sul (Campos, 2019). As ciências indígenas não se limitam somente aos conhecimentos astronômicos, pois os povos indígenas da América do Sul possuem um rico conhecimento a respeito das práticas químicas, beneficiando milhões de pessoas até agora (Soentgen & Hilbert, 2016).

Em concordância com Campos (2019), Munduruku (2012) fala sobre o paradigma exterminacionista, cujo objetivo era a destruição em massa dos povos originários. O autor ainda evidencia que o movimento indígena veio de um processo de muito trabalho, suor, lágrimas e sangue derramados das lideranças em busca de libertação e autonomia.

Nessa perspectiva, Walsh (2009) propõe em seu trabalho a interculturalidade crítica como uma aliada da pedagogia, disposta a questionar a racialização, subalternização, inferiorização e mecanismos de poder. Logo, os conhecimentos indígenas a respeito dos céus são considerados um dos caminhos para contrariar a lógica dominante da episteme eurocêntrica, assim como é fundamental na legitimação e valorização das epistemologias do Sul (Pedroza-Lima & Vasques de Nader, 2019).

Promover a divulgação científica por meio de ações que a tornem mais diversa e inclusiva, levando em consideração o fortalecimento da equidade e da democracia escolar por meio de um desenvolvimento político-antirracista, vem sendo um dos maiores desafios atuais na educação científica (Alves-Brito, 2021). Portanto, o processo de globalização permitiu a interação entre diferentes povos e culturas, resultando em uma reorganização entre diversas filosofias, expandindo as fronteiras para além do racionalismo europeu a partir de uma “sociodiversidade” (Santos, 2001, p. 20). Essa nova organização inclina-se a ocasionar ações que garantem reconhecimento e espaço de influência aos povos que, ao longo da história, foram silenciados das grandes referências históricas (Rodrigues & Leite, 2020).

Um dos equívocos dos dias atuais é o fato de as pessoas ainda acharem que os indígenas se comunicam por meio de sinal de fumaça. Atualmente, os povos indígenas se comunicam com outras pessoas mediante computadores, celulares ou outros meios de comunicação modernos. Portanto, a Tecnologia e a Internet são fundamentais para a comunicação e conhecimento desses povos (Cury, 2017). No entendimento de Munduruku (2016), educar está diretamente relacionado com a formação da consciência a favor da vida, da paz no campo e na cidade, da harmonia entre as pessoas. Esse processo se dá pela compreensão

e a cooperação e não para a disputa do conhecimento; não se refere à competição e sim para a paz.

De acordo com Nas (2023), os conflitos éticos de um mundo pluricultural ficam cada dia mais explícitos quando as tecnologias fazem parte da vida do cotidiano, influenciando na sua relação com o tempo, o espaço e na visão de mundo. As tecnologias influenciam nas perspectivas a respeito do presente e do futuro, moldando as expressões, a fim de alimentar uma monocultura repetitiva e tecnocrática, a qual fortalece a alienação a respeito de si mesmo, sobre o meio, bem como os acontecimentos passados, presentes e futuros.

Estamos vivenciando uma era de avanços na educação científica, esses avanços trazem consigo a Inteligência Artificial (IA), a qual permite o desenvolvimento de assistentes virtuais, *chatbots* educacionais e simuladores interativos, os quais podem contribuir com o processo de aprendizagem e ampliar as possibilidades de aplicações práticas (Junior *et al.*, 2023). A IA começa a existir quando a máquina apresenta comportamento inteligente conforme o ambiente, e suas ações tendem a atingir um nível de perfeição. Os exemplos mais comuns de sistema de IA são: interagir de forma eficiente e adequada em um diálogo; competir em jogos que exigem raciocínio; interpretar dados complexos (Parreira *et al.*, 2021).

Este artigo tem como objetivo analisar e discutir o potencial da inteligência artificial para criar novas narrativas que valorizem as cosmologias indígenas da América do Sul no ensino de Ciências. Além disso, o presente estudo visa responder a seguinte pergunta central: como a IA pode contribuir com o desenvolvimento de recursos educacionais em Astronomia que fortaleçam e difundam as cosmologias indígenas sul-americanas no ensino de Ciências?

A metodologia utilizada neste estudo é de natureza qualitativa do tipo bibliográfica, cujo interesse está na construção teórica e propositiva a partir de uma reflexão envolvendo os conhecimentos astronômicos dos povos indígenas Sul-Americanos e a IA na construção de novas perspectivas para o ensino de Ciências. A presente pesquisa foi realizada por meio de seleção, interpretação e análise de conteúdos de estudos já publicados, visando compreender o estado da arte e fazer novas contribuições (Gil, 2010). A seleção dos trabalhos achados se deu de forma livre e arbitrária, a qual não se limitou a um recorte temporal fixo, considerando a subjetividade dos pesquisadores (Rother, 2007).

2. UM OLHAR PARA O CÉU DOS INDÍGENAS

O céu é considerado um elemento cultural que influencia as sociedades, as cosmovisões do ser humano e suas interações com a natureza (Oliveira, 2020). A Astronomia Indígena envolve conhecimentos culturais e sociais, sejam eles antropológicos, socioambientais ou históricos. As classificações ou conceitos-chave em Astronomia Indígena são: identidade, corpo, pessoa, espaço, território, cosmovisão, rituais, mitologias, lógicas da prática e oralidade (Martín López, 2013). Logo, Gondim e Mól (2008, p. 5) consideram que “[...] o ser humano faz-se com base em múltiplos saberes e, dentre eles, os saberes populares, os quais estão presentes na cultura de nosso país e pouco reconhecidos em nossas escolas”.

A relação do homem com o céu ocorreu por várias razões, entre elas, a necessidade de orientação para os povos antigos, sendo fundamental para a sobrevivência dos mesmos (Fares *et al.*, 2004). Assim, tendo o céu como referência, os indígenas foram inspirados a construir os seus próprios relógios e calendários, uma das técnicas mais antigas conectadas aos aspectos socioculturais e econômicos (Oliveira-Filho & Saraiva, 2017). Essas ideias tiveram o intuito de auxiliar no período de trabalho agrícola, floração, frutificação, reproduções, festivais, surgimento de doenças e meios de proteção desempenhados pelos pajés (dependendo do ecossistema da região estudada). As atividades diárias dos povos nativos da América do Sul possuem uma forte relação com os fenômenos astronômicos, como o dia e a noite, as estações do ano, as fases da Lua, os eclipses e as constelações (Afonso 2006; Afonso & Nadal, 2014).

Em 1612, o missionário capuchinho francês Claude d’Abbeville realizou uma missão durante quatro meses junto aos tupinambás do Maranhão, os quais pertencem à família tupi-guarani, situados próximo à Linha do Equador. Em seu livro “*Histoire de la mission de Pères Capucins en l’Isle de Maragnan et terres circonvoisines*”, publicado em 1614, d’Abbeville relatou que os tupinambás afirmavam que a Lua é responsável pelo fluxo e o refluxo do mar, além disso, os indígenas distinguem perfeitamente as duas marés cheias que se verificam na Lua cheia e na Lua nova ou poucos dias depois. Em 1687, setenta e três anos após a publicação de d’Abbeville, Isaac Newton comprovou que a atração gravitacional do Sol, sobretudo da Lua em relação à Terra, causa o fenômeno das marés (Afonso, 2009).

O trabalho de Correia e Simões (2016) afirma que, quando a palavra Astronomia é mencionada, traz à lembrança das civilizações grega, babilônia, sumério e dos árabes, ou mesmo dos estudos realizados pelos cientistas Galileu, Kepler e Copérnico, entre outros. Portanto, geralmente as outras civilizações que também desenvolveram teorias a respeito dos conhecimentos astronômicos não são lembradas. Um dos exemplos de Astronomia Indígena da América do Sul a ser considerado é a Astronomia desenvolvida pelos povos indígenas. Mudrik (2017) destaca em seu trabalho o estudo das representações celestes do *Ñandú* (*Rhea* americana) a partir de uma perspectiva cultural, envolvendo alguns grupos indígenas do Chaco, bem como imigrantes europeus e seus descendentes que residem em colônias agrícolas no norte da província de Santa Fé, no sul do Chaco argentino. O autor relata em seu trabalho o papel cultural do *Ñandú* e as diversas maneiras pelas quais esse pássaro é representado na paisagem celestial.

As práticas culturais, sociais e científicas a partir da Astronomia Indígena são abordadas no trabalho de Bonatti *et al.* (2022) debate sobre as cosmologias originárias, especificamente dos povos andinos e *Kaingang*, utilizando os saberes ancestrais como fonte de pesquisa e estudos na área da Educação do Campo. Além disso, Urton (2022) realiza uma imersão na cosmologia dos povos andinos, com foco principal na civilização Inca, mostrando abrangente e detalhadamente de como esses povos percebiam o Universo e o seu lugar nele.

Casares-Contreras e Gamboa-Cetina (2020) investiga o papel da Astronomia e do calendário nas perspectivas de saúde e doença dos maias de Yucatán. Os autores concluíram que as noções numéricas foram preservadas até os dias atuais, especialmente as cerimônias da chuva, como, por exemplo, *ek Cha Cháak*. Na pesquisa sobre o evento astronômico denominado Descida de *Kukulcán*, Casares-Contreras (2021) apresenta novas interpretações sobre o tema, bem como a reconsideração do conceito de equinócios na área maia. Os autores concluíram que as discussões em torno da existência ou não de equinócios na sociedade maia deram novos rumos na compreensão dos alinhamentos e padrões de iluminação, a fim de obter uma melhor compreensão dos eventos astronômicos e suas relações com os ciclos agrícolas, o calendário e o culto a Vênus.

O trabalho de Iwaniszewski (2024) apresenta uma visão geral a respeito das evidências utilizadas para mensurar os valores médios da duração semestral do eclipse e da duração média da luação da Astronomia Maia, mostrando a

importância do uso da Astronomia nas atividades cotidianas. Logo, as ciências indígenas apresentadas, suscita uma reflexão a respeito da diversidade cultural, das múltiplas figuras projetadas no céu e da sua mitologia, as quais permitem observar o céu e compreender a natureza a partir de um novo ponto de vista, assim como reconsiderar nossa cosmovisão a partir dessa nova perspectiva e decidir se iremos preservar a natureza ou contribuir para a extinção da humanidade (Krenak, 2020). Assim, com base nos exemplos supramencionados, é fundamental compreender que a perspectiva cosmológica dos ameríndios oportunizou uma transformação do multiculturalismo para um pensamento multinaturalista, tornando explícito a influência do corpo para as sociedades indígenas sul-americanas, ultrapassando a ideia de dualidade clássica natureza/cultura que regeu toda a sistematização teórica e a ação antropológica (Silva, 2022).

O Quadro 1 explora detalhes de algumas práticas sociais, culturais e científicas influenciadas pela Astronomia Indígena da América do Sul.

ASPECTO	RELAÇÃO COM A ASTRONOMIA INDÍGENA	EXEMPLOS
PRÁTICAS CULTURAIS		
Cosmologia	Os povos indígenas possuem cosmovisões complexas que situam os humanos e a natureza em relação aos astros.	Mitologia Tupi-Guarani sobre a criação do mundo a partir de um ovo cósmico.
Rituais	Muitas cerimônias e rituais indígenas são sincronizados com eventos astronômicos, como solstícios e equinócios.	Rituais de passagem entre as estações do ano, como o Inti Raymi dos Incas.
Arte e Simbolismo	A Astronomia se manifesta em diversas formas de expressão artística, como pinturas rupestres, tecidos e esculturas.	Representações do Cruzeiro do Sul em diversas culturas indígenas.
PRÁTICAS CIENTÍFICAS		
Calendário	Os povos indígenas desenvolveram calendários precisos baseados na observação dos astros para organizar atividades agrícolas, rituais e ciclos de vida.	Calendário Maia, com base em ciclos lunares e solares.
Navegação	A posição das estrelas era utilizada para orientação em longas viagens, tanto terrestres quanto marítimas.	Utilização da constelação do Cruzeiro do Sul para orientação pelos povos do sul do continente.
Previsão do tempo	A observação dos astros era fundamental para prever mudanças climáticas e estações do ano, auxiliando na agricultura e na vida cotidiana.	Relação entre a posição da Lua e as marés, conhecida por diversos povos indígenas.
PRÁTICAS SOCIAIS		

Organização social	O conhecimento astronômico influenciava a organização social, a divisão de trabalho e a hierarquia das comunidades.	Relação entre a posição dos astros e a organização das aldeias, como nos casos de algumas culturas amazônicas.
Medicina tradicional	A Astronomia estava relacionada à medicina tradicional, com a crença de que os astros influenciavam a saúde e as doenças.	Utilização de plantas medicinais colhidas em determinadas fases da Lua.
Educação	O conhecimento astronômico era transmitido de geração em geração por meio de mitos, lendas e ensinamentos práticos.	Histórias sobre constelações e seus significados, contadas aos jovens.

Quadro 1: Práticas culturais, sociais e científicas baseadas na Astronomia Indígena da América do Sul

Fonte: elaborado pelos autores com base em Machado e Coppe (2022).

O Quadro 1 contém vários aspectos envolvendo a Astronomia Indígena e sua relação com as práticas culturais, sociais e científicas. Esses aspectos estão em concordância com a visão dos autores citados nos parágrafos anteriores, reunindo exemplos de diversas etnias da América do Sul. Portanto, na visão de Silva e Baptista (2018), os conhecimentos dos povos nativos apresentam uma totalidade de saberes empíricos, os quais são construídos pela necessidade de garantir sua sobrevivência.

As culturas distintas possibilitam identificar diferentes constelações em áreas idênticas do céu, ou seja, em locais cujas coordenadas celestes são as mesmas (Lima *et al.*, 2013). Portanto, essa diversidade desafia a dicotomia natureza-cultura tão presente no pensamento ocidental. A Astronomia desempenha mais que um papel cultural e utilitário para os indígenas, pois também está associada às mitologias, religiosidades e costumes de seus povos, fornecendo uma identidade cultural para regular suas vidas (Afonso & Silva, 2012).

Em concordância, o Quadro 2 expõe uma visão detalhada da Astronomia dos povos indígenas da América do Sul e a diversidade de práticas e conhecimentos.

POVO INDÍGENA	REGIÃO	CONSTELAÇÕES E ASTROS	MITOS ASSOCIADOS	UTILIZAÇÃO ASTRONÔMICA	INSTRUMENTOS E TÉCNICAS	CALENDÁRIO
Tupi-Guarani	Brasil, Paraguai	Ema, Homem Velho, Cruzeiro do Sul, Lua, Sol	Criação, estações, ciclo da vida, xamanismo	Agricultura, pesca, rituais, navegação	Pedras entalhadas, postes, calendários de madeira	Lunar e solar
Inca	Peru, Bolívia, Equador	Urso, Condor, Macaco, Pleiades, Via Láctea	Deuses, tempo cósmico, agricultura, rituais	Agricultura, arquitetura, calendário, Astronomia observacional	Chullpas, quipus, observatórios solares e lunares	Solar-lunar

Mapuche	Chile, Argentina	Labranza, Guanaco, Cruzeiro do Sul	Origem, estações, mitos cosmogônicos, xamanismo	Agricultura, rituais, medicina tradicional	Pedras alinhadas, postes, calendários	Lunar e solar
Maya	México, Guatemala, Belize, Honduras, El Salvador	Escorpião, Jacaré, Pleiades, Vênus	Criação, deuses, calendário religioso, Astronomia observacional	Agricultura, arquitetura, rituais	Observatórios astronômicos, calendários, códigos	Solar, lunar e complexo
Quechua	Andes (Peru, Bolívia, Equador, Colômbia, Argentina)	Condor, Urso, Ema, Lua, Sol	Deuses, tempo cósmico, agricultura, rituais	Agricultura, pastorismo, rituais, medicina tradicional	Chullpas, quipus, calendários	Solar-lunar
Yanomami	Amazônia (Brasil, Venezuela)	Lua, Estrelas, Constelações animais	Mitos de criação, xamanismo, cosmologia complexa	Caça, pesca, agricultura de roça, rituais xamânicos	Observação direta, conhecimento transmitido oralmente	Lunar e estacional

Quadro 2: Aspectos importantes da Astronomia Indígena da América do Sul
Fonte: elaborado pelos autores com base em Lévi-Strauss (2004).

A partir das informações expostas no Quadro 2, é notório a riqueza em diversidade e visões de mundo, em que os astros desempenham um papel fundamental na construção social. Na maioria das vezes, as constelações são divididas em partes do corpo de humanos e animais, e todas às vezes que essas partes vão desaparecendo no horizonte oeste, significa que está havendo elevações nos níveis dos rios (Cardoso, 2007; 2012; 2016).

As constelações serviam como guias para atividades como agricultura e caça. Além de sua utilidade prática, elas também eram intrinsecamente ligadas à mitologia. O trabalho de Reus Gonçalves da Rosa (2022) explora a visão dos guaranis e de outros povos ameríndios a respeito da origem da Lua, as constelações, o Saci-Pererê e sua relação cultural com os povos da América do Sul. Assim, os mitos, ao transcender as limitações do mundo real, permitiam explorar a imaginação e a criatividade sem as mesmas restrições da realidade. Como afirma Rodrigues (2015), no universo mítico, as regras da natureza podem ser flexíveis, possibilitando, por exemplo, a união entre animais tão díspares quanto onças e jabutis.

Com base no aporte teórico apresentado no presente artigo, os autores aqui mencionados abordam a necessidade de o ensino de Ciências relacionar “elementos da história e da filosofia da ciência, dos estudos sociais da ciência e

do relacionamento destas ciências com outras áreas do conhecimento” (Barros & Ovigli, 2014, p. 108). Nessa conjuntura, com base em Batista (2007), os autores citam os saberes sobre o céu dos Tupi-Guarani:

Na cultura tupi-guarani, por exemplo, as atividades de caça, pesca e lavoura estavam sujeitas a variações periódicas. Nasce, então, uma necessidade de compreender tais fenômenos de maneira a utilizá-los tendo em vista a sobrevivência da comunidade. Era preciso definir a época apropriada para cada uma das atividades de subsistência e esse calendário era obtido a partir da leitura do céu. Para essa cultura, o sol é o principal regulador da vida na Terra e tem grande significado religioso. Ademais, quando olhavam para o céu, percebiam a existência de uma regularidade nos movimentos das estrelas na esfera celeste e as utilizavam como calendário e orientação e, assim, as estrelas foram organizadas em certos grupos. As constelações podem, então, ser entendidas como agrupamentos de estrelas de maneira a formar figuras imaginárias (exemplos incluem a constelação da ema e da anta). [...] (Batista, 2007 *apud* Barros & Ovigli, 2014, p. 108).

Em concordância, Jafelice (2015) faz uma reflexão a respeito da importância de um olhar antropológico para o ensino de Astronomia. Além disso, o autor propõe oito atividades de Astronomia Cultural para trabalhar em sala de aula, as quais priorizam a vivência pedagógica, os conhecimentos tradicionais e a visão de mundo sobre o céu e a Terra.

As constelações apresentadas na Figura 1 são tidas como fundamentais para a sobrevivência dos Tupis-guaranis, as quais eram compostas por grupos de estrelas que formavam figuras de animais e humanos.

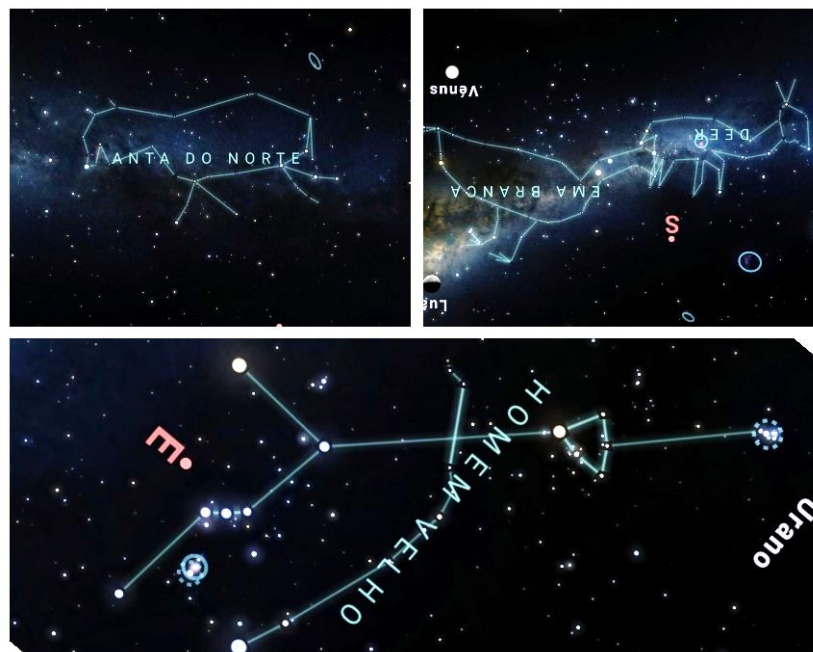


Figura 1: Constelações indígenas Tupi-Guarani
Fonte: Planetário Stellarium.

Algumas constelações dos indígenas brasileiros são as mesmas de outros povos indígenas da América do Sul e dos aborígenes australianos (Afonso, 2013). As constelações apresentadas na Figura 1 representam as estações do ano, as quais são classificadas como constelações sazonais. A constelação Anta do Norte (*Tapi'i*) - indica a primavera, e fica localizada entre as constelações ocidentais de *Cefheus*, *Cassiopeia*, *Lacerda* e *Cygnus*; a constelação da Emma Branca (*Guyra nhandu*) – indica a chegada do inverno, a qual é formada pelas constelações Saco de Carvão, próxima à constelação Cruzeiro do Sul; a constelação do Veado (*Guaxu*) – indica a chegada do outono e está localizada em uma região que abrange as constelações ocidentais: Cruzeiro do Sul, Vela, Mosca e Carina; a constelação do Homem Velho (*Tuya'i*) – sinaliza a chegada do verão, e abrange as constelações ocidentais: Órion, Touro e o aglomerado das Plêiades (Fonseca *et al.*, 2007).

Assim como os Tupi-Guarani, os Tukanos também são assíduos observadores do céu noturno e dos fenômenos conhecidos pela Ciência ocidental como astronômicos (Oliveira, 2017). As Figuras 2 e 3 expõem as constelações indígenas Tucano, as quais são seres ou pessoas *gente-estrela* (*ñohkoa mahsã*) que estão situados na camada do céu (*umuse pati*). As

constelações são consideradas objetos ou seres do período da *Gente do aparecimento* (*Bahuari mahsã*), os primeiros humanos que surgiram na *Maloca do Céu* (*Umuse Wikhã*), que possibilitou imersões na Terra para conceder condições de existência à humanidade atual (Oliveira, 2010).



Figura 2: Constelações indígenas Tucano
Fonte: Planetário Stellarium.



Figura 3: Constelações indígenas Tukano
Fonte: Planetário Stellarium.

As constelações expostas nas Figuras 2 e 3 são compreendidas conforme o sistema de organização social Tukano (Oliveira, 2010). Portanto, as constelações representadas nessas Figuras possuem o seguinte significado para os indígenas Tukanos, e conforme os parágrafos a seguir, a constelação *Aña Jararaca* é uma das mais importantes, sendo definida da seguinte forma:

“Entre a Gente-Jararaca a primeira é *Aña dias*o (jararaca ribeiri-nha), depois vem *Aña siphe phairo* (jararaca de ânus grande), depois *Sokosero* (cascavel) e *Kometero* (coral). *Aña dias*o é considerada *mami* (irmão maior), de todas as jararacas; *Aña siphe phairo* é considerada *ku ahkabi* (seu irmão menor). Estas duas jararacas podem ser vistas como constelações no céu” - Comunicação pessoal, tradução Seribhi Dário Azevedo – (Oliveira, 2017, p. 2).

A constelação supramencionada possui uma rica narrativa que aproxima o céu às práticas culturais e cosmovisão do povo. Diante da sua extensão e complexidade, a constelação *Aña Jararaca* está associada à agricultura, à pesca, à saúde e aos ciclos naturais (Oliveira, 2010).

Oliveira (2017) classifica como *mahsã* (gentes), as constelações que fazem parte de um sistema de discernimento, categorização e ordenação do mundo no qual os conceitos de parentesco e de socialidade têm como linguagem principal a hierarquia e os segmentos.

3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E NARRATIVAS INDÍGENAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

É fundamental introduzir esta seção, com a definição de “memoricídio”, o qual se trata daquilo que corresponde a destruição das memórias vinculadas a um povo (Baéz, 2010, p. 288). Diante disso, convém considerar que:

O primeiro grande modelo colocado em prática desde o momento da chegada dos europeus é conhecido como paradigma *exterminacionista*, e seu objetivo era a exterminação em massa dos povos indígenas. Tal política era assim desfechada porque era senso comum à época dizer que os nativos que aqui habitavam não tinham alma e, como tal, qualquer carnificina cometida era devidamente perdoada por Deus através de sua igreja (Munduruku, 2012, p. 27).

A partir da análise destes estudos, é crucial abordar a definição de etnocídio discutido pela antropóloga Giovana Pereira Langoni (2022), a qual

define este conceito referenciando o etnólogo francês Pierre Clastres (1934-1977), que reflete a respeito da natureza e do significado do etnocídio, bem como a respeito da vocação etnocida do mundo ocidental, por meio de um ponto de vista formal e histórico (Clastres, 1974; 1980).

Diante disso, é importante reforçar que as consequências do colonialismo perduram até os dias atuais, pois essas características coloniais são identificadas nas atividades atuais que remetem a definição mais geral de colonialidade (Quijano, 2000). Assim, cabe considerar a visão crítica de Nar (2023) sobre como a IA vem sendo usada a favor dos movimentos colonizadores que se fortalecem com a ideia de padrões “superiores”, aumentando a distância social e promovendo a exclusão.

Lippold e Faustino (2022) problematizam a relação entre o colonialismo digital e o racismo algorítmico, os quais são características do atual estágio de desenvolvimento do modo de produção capitalista e eurocentrista, que tenta subalternizar e reduzir o chamado Sul global a mero território de mineração extrativista de dados informacionais ou a consumidores retardatários de tecnologia. Assim, Joaquim e Pesce (2025) reivindicam uma democracia cognitivo-digital que substitua o império da colonialidade que produz e reproduz abismos de desigualdades, desumanizações e universalidades abstratas.

Logo, é fundamental pensar em meios de evitar que essa tecnologia reproduza novas formas de colonialismo do ser e do poder (Maldonado-Torres, 2008; Quijano, 2009). Para isso, é crucial reiterar o que já foi mencionado anteriormente sobre a conexão dos territórios com a oralidade, as experiências e história de cada grupo étnico, os quais incidem diretamente nas suas formas de interpretar o céu (López, 2013). Nesse sentido, a participação ativa, autônoma e protagonista dos povos originários na tomada de tomada de decisões importantes para a educação e para a Ciência (Alves-Brito & Alho, 2022), também diz respeito ao desenvolvimento dessas tecnologias.

A IA voltada para a Educação é um ramo da pesquisa que envolve a Ciência da Computação e a Ciência das aprendizagens (Cieb, 2019), sendo um assunto cada vez mais discutido nas pesquisas com perspectivas educacionais (Pereira *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2024), principalmente após a implementação do ChatGPT (Azambuja & Silva, 2024; Lima & Serrano, 2024). Diante da sua importância em diversas atividades, como assistentes virtuais ou plataformas de *Streaming*, a IA vem abrangendo os seguintes objetivos: a) compreender

como e quando ocorre o aprendizado, ampliando meios que melhorem as práticas de ensino; e b) permitir o desenvolvimento de ambientes de transposição didática, adaptação de conteúdos e personalização (Cieb, 2019). Assim, utilizamos essas definições para explorar as potencialidades da IA para analisar um grande *corpus* de mitos e lendas indígenas, identificando padrões e temas relacionados ao céu, possibilitando novas narrativas para o Ensino de Ciências.

O esforço em compreender os impactos da IA para o processo de ensino-aprendizagem desdobra, portanto, reflexões profundas, incluindo assuntos importantes para a Educação (Durso, 2024). Em concordância, Rich e Knight (1994) consideram que a compreensão da aplicação da IA na Educação exige uma exploração mais acentuada do próprio conceito de IA. Embora existam várias definições, a mais incontroversa e pioneira define a IA como “a Ciência envolvida na criação de máquinas inteligentes” ou, de forma adicional, como “o estudo de como encarregar os computadores de realizar atividades que os humanos desempenham com maior habilidade atualmente”.

A partir dessa interpretação, a relação entre humanos e computadores não é de competição, e sim, de complementaridade, visando a solução de problemas complexos e obter novas soluções, sem deixar de considerar o pensamento crítico e a preocupação com possíveis declínios cognitivos (Vilaça *et al.*, 2024). Considerando que a IA surgiu com essa finalidade, apresentamos a seguir o seu conceito e finalidades:

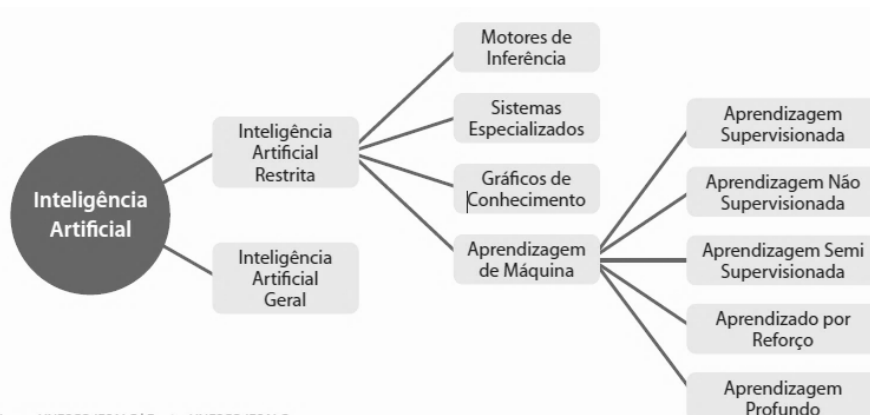


Figura: UNESCO IESALC | Fonte: UNESCO IESALC

Figura 4: Conceitos e relações da IA
Fonte: UNESCO (2021, p. 18)

A Figura 4 representa os conceitos e relações da IA levando em consideração o trabalho em suas aplicações em sistemas educacionais. Além disso, os conceitos apresentados na Figura 4 nos induzem a reconhecer que foi na Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning – ML*), sendo treinada com muitos dados, com métodos de reprodução do conhecimento, e argumentos baseados nas Redes Neurais e nos modelos estatísticos (híbridos ou não híbridos), que a IA teve seus maiores avanços nos últimos anos. Além disso, as transformações ocorridas no decorrer dos seus anos de existência vêm se destacando pela sua multidisciplinaridade (Vicari, 2021). Embora os avanços tenham se intensificado nos últimos anos, pesquisas realizadas em diferentes áreas identificaram a insuficiência de trabalhos da área da Educação que abordam pontualmente o uso da IA no processo de ensino e aprendizagem (Durso & Arruda, 2022; Zawacki-Richter *et al.*, 2019). Mesmo diante da relevância dessa temática presentemente, os estudos indicam um maior envolvimento das áreas da Ciência da Computação e Engenharia envolvendo a IA aplicada ao processo educacional. Dessa maneira, o estudo realizado por Durso (2024) contribui significativamente para a reflexão sobre o fortalecimento científico da área no campo da Educação e a possibilidade de contribuir com a decolonização dos saberes ancestrais da América do Sul.

O trabalho de Almeida e Teixeira (2024) relata a relevância da IA e seus impactos e integração nas áreas da Astronomia da Educação, incorporando na área da Educação atividades e o uso destes temas, principalmente envolvendo: exoplanetas, estrelas, buracos negros, supernovas, galáxias, matéria escura, astrobiologia e astronáutica. Mesmo diante desses conteúdos e sua importância para o processo educacional, sentimos a ausência da Astronomia Cultural e a abertura de possibilidades propícias para o trabalho de conteúdos associados a este desenvolvimento no ensino de Ciências.

É de fundamental importância utilizar a IA não apenas como meio de divulgação científica (Unesco, 2021), mas considerar o trabalho de Alves-Brito e Alho (2022) que incentiva uma discussão a respeito de medidas de combate ao racismo epistêmico, ampliando espaço para que pessoas indígenas não só tenham acesso à Educação, mas que também possam ter sua produção intelectual, cultura e conhecimento valorizados.

Para isso, devem ser considerados os valores e princípios na Recomendação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) sobre a Ética da IA visando “fornecer uma base para fazer com que os sistemas de IA funcionem para o bem da humanidade, dos

indivíduos, das sociedades e do meio ambiente e ecossistemas, e para prevenir danos” (Unesco, 2021, p. 5). A recomendação destaca a igualdade de gênero e a preservação ambiental ecossistêmica, incluindo os valores e princípios mencionados nos valores e princípios na recomendação da UNESCO sobre a Ética da IA:



Figura 5: valores e princípios na Recomendação da UNESCO sobre a Ética da IA
Fonte: UNESCO (2021, p. 61)

Embora a inteligência artificial ofereça um grande potencial para a educação, existe a preocupação de que algoritmos treinados com dados históricos possam incorporar e amplificar preconceitos sociais (Kafai & Burke, 2020). Para evitar essa problemática, a adoção dos valores e princípios propostos por Oliveira *et al.* (2023) é fundamental, pois ao enfatizar esses valores e princípios, podemos garantir que a IA seja utilizada de forma ética e equitativa no ambiente educacional. Existem várias aplicações da IA, que possuem potencial utilização ou que já estão sendo utilizadas em salas de aula, mas que precisam ser aprimoradas (Vicari, 2021), a fim de criar novas narrativas para a educação científica.

Considerando que a IA não se trata de uma metodologia, e sim uma área multidisciplinar de pesquisa que possibilita o estudo e o desenvolvimento de sistemas e algoritmos habilitados para executar atividades que normalmente

exigem inteligência humana. As investigações acerca de suas diferentes aplicações podem abranger diversas metodologias, técnicas e abordagens conforme o objetivo específico da pesquisa (Almeida & Teixeira, 2024).

A abertura para a Astronomia Cultural por meio da IA pode favorecer a discussão sobre o racismo científico nas Ciências e Tecnologia, oportunizando um pensamento crítico e equilibrado a respeito da natureza da Ciência, considerando as contribuições e prejuízos causados por discursos e atitudes dentro da Ciência (Verrangia & Silva, 2010; Sepúlveda, 2018; Oliveira *et al.*, 2021; Sepúlveda *et al.*, 2022). Diante da relação intrínseca entre a história do racismo científico e tecnológico e os impactos para as relações étnico-raciais que se intensificaram na sociedade, podemos utilizar novas narrativas para o ensino de Ciências que estejam alinhadas com ações que valorizem a diversidade epistemológica e cultural.

A cosmologia indígena é pouco divulgada tanto na Educação Escolar Indígena como na Educação não indígena - embora esse tema seja importante para a educação científica - pois relaciona os eventos celestes com os terrestres, bem como aborda o estudo das posições aparentes do Sol e de suas constelações, e fazem sua relação com os períodos de chuva ou seca, calor ou frio (Afonso & Afonso, 2022).

A Inteligência Artificial (IA) emerge como uma poderosa ferramenta para transformar o ensino de Ciências, promovendo a inclusão e a valorização da diversidade cultural. Nesse sentido, a IA pode contribuir para a construção de novas narrativas pedagógicas, integrando os conhecimentos dos povos indígenas aos currículos escolares.

Ao adotar uma perspectiva decolonial, como defendida por Machado e Coppe (2022), a utilização da IA no ensino de ciências vai além de uma simples inclusão de conteúdos indígenas. Ela implica em uma profunda transformação das práticas pedagógicas, questionando os saberes hegemônicos e valorizando os conhecimentos ancestrais.

Projetos de extensão, formação docente inicial e continuada podem ser espaços privilegiados para experimentar e disseminar iniciativas que integram a IA e as cosmologias indígenas. A Figura 6 apresenta algumas propostas concretas, como o desenvolvimento de jogos digitais que simulam práticas tradicionais de conhecimento, a criação de plataformas *online* para o compartilhamento de saberes indígenas e a utilização de ferramentas de realidade virtual para explorar paisagens e cosmovisões indígenas.

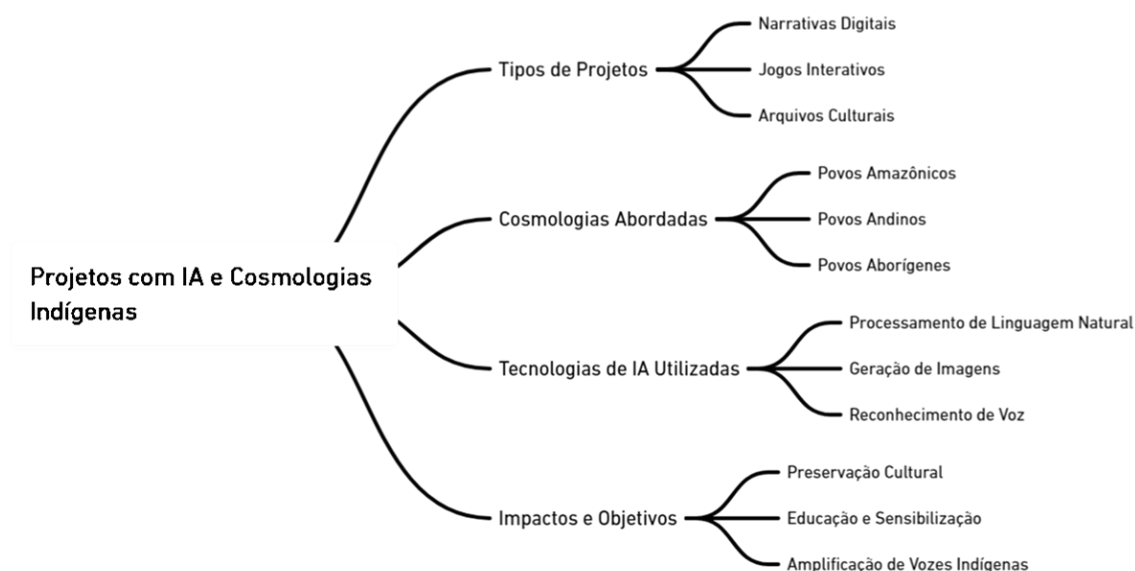


Figura 6: Diagrama de mapeamento de projetos e iniciativas que utilizam IA para valorizar as cosmologias indígenas

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Cieb (2019) e Freitas *et al.* (2024)

A incorporação da IA e dos conhecimentos indígenas no ensino de Ciências pode gerar diversos benefícios para os estudantes, como o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade, além de promover a valorização da diversidade cultural e o respeito à natureza. No entanto, é fundamental que essa integração seja realizada de forma ética e responsável, evitando a instrumentalização das culturas indígenas e garantindo o acesso equitativo à Tecnologia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da IA para promover integração entre a Astronomia Indígena e o ensino de Ciências é considerado um desafio, embora fundamental no combate ao racismo científico e tecnológico, com vistas a transformação da sociedade a partir de uma formação emancipatória de cidadãos críticos, que questionem a subalternização impostas pelo sistema colonial e a eminência de consolidar alteridades indígenas.

A integração da IA e dos conhecimentos dos povos indígenas representa um marco importante na construção de novas narrativas para o ensino de Ciências, considerando o compromisso com a ética e a colaboração entre

pesquisadores, educadores e comunidades indígenas, possibilitando a criação de recursos pedagógicos, como simulações interativas de céus indígenas, jogos que exploram mitos e lendas e plataformas *online* para o compartilhamento desses saberes na educação formal e não formal.

Ao longo desse artigo reforçamos os impactos da IA para o processo de ensino-aprendizagem e seus desdobramentos, bem como a necessidade de uma exploração mais acentuada do conceito de IA na Educação a partir dos valores e princípios recomendados pela UNESCO sobre a ética no seu funcionamento, com o intuito de beneficiar a humanidade, a natureza e prevenir danos.

Embora a quantidade de pesquisas e trabalhos publicados com essa temática não seja relevante em relação as outras áreas, apresentamos como perspectivas futuras a necessidade de implementação de uma pedagogia antirracista no ensino básico, superior, principalmente na formação de professores, visando uma formação emancipatória perante a valorização das epistemologias indígenas.

REFERÊNCIAS

- Afonso, G. B. (2006). Mitos e estações no céu tupi-guarani. *Scientific American Brasil*, 14, 46-55. Recuperado de: <https://revistacienciaecultura.org.br/?artigos=mitos-e-estacoes-no-ceu-tupi-guarani>. Acesso em: 02 de abr. 2024.
- Afonso, G. B. (2009). Astronomia indígena. *Reunião anual da SBPC*, 61, 1-5. Recuperado de: https://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/conferencias/CO_GermanoAfonso.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.
- Afonso, G. B. (2010). Astronomia indígena. *Revista de História*, 1, 62–65. Recuperado de: https://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/conferencias/CO_GermanoAfonso.pdf.
- Afonso, GB, & Silva, PS (2012). *Céu dos índios de Dourados, Mato Grosso do Sul*. Editora UEMS.
- Afonso, GB (2013). *Constelações indígenas brasileiras*. Telescópios na Escola. Disponível em <https://www.pindorama.art.br/file/constelacoesindigenasguarani.pdf> (Acesso em 12 de agosto de 2024).

- Afonso, G. (2014). O céu dos índios do Brasil. *Anais da 66ª Reunião Anual da Sbpcc, Rio Branco, Ac, 1* (1), 1-4.
- Afonso, G. B., Silva, P. S. da, & Afonso, Y. B. (2022). Astronomia na cultura indígena para a educação. *INTERFACES DA EDUCAÇÃO*, 13(37). <https://doi.org/10.26514/inter.v13i37.4937>.
- Afonso, GB e Nadal, CA (2014). Arqueoastronomia brasileira. Em OT Matsuura (Org.), *História da astronomia no Brasil* (Vol. 1, No. 1, pp. 49–84). CEPE Editora; MAST/MCTI.
- Almeida, T. A. de, & Teixeira, R. R. P. (2024). Explorando a fronteira entre Inteligência Artificial e Astronomia na Educação. *Informática Na educação: Teoria & Prática*, 27(1). <https://doi.org/10.22491/1982-1654.138688>.
- Alves-Brito, A. (2021). Cosmologias racializadas: processos políticos e educativos anti(racistas) no ensino de Física e Astronomia. *Roteiro*, 46, e26279. <https://doi.org/10.18593/r.v46.26279>.
- Alves-Brito, A., & Alho, K. R. (2022). Educação para as Relações Étnico-Raciais: Um Ensaio Sobre Alteridades Subalternizadas nas Ciências Físicas. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (belo Horizonte)*, 24, e37363. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240122>.
- Azambuja, C. C. D., & Silva, G. F. D. (2024). Novos desafios para a educação na Era da Inteligência Artificial. *Filosofia Unisinos*, 25(1), e25107. <https://doi.org/10.4013/fsu.2024.251.07>.
- Báez, F. (2010). *A história A história da destruição cultural da América Latina: da conquista à globalização*. Nova Fronteira.
- Barros, V. P., & Ovigli, D. F. B. (2014). As diferentes culturas na educação em Astronomia e seus significados em sala de aula. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (18), 103–118. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/203>.
- Batista, JLB (2007). *O céu tupi-guarani* [Slides em PowerPoint]. Universidade de São Paulo.
- Bonatti, J., Paim, E. A., Huamám, M. M. A cosmologia andina e dos Povos Kaingang: pensando a educação do campo. *Revista Educação do Campo*, 47 (1). Recuperado de: <https://doi.org/10.18593/r.v47.28196>.

- Boczko, Roberto. (1984). *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Campos, M. D'O. (2019). Por que SUElear? Marcas do Norte sobre o Sul, da escola à geopolítica. *Revista Interdisciplinar Sulear*, 2(2). EdUEMG. Recuperado de: <https://sulear.com.br/beta3/wp-content/uploads/2020/01/Dossie-Sulear-SUElear.pdf> (Acesso em 20 de setembro de 2024).
- Cardoso, W. T. (2007). "O Céu dos Tukano na escola Yupuri – construindo um calendário dinâmico." Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Recuperado de: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/PUC_SP-1_12ee0248c6a494ede7ccc4025b7fia81.
- Cardoso, W. T. (2012). *Parceria entre o céu e a Terra, em Educação Escolar Indígena do Rio Negro 1998-2011*. Cabalzar, F.D (org.), Instituto Socioambiental, São Paulo; Federação das Organizações Indígenas do Rio Negro – FOIRN, São Gabriel da Cachoeira. pp.188-195
- Cardoso, W. T. (2016). Constellations and Time Keeping used by Indians at Northwestern Amazonian Region. *Journal of Astronomy in Culture*. Vol 1, Num. 1, pp 23-39.
- Casares Contreras, O. J., & Gamboa Cetina, J. M. (2020). O papel da astronomia e do calendário nas concepções de saúde e doença entre os maias de Yucatán. Do colonial ao contemporâneo. *Ciências Espaciais*, 13 (2), 21–31. <https://doi.org/10.5377/ce.v13i2.11259>.
- Casares Contreras, Orlando Josué. (2021). Kukulcán, Venus y los ciclos agrícolas en la estructura 2D5 de Chichén Itzá, Yucatán. *Trace (México, DF)*, (79), 37-65. Epub 24 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.22134/trace.79.2021.689>.
- CIEB - Centro de Inovação para a Educação Brasileira. (2019). *Notas técnicas #16: Inteligência artificial na educação*. CIEB. Recuperado de: <https://cieb.net.br/wpcontent/uploads/2019/11/CIEBNotaTecnica16nov2019digital.pdf>
- Clastres, P. (2013). *A sociedade contra o Estado: pesquisas de antropologia política* (T. Cosac Na (T. Santiago, Trad.). Cosac Naify. (Obra original publicada em 1974).

- Clastres, P. (2004). *Pesquisas de antropologia política Pesquisas de antropologia política*. (Obra originalmente (P. Neves, Trad.). Cosac Naify. (Obra original publicada em 1980).
- Correa, L. F., & Simões, B. dos S. (2016). Astronomia Indígena na Formação de Professores: Uma Possibilidade a partir da Abordagem CTS. *Ciência E Natura*, 38(1), 475–483.
<https://doi.org/10.5902/2179460X19113>.
- Cury, M. X., Guimarães, V. W., Silva, M. A. & Carneiro, C. G. (Org.) (2017). *Kaingang, Guarani Nandewa e Terena — Resistência já! Fortalecimento e união das culturas indígenas*. Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo.
- Durso, S. O., & Arruda, E. P. (2022). Inteligência Artificial na Educação a Distância: Uma Revisão Sistemática da Literatura de Estudos Brasileiros. *Problemas da Educação no Século XXI*, 80 (5), 679-692.
<https://doi.org/10.33225/pec/22.80.679>.
- Durso, S. D. O. (2024). Reflexões Sobre a Aplicação da Inteligência Artificial na Educação e seus Impactos para a Atuação Docente. *Educação Em Revista*, 40, e47980. <https://doi.org/10.1590/0102-469847980>.
- Fares, Érika A., Martins, K. P., Araujo, L. M., & Sauma Filho, M. (2004). O Universo das Sociedades numa Perspectiva Relativa: Exercícios de Etnoastronomia. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (1), 77–85. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/54>.
- Fonseca, O. M., Pinto, S. P., & Jurberg, C. (2007). Mitos e constelações indígenas, confeccionando um planetário de mão. *X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (RED POP - UNESCO) y IV Taller “Ciencia, Comunicación y Sociedad”*. Recuperado de: <http://biblioteca.funai.gov.br/media/pdf/Folheto59/FO-CX-59-3837-2008.PDF>.
- Freitas, N. C. de, Romeu, M. C., Souza, V. F. M., & Barroso, M. C. da S. (2024). Ciência e Diversidade: A Astronomia Indígena Como Meio de Combater o Racismo na Educação. *Cenas Educacionais*, 7, e21965. Recuperado de: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14564034>.
- Garcia, C. S., Costa, S., Pascolai, S., & Campos, M. Z. (2016). “As Coisas do Céu”: Etnoastronomia de uma Comunidade Indígena como Subsídio

- para a Proposta de um Material Paradidático. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (21), 7–30. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/231>.
- Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa* (5ª ed.). Atlas.
- Gondim, ASC, & Mól, GS (2008). Saberes populares e ensino de Ciências: Possibilidades para um trabalho interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, (30).
- Iwaniszewski, S. (2024). Predicción de eclipses y la duración del mes lunar en la astronomía maya. *Cosmovisiones / Cosmovisões*, 5(1), 241–250. <https://doi.org/10.24215/26840162e020>.
- Jafelice, L. C. (2015). ASTRONOMIA CULTURAL NOS ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (19), 57–92. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/209>.
- Joaquim, B., & Pesce, L. (2025). Colonialismo digital e educação: entrelaçamentos de pedagogias decoloniais para a promoção da democracia cognitivo-digital. *Roteiro*, 49, e35527. <https://doi.org/10.18593/r.v49.35527>.
- Junior, J. F. C., Reis-Neto, R. A., Gusmão, V. R., Menezes, N. L. B., Silva, M. I., Santos, L. S. R., Godinho, C. E. R., Reinoso, L. F. (2023). O Futuro da Aprendizagem com a Inteligência Artificial Aplicada à Educação 4.0. *Revista Educação, Humanidade e Ciências Sociais*, 7 (14). Recuperado de: <https://doi.org/10.55470/rechso.00094>.
- Kafai, Y. B., & Burke, Q. (2020). Artificial intelligence in education: promises and dangers. *Educational Researcher*, 49(1), 20-29.
- Krenak, A. (2020). *A vida não é útil*. São Paulo, SP: Companhia das Letras.
- Langoni, G. P. (2022). Etnocídio - Pierre Clastres. Etnocídio - Pierre Clastres. Na *Enciclopédia de Antropologia*. Universidade de São Paulo, Departamento de Antropologia. <https://ea.fflch.usp.br/conceito/etnocidio-pierre-clastres>.
- Lévi-Strauss, Claude. (2004). *O Cru e o Cozido*. São Paulo, SP: Cosac Naify.
- Lima, F. P., Matsura, O. T., & et al. (2013). Relações céu-terra entre os indígenas no Brasil: Distintos céus, diferentes olhares. In O. T. Matsura (Org.), *História da astronomia no Brasil* (Vol. 1, pp. 88–130). Cepe.

- Lima, G. D. M., Ferreira, G. M. D. S., & Carvalho, J. D. S. (2024). Automação na educação: caminhos da discussão sobre a inteligência artificial. *Educação e Pesquisa*, 50, e273857. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202450273857por>.
- Lima, C. B., & Serrano, A. (2024). Inteligência Artificial Generativa e ChatGPT: uma investigação sobre seu potencial na Educação. *Transinformação*, 36, e2410839. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202436e2410839>.
- Lippold, W., & Faustino, D. (2022). Colonialismo digital, racismo e acumulação primitiva de dados. *Germinal: Marxismo E educação Em Debate*, 14(2), 56–78. Recuperado de <https://periodicos.ufba.br/index.php/revistagerminal/article/view/49760>.
- Machado, V. F., & Coppe, C. (2022). Educação Científica contra o Preconceito: da Natureza às Multinaturezas. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, e32489, 1–23. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u119141>.
- Maldonado-Torres, N. (2008). Decolonization and the decolonial turn. *Tabula Rasa*, (9), 61–72.
- Mariuzzo, P. (2012). O céu como guia de conhecimentos e rituais indígenas. *Revista Ciência Cultura*, 64(4). Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-672520120004000023>.
- Martín López, A. (2013). *Cielos, identidade e poder no Chaco argentino* [Transparências]. Minicurso: Astronomia Cultural, LAPEFA/UFRN, Natal, 6 de novembro de 2013.
- Mudrik, Armando. (2017). “El ñandú” en el cielo: etnoastronomía de gringos, criollos e indígenas y las representaciones celestes de Rhea americana en el sur del Chaco argentino. *El hornero*, 32(1), 07-17. Recuperado en 13 de octubre de 2024, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO07334072017000100002&lng=es&tlng=es.
- Munduruku, D. (2012). *O caráter Educativo do Movimento Indígena Brasileiro (1970 – 1990)*. Paulinas.
- Munduruku, D. (2016). *O banquete dos deuses*. Global.

- Nas, E. *Como e por que decolonizar a inteligência artificial?* Jornal da USP. Recuperado de: <https://jornal.usp.br/artigos/como-e-por-que-decolonizar-a-inteligencia-artificial/>.
- Oliveira, M. S. D. (2017). Através do Universo: Notas sobre as constelações na cosmologia Tukano. *Anthropológicas Ano*, 21(28), 1. Recuperado de: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistaanthropologicas/article/view/23997>.
- Oliveira, M. (2010). *Astronomia Tukano através do universo*: As constelações na cosmologia dos grupos Tukano do Tiquié. ISA – Povos Indígenas no Brasil. Recuperado de: <https://pib.socioambiental.org/pt/c/no-brasil-atual/modos-de-vida/astronomia-tukano>.
- Oliveira-Filho, K., & Saraiva, MF (2017). *Astronomia e astrofísica*. Editora da Física.
- Oliveira, E. (2020). *Multiculturalismo e ensino de ciências na educação básica: Desafios e potencialidades da astronomia cultural* (Dissertação de Mestrado). Instituto de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, A. C. de; Alves-Brito, A.; Massoni, N. T. (2021). Education for ethnic-racial relations in Brazil's physics and astronomy teaching: mapping the professional master productions (2003-2019). *Alexandria: R. Educ. Ci. Tec.*, 14(2), p. 305-330. Recuperado de: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/76542>.
- Oliveira, L. A. de., dos Santos, A. M., Martins, R. C. G., & Oliveira, E. L. (2023). Inteligência artificial na educação: uma revisão integrativa da literatura. *Peer Review*, 5(24), 248–268. Recuperado de <https://www.peerw.org/index.php/journals/article/view/1369>.
- Parreira, A., Lehmann, L., & Oliveira, M. (2021). O desafio das tecnologias de inteligência artificial na Educação: percepção e avaliação dos professores. *Ensaio: Avaliação E Políticas Públicas Em Educação*, 29(113), 975–999. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002803115>.
- Pedroza Lima, F., & Vasques de Nader, R. (2019). Astronomia cultural: um olhar decolonial sobre e sob os céus do Brasil. *Revista Scientiarum Historia*, 2, 8. Recuperado de: https://doi.org/10.51919/revista_sh.v2io.89.

- Parreira, A., Lehmann, L., & Oliveira, M. (2021). O desafio das tecnologias de inteligência artificial na Educação: percepção e avaliação dos professores. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, 29, 975-999. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002803115>.
- Quijano, A. (2000). Colonialidade do poder e classificação social. *Journal of World-Systems Research*, 11 (2), Festschrift para Immanuel Wallerstein, Parte I.
- Quijano, A. (2009). Diálogo sobre la crisis y las ciencias sociales en América Latina: Entrevista de Jaime Ríos. *Sociológica: Revista del Colegio de Sociólogos del Perú*, 1(1), 19-41.
- Reus Gonçalves da Rosa, R. (2022). Jaxy e Jaxy Jaterê: O Ponto de Vista Guarani e de Outros Povos Ameríndios Sobre a Origem da Lua, as Constelações e o Saci-pererê (primeira parte). *Espaço Ameríndio*, 16(1), 1-46. <https://doi.org/10.22456/1982-6524.122910>. (Original work published 30^o de abril de 2022).
- Rich, E., & Knight, K. (1994). *Inteligência Artificial*. 2^a ed. McGraw-Hill.
- Rodrigues, J. C. (2015). Lévi-Strauss (1908-2009). Em E. Rocha & M. Frid (Orgs.), *Os antropólogos: De Edward Tylor a Pierre Clastres* (pp. 167-180). Vozes; Editora PUC.
- Rodrigues, M. D. S., & Leite, C. (2020). Astronomia Cultural: análise de materiais e caminhos para a diversidade nas aulas de Ciências da Natureza. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (belo Horizonte)*, 22, e15812. <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210112>.
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista De Enfermagem*, 20(2), v-vi. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>.
- Santos, M. (2001). Introdução geral. Em M. Santos, *Por uma outra globalização: Do pensamento crítico à consciência universal* (6^a ed., pp. 17-21). Editora Record.
- Sepúlveda, C. (2018). O racismo científico como plataforma para educação das relações étnico-raciais no ensino de ciências. Em JF Custódio et al. (Orgs.), *Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT): Contribuições para pesquisa e ensino* (pp. 243-270). Livraria da Física.

- Sepúlveda, C., Fadigas, M. D., & Sánchez Arteaga, J. M. (2022). Educação das relações étnico raciais a partir da história do racismo científico: princípios de planejamento e materiais curriculares educativos. *Revista De Ensino De Biologia Da SBEnBio*, 15(nesp.2), 808–830. <https://doi.org/10.46667/renbio.v15inesp2.743>.
- Silva, J. (2022). Perspectivismo Cosmológico Ameríndio: Inversão do Multiculturalismo para uma Abordagem Multinaturalista. *Opará: Etnicidades, Movimentos Sociais E Educação*, 9(15), e142006. Recuperado de <https://www.revistas.uneb.br/index.php/opara/article/view/12065>.
- Silva, M. L. S., & Baptista, G. C. S. (2018). Conhecimento tradicional como instrumento para dinamização do currículo e ensino de ciências. *Gaia Scientia*, 12(40), 90-104.
- Soentgen, J., & Hilbert, K. (2016). A QUÍMICA DOS POVOS INDÍGENAS DA AMÉRICA DO SUL. *Química Nova*, 39(9), 1141–1150. Recuperado de: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20160143>.
- Thomazi Cardoso, W. (2021). Estrellas, constelaciones y astronomía indígena en dos libros del P. Alcionilio Bruzzi. *Cosmovisiones/ Cosmovisões*, 3(1), 165–190. Recuperado a partir de <https://revistas.unlp.edu.ar/cosmovisiones/article/view/13487>.
- Unesco. (2021). *Para aproveitar a era da inteligência artificial na educação superior: Um guia às partes interessadas do ensino superior*. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376708>.
- Urton, G. (2022). *El cosmos andino*. Ediciones El Lector.
- Verrangia, D., & Silva, P. B. G. (2010). Cidadania, relações étnico-raciais e educação: desafios e potencialidades do ensino de ciências. *Educação E Pesquisa*, 36(3), 705–718. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022010000300004>.
- Vicari, R. M. (2021). Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino. *Estudos Avançados*, 35(101), 73–84. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.006>.
- Vilaça, M. M., Karasinski, M., & Candiottto, K. B. B. (2024). Reflections on the future of artificial intelligence: an interview with Luciano Floridi. *Filosofia Unisinos*, 25(1), e25115. <https://doi.org/10.4013/fsu.2024.251.15>.

- Walsh, C. (2009). Interculturalidade crítica e pedagogia decolonial: in-surgir, re-existir e re-viver. In VM Candau (Org.), *Educação intercultural na América Latina: Entre concepções, dívidas e propostas*. 7 Letras.
- Wittmann, L. T. (Org.). (2015). *Ensino (d)e História Indígena*. Belo Horizonte: Autêntica.
- Zawacki-Richter, O., Marín, VI, Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Revisão sistemática de pesquisas sobre aplicações de inteligência artificial no ensino superior - Onde estão os educadores? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16 (39), 1-27.
<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.



LITERATURA E EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA: DESAFIOS, TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Camila Muniz de Oliveira¹
Michel Corci Batista²

RESUMO: Este artigo apresenta os resultados de uma revisão sistemática sobre a interseção entre Literatura e Educação em Astronomia no Brasil. Frente aos desafios do ensino de Ciências — marcados por lacunas na formação científica e na contextualização dos conteúdos escolares —, busca-se compreender de que modo a literatura pode contribuir para tornar o ensino de Astronomia significativo e interdisciplinar. A partir de uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, fundamentada no protocolo PRISMA, foram analisadas 38 produções acadêmicas, identificadas em bases de dados de amplo alcance e relevância na área. Os dados foram processados com o auxílio do software IRaMuTeQ, por meio da Classificação Hierárquica Descendente (CHD), evidenciando quatro classes temáticas: uso da ficção científica, integração da literatura infantil na prática docente, produção de materiais didáticos e o papel da obra de Monteiro Lobato no ensino de conceitos astronômicos. Os resultados evidenciam que, embora promissora, a articulação entre Literatura e Educação em Astronomia ainda enfrenta entraves metodológicos e formativos. Destacam-se a carência de pesquisas avançadas e de ações formativas contínuas, mas também tendências relevantes, como o uso crescente de textos literários como recurso didático, com destaque para a obra de Monteiro Lobato. Conclui-se que a literatura, ao favorecer a resignificação de conceitos e a construção interdisciplinar do conhecimento, constitui um campo fértil para investigações futuras no ensino de Astronomia.

PALAVRAS-CHAVE: Revisão Sistemática; PRISMA; guia; Literatura infantil.

¹Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Brasil. E-mail: camila.munizalmeida@gmail.com

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Brasil. E-mail: michel@utfpr.edu.br

LITERATURA Y EDUCACIÓN EN ASTRONOMÍA: RETOS, TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS EN LA EDUCACIÓN BRASILEÑA

RESUMEN: Este artículo presenta los resultados de una revisión sistemática sobre la intersección entre la Literatura y la Educación en Astronomía en Brasil. Frente a los desafíos de la enseñanza de las Ciencias —marcados por lagunas en la formación científica y en la contextualización de los contenidos escolares—, se busca comprender de qué manera la literatura puede contribuir a hacer que la enseñanza de la Astronomía sea significativa e interdisciplinaria. A partir de un enfoque cualitativo, exploratorio y descriptivo, fundamentado en el protocolo PRISMA, se analizaron 38 producciones académicas, identificadas en bases de datos de amplio alcance y relevancia en el área. Los datos fueron procesados con la ayuda del software IRaMuTeQ, mediante la Clasificación Jerárquica Descendente (CHD), evidenciando cuatro clases temáticas: uso de la ciencia ficción, integración de la literatura infantil en la práctica docente, producción de materiales didácticos y el papel de la obra de Monteiro Lobato en la enseñanza de conceptos astronómicos. Los resultados evidencian que, aunque prometedora, la articulación entre Literatura y Educación en Astronomía aún enfrenta obstáculos metodológicos y formativos. Se destacan la escasez de investigaciones avanzadas y de acciones formativas continuas, pero también tendencias relevantes, como el uso creciente de textos literarios como recurso didáctico, con énfasis en la obra de Monteiro Lobato. Se concluye que la literatura, al favorecer la resignificación de conceptos y la construcción interdisciplinaria del conocimiento, constituye un campo fértil para futuras investigaciones en la enseñanza de la Astronomía.

PALABRAS CLAVE: Revisión sistemática; PRISMA; guía; literatura infantil.

LITERATURE AND EDUCATION IN ASTRONOMY: CHALLENGES, TRENDS, AND PERSPECTIVES IN BRAZILIAN EDUCATION

ABSTRACT: This article presents the results of a systematic review on the intersection between Literature and Astronomy Education in Brazil. In light of the challenges faced by science education—marked by gaps in scientific literacy and difficulties in contextualizing school content—this study seeks to understand how literature can contribute to making Astronomy teaching more meaningful and interdisciplinary. Based on a qualitative, exploratory, and descriptive approach, grounded in the PRISMA protocol, 38 academic publications were analyzed, identified from broad and relevant databases in the field. The data were processed using the IRaMuTeQ software through Descending Hierarchical Classification (DHC), which revealed four thematic categories: the use of science fiction, the integration of children's literature into teaching practices, the development of educational materials, and the role of Monteiro Lobato's works in teaching astronomical concepts. The results show that, although promising, the articulation between Literature and Astronomy Education still faces methodological and training-related challenges. Notable among these are the lack of

advanced research and continuous professional development initiatives. However, relevant trends are emerging, such as the growing use of literary texts as didactic resources, with special emphasis on the works of Monteiro Lobato. It is concluded that literature, by enabling the re-signification of concepts and the interdisciplinary construction of knowledge, represents fertile ground for future research in Astronomy Education.

KEYWORDS: *Systematic Review; PRISMA; guide; Children's Literature.*

1. INTRODUÇÃO

O ensino de ciências enfrenta desafios no cenário atual, refletidos em lacunas na formação científica da população e na dificuldade de contextualizar o conhecimento escolar com a realidade cotidiana. Dourado, Leite & Morgado (2024) afirmam que, embora a educação seja reconhecida como um direito universal e haja esforços para sua ampliação, a escola ainda falha em proporcionar uma formação científica de qualidade que capacite os cidadãos a compreenderem e a intervirem em questões sociocientíficas.

Apesar do interesse geral por ciência e tecnologia, muitos estudantes demonstram preferência por outras disciplinas, especialmente no Brasil, onde quase metade dos jovens de 15 anos relatam maior afinidade com outras áreas. Além disso, um número significativo de cidadãos europeus considera o conhecimento científico irrelevante para o cotidiano, evidenciando um distanciamento entre a educação em ciências e sua aplicabilidade percebida (Tonin; Tolentino-Neto & Ocampo, 2022; Dourado; Leite & Morgado, 2024).

Para reverter esse quadro, é essencial repensar o ensino de ciências, promovendo metodologias que conciliem a aquisição de conhecimentos conceituais com o desenvolvimento de competências para o século XXI, como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a comunicação científica (Walshe; Johnston & Goos, 2020). A integração de abordagens contextualizadas e interdisciplinares, alinhadas às demandas sociais e tecnológicas contemporâneas, torna-se um caminho promissor para transformar a educação científica e formar cidadãos mais preparados para os desafios do mundo atual (Dourado; Leite & Morgado, 2024).

O ensino de Astronomia vem ganhando cada vez mais espaço nas discussões educacionais no Brasil, especialmente dentro do campo do

Ensino de Ciências (Batista; Fusinato & Oliveira, 2018; Silva, 2023; Mometti, 2024). Entretanto, um dos principais desafios na área é a formação docente, uma vez que a preparação dos professores está diretamente relacionada ao currículo das instituições de ensino superior e aos projetos político-pedagógicos dos cursos de licenciatura, os quais, muitas vezes, não contemplam conteúdos específicos voltados à Astronomia (Pacheco & Zanella, 2019). Almeida Junior (2024, p.34) reforça essa problemática ao afirmar que “Apesar de receberem formação em Pedagogia, um número considerável de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental carece de instrução suficiente em Astronomia, o que explica as deficiências no seu ensino”.

Nesse cenário, Mometti (2022) elucida a necessidade de aprofundar as discussões sobre a formação docente, direcionando a reflexão para as metodologias de ensino. Isso implica que, além do domínio dos conteúdos para o ensino de determinada disciplina, o docente deve selecionar estratégias metodológicas compatíveis com a natureza dos conhecimentos abordados em aula.

No contexto brasileiro, a relação entre ciência e outras áreas do conhecimento, incluindo a literatura, começou a ganhar destaque com os estudos de Zanetic (1989). Em sua tese “Física também é cultura”, o autor consolidou uma linha de pesquisa que reconhece a ciência como parte integrante da cultura, defendendo a necessidade de estabelecer conexões entre a física e diferentes manifestações do saber. De acordo com Zanetic (2009, p.288), a “aproximação entre Ciência e arte, e em particular entre física e literatura, permite estabelecer um diálogo inteligente”. Nesse prisma, a Astronomia enquanto uma das ciências mais antigas, tem se mostrado um campo particularmente fértil para essa aproximação (Palcha & Cabral, 2015).

Diante das oportunidades de estudo nesse campo em expansão, objetivamos investigar os trabalhos acadêmicos que abordam a interseção entre a Educação em Astronomia e a Literatura, com o propósito de compreender os desafios, o desenvolvimento e as tendências das pesquisas nessa área no contexto brasileiro. Para isso, empregamos o software IRaMuTeQ para analisar nossos dados, buscando construir uma visão ampla e robusta sobre o tema.

2. ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

No que tange aos procedimentos metodológicos de constituição e análise dos dados, adotou-se uma abordagem de natureza qualitativa, uma vez que a pesquisa se desenvolveu em uma situação natural, caracterizando-se pela riqueza de dados descritivos, por um plano aberto e flexível e por uma abordagem que busca compreender a realidade de forma complexa e contextualizada (Lüdke & André, 1986).

Para a construção deste estudo, adotamos uma vertente exploratória e descritiva, do tipo bibliográfica (Gil, 2016). Fontana & Rosa (2023) ponderam que a perspectiva exploratória é utilizada com a finalidade de fornecer informações iniciais sobre o tema em questão.

A revisão sistemática da literatura é um tipo específico de pesquisa bibliográfica que segue um protocolo rigoroso e reproduzível. Conforme Galvão & Ricarte (2019) essa perspectiva de estudo segue protocolos específicos e busca entender e dar logicidade a um grande *corpus* documental, especialmente, verificando o que funciona e o que não funciona em um dado contexto.

Para assegurar rigor metodológico, utilizamos o protocolo PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises), que norteia a pesquisa quanto aos elementos essenciais na condução de uma revisão sistemática (Moher et al. 2009). Mendes e Pereira (2020) destacam itens que exigem uma atenção especial dentro do PRISMA, como os critérios de elegibilidade (ou de inclusão e exclusão) e o processo de seleção dos estudos, os quais consideramos necessários para que haja um entendimento dos seus conceitos. Para os autores:

Os critérios de inclusão são as características dos elementos adicionados e os de exclusão as características que se diferem nesses elementos. [...]. Vale ressaltar que cada um dos critérios adotados deve ser justificado (Mendes & Pereira, 2020, p. 203).

Com o propósito de atingir os objetivos estabelecidos no estudo, recorreremos a buscadores online, como o Google, como método inicial relevante para a pesquisa de caráter exploratório, pois, seus algoritmos geralmente destacam trabalhos relevantes. Portanto, para identificar as palavras-chave mais relevantes para uma pesquisa, é recomendável realizar uma busca preliminar no Google, com foco exclusivo em trabalhos científicos. Nessa etapa, deve-se observar títulos, resumos e palavras-chave, além de verificar a redação dessas palavras em outros

idiomas (Mendes & Pereira, 2020).

Após a análise preliminar, consideramos que foram pertinentes as palavras: "Astronomia", "Literatura Infantil", "Educação em Astronomia", "Literatura" e "Ensino". Não há restrição quanto ao número de palavras-chave em uma pesquisa, mas é essencial que elas reflitam adequadamente o objetivo do estudo. Contudo, essas palavras devem ser testadas antes de serem estabelecidas definitivamente.

Para realizar esses testes de forma eficaz, é fundamental compreender o uso de operadores booleanos, que funcionam como conectores entre as palavras-chave, ampliando ou restringindo os resultados da pesquisa. Entre os operadores booleanos mais utilizados destacam-se "AND", "OR" e "NOT", sendo que cada um desempenha uma função distinta e essencial na formulação de estratégias de busca (Freitas, et al., 2023).

O operador *OR* é usado para incluir sinônimos e ampliar a busca, tornando-a mais sensível ao recuperar um maior número de referências (Sanchez; Gomez & Gallardo, 2016). Em contrapartida, o operador *AND* é indicado quando se deseja encontrar artigos que contenham todos os termos pesquisados. Para excluir termos específicos, como no caso de evitar estudos relacionados a "idosos," podem ser utilizados os operadores *NOT* ou *AND NOT*, que restringem os resultados ao eliminar determinadas palavras-chave (Freitas, et al., 2023).

As palavras-chave devem ser submetidas a testes no Google Acadêmico, tanto isoladamente quanto em combinações, para avaliar sua relevância na obtenção de resultados significativos para a pesquisa (Mendes & Pereira, 2020). Nesse contexto, foram realizadas diferentes combinações com as palavras-chave. Após cada teste, analisamos os resultados das primeiras páginas, verificando se os termos empregados conduziam a estudos alinhados à temática investigada.

No que diz respeito ao universo a ser trabalhado, delimitamos as pesquisas em Português; portanto, consideramos as palavras-chave somente neste idioma. O período temporal utilizado corresponde ao limite de cada base até Maio de 2024 e, consideramos para a pesquisa as bases do Google acadêmico, *Microsoft Academic*, *Science Direct*, *Scientific Eletronic Library Online – SciELO*, periódicos e de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD e *Web of Science*. Essas bases foram escolhidas por apresentarem um grande alcance para teses, dissertações e artigos científicos, que são as produções de interesse da pesquisa.

A partir dos resultados coletados em todas as buscas, procedeu-se à integração das produções, garantindo que apenas uma versão de cada trabalho fosse mantida, totalizando 48 produções únicas. Em seguida, foram realizadas duas etapas de seleção.

Na primeira etapa de seleção, foram analisados os títulos, os resumos e as palavras-chave dos trabalhos. Como critério de inclusão, consideraram-se aqueles que abordavam, de alguma forma, a integração entre Astronomia e Literatura. Esse processo resultou na identificação de 45 produções relevantes. Dessa forma, três trabalhos foram descartados por não atenderem ao padrão definido. Além disso, como critério de exclusão, foram eliminados os trabalhos que não disponibilizavam acesso completo aos dados, métodos e resultados, totalizando mais uma exclusão.

Na segunda etapa de seleção, procedeu-se à leitura integral dos artigos. Nesse momento, atribuímos notas às produções com base em dois critérios principais: a pertinência do referencial teórico, especialmente no que diz respeito à discussão da relação entre literatura e ensino de Astronomia, e a clareza dos objetivos, com foco explícito na conexão entre Astronomia e Literatura. Após essa avaliação, foram selecionados 38 trabalhos para compor o *corpus* de análise da pesquisa.

Os resultados provenientes dos dois processos de seleção foram organizados e apresentados na Figura 1, seguindo o protocolo PRISMA, que orienta a exibição dos resultados por meio de um diagrama.

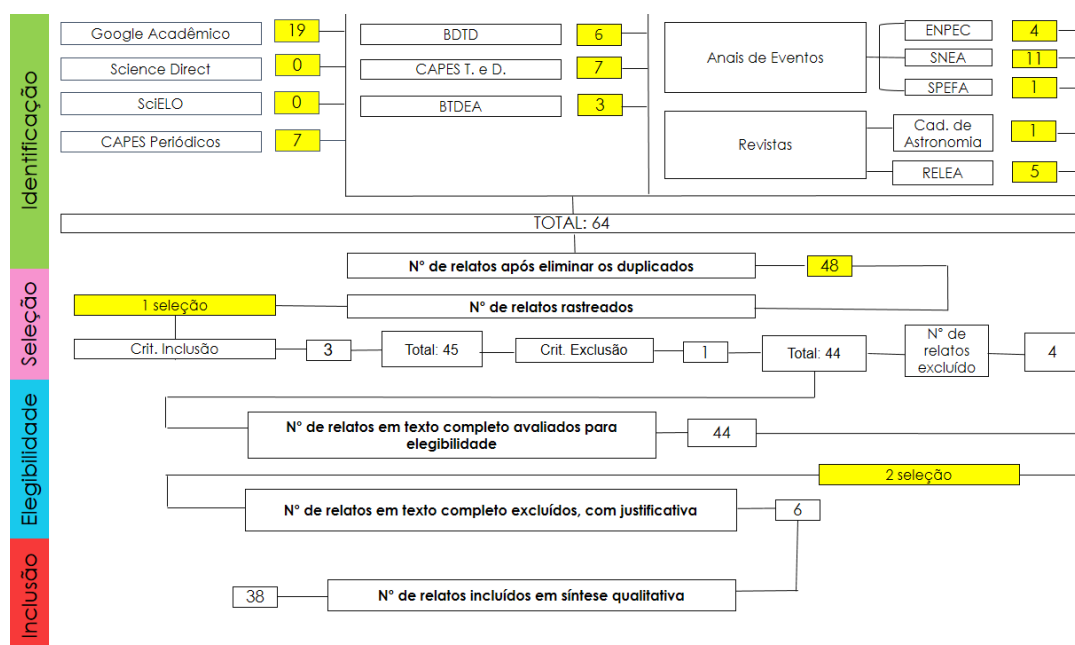


Figura 1: Fluxograma PRISMA

Fonte: Moher et al. (2009, apud Mendes e Pereira, 2020).

A partir desse processo, utilizamos um software de análise de dados denominado IRaMuTeQ para conduzir avaliações qualitativas e quantitativas dos dados que compõem o *corpus* da pesquisa, isto é, pesquisas que relacionam o Ensino de Astronomia com a Literatura, por meio da Classificação Hierárquica Descendente (CHD). A CHD “pode ser descrita como uma análise de agrupamentos (clusters) em que os segmentos de texto de um *corpus* são sucessivamente particionados em função da coocorrência de formas lexicais” (Sousa, 2021, p. 1551). Nesse sentido, para ampliar a compreensão das características únicas e compartilhadas do *corpus* de pesquisa, executamos uma CHD dos resumos pertencentes às pesquisas (Almeida Junior, 2024).

3. Resultados e discussões

Ao realizarmos buscas por trabalhos acadêmicos sem delimitar um recorte temporal inicial, mas restringindo o ano final a 2024, identificamos um total de 38 produções. Esses trabalhos estão distribuídos entre artigos, resumos, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, monografias e capítulos de livro.

As produções mais antigas datam de 2011 e correspondem a três artigos publicados em anais de eventos reconhecidos na área de educação e ensino, como o Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA) e o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). Identificamos que a Universidade de São Paulo (USP) se destaca pela sua ampla produção na área, assim como o pesquisador Luís Paulo Piassi, com presença constante em diversos estudos. O autor supracitado é referência em pesquisas na área de educação em ciências, destacando-se por sua produção assídua na interface entre literatura e ciência, com ênfase em ficção científica, fantasia e culturas juvenis e infantis.

Durante o período analisado, observamos que as primeiras pesquisas na área surgiram em 2011, com um pico de publicações registrado em 2018, sendo registrados sete estudos, essa realidade pode estar relacionada a eventos acadêmicos, como o V SNEA, ou a avanços relevantes na área. Em contraste, em 2013 observamos uma escassez trabalhos que relacionam Literatura e Astronomia. O gráfico 1 apresenta uma representação gráfica da distribuição dos estudos ao longo dos anos, diferenciando os tipos de trabalho.

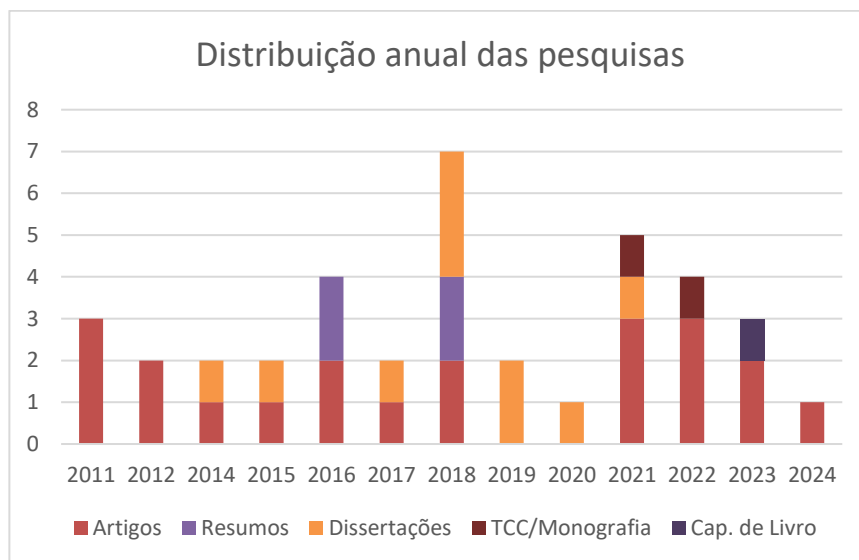


Gráfico 1 - Distribuição anual das pesquisas que relacionam Literatura e Astronomia.
Fonte: os autores.

Os artigos científicos predominam em praticamente todos os anos, o que indica uma valorização contínua desse tipo de produção para disseminação do conhecimento. Os resumos estão concentrados em poucos anos (2016 e 2018); isso sugere que podem ter impulsionado a necessidade de divulgação rápida de resultados preliminares. Já a alta de dissertações em 2018 sugere um ano de intensa formação de novos pesquisadores, possivelmente refletindo um período de maior incentivo sobre o tema.

A ausência de pesquisas em nível de doutorado revela uma lacuna no aprofundamento acadêmico da temática, evidenciando desafios para sua consolidação como área de estudo. No entanto, essa carência também representa uma oportunidade para o desenvolvimento de investigações mais robustas e estruturadas, contribuindo para a construção de um campo de pesquisa mais consistente.

No que se refere à distribuição dos trabalhos acadêmicos por nível educacional, observa-se a presença de estudos voltados para os Anos Iniciais e Finais do Ensino Fundamental, Ensino Médio, Ensino Superior e Pós-Graduação, além de produções de caráter teórico. Essa distribuição está detalhada na Figura 1.

NÍVEL EDUCACIONAL	QUANTIDADE DE TRABALHOS
ANOS INICIAIS EF	5
ANOS FINAIS EF	12
ENSINO MÉDIO	5

ENSINO SUPERIOR	1
PÓS-GRADUAÇÃO	1
TEÓRICO	14

Tabela 1: Quantidade de trabalhos acadêmicos distribuídos por nível educacional

Fonte: os autores.

Observa-se uma concentração expressiva de estudos nos Anos Finais do Ensino Fundamental (12 trabalhos) e nos enfoques teóricos (14 trabalhos), enquanto os níveis de Ensino Superior e Pós-Graduação apresentam uma presença ínfima, com apenas um trabalho cada, sendo respectivamente os trabalhos de Castro (2012) e Batista et al. (2024). A quase inexistência de pesquisas no Ensino Superior levanta uma questão crítica: a Astronomia, quando integrada à literatura, ainda é vista como um tema para crianças/adolescentes e não como um campo de estudo consolidado para formação docente ou aprofundamento acadêmico?

A efetiva inserção da literatura infantil no contexto educacional exige que a formação inicial dos docentes aprofunde a temática, proporcionando subsídios para a construção de práticas pedagógicas que favoreçam a formação dos estudantes desde os anos iniciais (Prais; Modesto & Tomizaki, 2016).

A predominância de estudos teóricos aponta para uma abordagem mais reflexiva e conceitual, além de permitir que o conhecimento seja estruturado, disseminado e enriquecido. Em contrapartida, essa abordagem pode carecer de práticas pedagógicas efetivas que entrelacem os conceitos astronômicos à literatura na realidade educacional. Conforme destaca Zilberman (1990), a literatura pode significar tudo ou nada, dependendo da maneira como é trabalhada em sala de aula. Assim, é fundamental que o profissional da educação disponha de uma formação sólida, que articule teoria e prática, permitindo-lhe utilizar a literatura de forma contextualizada e eficaz no ensino de ciências, promovendo uma aprendizagem mais significativa e conectada à realidade dos estudantes.

A formação inicial e continuada de professores em Literatura e Astronomia enfrenta desafios significativos, incluindo currículos que não contemplam adequadamente as necessidades pedagógicas e a falta de programas de formação continuada específicos. No entanto, essas lacunas também representam oportunidades para a construção de práticas educativas mais integradas e eficazes, que valorizem a interdisciplinaridade e atendam às demandas contemporâneas da educação básica no Brasil.

No que tange às normativas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na esfera dos anos iniciais, temos que

a literatura, a leitura do texto literário, que ocupa o centro do trabalho no Ensino Fundamental, deve permanecer nuclear

também no Ensino Médio [...]. Como linguagem artisticamente organizada, a literatura enriquece nossa percepção e nossa visão de mundo. Mediante arranjos especiais das palavras, ela cria um universo que nos permite aumentar nossa capacidade de ver e sentir. Nesse sentido, a literatura possibilita uma ampliação da nossa visão do mundo, ajuda-nos não só a ver mais, mas a colocar em questão muito do que estamos vendo e vivenciando (Brasil, 2018, p.499).

Nesse sentido, as diretrizes da BNCC reforçam a relevância da literatura como eixo central no Ensino Fundamental e Médio. Assim, entendemos que a valorização da literatura ao longo da trajetória da educação básica, bem como em níveis subsequentes, potencializa a construção do conhecimento, promove a formação de leitores críticos, amplia a percepção e visão de mundo e desenvolve a capacidade de ver e sentir.

Após o processamento do *corpus* no IRaMuTeQ por meio da Classificação Hierárquica Descendente (CHD), foram identificadas as seguintes características (Almeida Junior, 2024): 37 textos (unidades equivalentes aos resumos analisados), 214 segmentos, 1.840 formas distintas, 7.657 ocorrências, 1.176 formas ativas e 4 classes formadas. A retenção foi de 180 segmentos classificados de um total de 214, resultando em 84,11%.

De acordo com Camargo & Justo (2013), para que a análise CHD seja considerada válida, é necessária uma retenção mínima de 75%. Esse critério assegura a consistência na categorização e permite inferências confiáveis sobre os sentidos atribuídos ao Ensino de Astronomia e à Literatura. Assim, o índice de retenção obtido confirma a adequação da análise realizada.

A análise conduzida por meio do software IRaMuTeQ nos dados de CHD resultou na geração de um dendrograma (Figura 2), o qual representa visualmente as conexões entre as classes identificadas, contribuindo para uma compreensão mais detalhada das relações estabelecidas na análise.

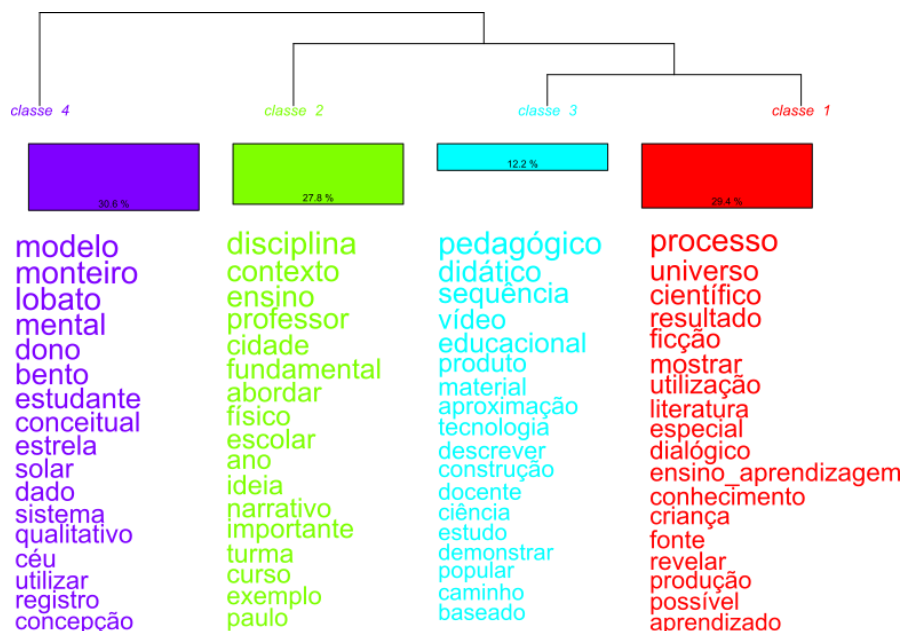


Figura 2 - Classificação Hierárquica Descendente do resumo das pesquisas que abordam a interseção entre o Ensino de Astronomia e a Literatura.
Fonte: os autores.

A **Classe 1** compreende 53 segmentos, representando 29,4% do total. Ao analisar o dendrograma em conjunto com os trechos característicos dessa classe, percebe-se uma relação direta com a ficção científica, destacada como uma ferramenta pedagógica relevante no ensino das ciências exatas e da astronomia, e nota-se que a literatura ocupa um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem. Abaixo, apresentamos trechos que sustentam essas inferências.

T14: Este trabalho pretende **mostrar** que é **possível** apresentar conceitos e **ensinar astronomia** através da **literatura infanto-juvenil** de **ficção científica** (Souza & Piassi, 2012, grifo nosso).

T15: “O projeto parte do conto de **ficção científica** ‘A Última Pergunta’ de Isaac Asimov, que aborda o **início** e um **possível fim** para o **universo** de uma **maneira dinâmica e surpreendente**. Desta maneira, a **questão da inovação da prática docente** é apreciada de duas maneiras simultaneamente (Fernandes & Lima, 2014, grifo nosso).

Moreira (2017) afirma que a ficção científica é considerada um gênero literário pertencente ao grupo das ficções especulativas, caracterizadas por narrativas que extrapolam a realidade do mundo em que estão inseridas, abordando temas diversos, como ficção de horror e fantasia. No entanto, distingue-se destes gêneros ao focar em especulações relacionadas à ciência, suas tecnologias e práticas, em vez de explorar magias ou elementos sobrenaturais.

Vale destacar que a ciência permeia a literatura, aproximando-a do gênero de ficção científica. Nesse cenário, autores como Isaac Asimov, Arthur C. Clarke, Ray Bradbury, Philip K. Dick, Ayn Rand, Júlio Verne, entre outros, realizaram grandes contribuições para o gênero. Assim, entendemos que textos de ficção científica se revelam como uma ferramenta pedagógica potencial para o ensino de ciências/astronomia, uma vez que se destacam por desempenhar os papéis de elemento motivador e mediador no processo de ensino-aprendizagem, recurso para ensino de conceitos complexos, estímulo à produção criativa, ferramenta para inovação pedagógica e facilitadora da aprendizagem.

T34: O presente trabalho teve o **objetivo** primordial de analisar compreensivamente o **uso da literatura** como **elemento de mediação** no **processo ensino-aprendizagem** da **astronomia**, mediada pela **tertúlia literária dialógica** e outras **fontes de leitura** (Vieira, 2019).

T17: O presente trabalho pretende **mostrar o potencial educativo** do ensino de conceitos astronômicos para crianças da primeira fase do ensino fundamental através das possibilidades que oferece o **livro literário infantil**, fonte de **conhecimento** e informação, oferecendo **prazer e ludicidade** ao **processo de aprendizagem** (Borges & Barrio, 2016, grifo nosso).

O foco central dos trechos analisados é evidenciar a utilização da literatura em diferentes formatos, como a tertúlia literária dialógica, o livro literário infantil e o cordel, com o objetivo de mediar e potencializar o ensino de conceitos astronômicos. Além disso, fundamentando-se nesses recursos, busca-se explorar abordagens inovadoras que contribuam significativamente para o processo de ensino-aprendizagem na área.

A **Classe 2**, comporta 50 dos 218 segmentos de textos retidos da CHD, o que lhe confere 27,8% do montante. A análise da classe em consonância com os segmentos de textos característicos dela, nos permite associá-la às narrativas literárias enquanto vertente interdisciplinar para o ensino de Astronomia em diferentes contextos escolares.

To6: O presente trabalho tem por objetivo investigar as potencialidades de um **livro digital** para o **ensino de literatura e astronomia** numa perspectiva **interdisciplinar** em uma turma de **primeiro ano do ensino médio** de uma instituição privada da cidade de Maringá-PR (Rocha et al., 2022).

T34: "Os sujeitos da **pesquisa** foram estudantes do 6º ano do **ensino fundamental I**. [...]. O percurso de pesquisa escolhido consistiu na realização de **atividades tendo a literatura** como instrumento de mediação para o ensino-aprendizagem da Astronomia e compreendeu a realização da **Tertúlia Literária Dialógica**, com o livro *A Reunião dos Planetas*, e **outras fontes de leitura**, envolvendo **cordel, letras de músicas e histórias em quadrinhos** (Vieria, 2019).

Esses estudos utilizam a literatura como recurso didático para abordar conceitos, leis e fenômenos astronômicos, promovendo uma abordagem que caracteriza a ciência como um saber contextualizado. Tal perspectiva está direcionada a favor de uma educação interdisciplinar, ou seja, uma formação que relacione a ciência com aspectos políticos, históricos, econômicos e culturais, oferecendo aos estudantes uma compreensão significativa, em contraste com um ensino que se restringe apenas aos conceitos científicos isolados.

Piassi (2015, p. 34) enriquece o debate sobre a interdisciplinaridade ao descrever esses conteúdos como uma "rede de elementos culturais interligados de formas múltiplas e complexas". Essa abordagem assume que os conteúdos escolares estão naturalmente conectados, independentemente das tentativas realizadas em sala de aula para estabelecer essas conexões, pois na realidade essas relações já existem (Silva, 2021).

Os estudos dessa classe ressaltam a importância de integrar ciência e literatura de forma interdisciplinar, promovendo conexões significativas entre as áreas do saber. Ao conectar os conteúdos escolares com aspectos políticos, históricos, econômicos e culturais, essa abordagem enriquece a compreensão científica e fortalece o engajamento dos estudantes. Ela não apenas motiva a aprendizagem, mas também contribui para a formação de indivíduos críticos, autônomos e preparados para interpretar o mundo de maneira mais ampla e contextualizada, consolidando a ciência como um saber vivo e integrador.

Dos 218 segmentos textuais identificados no CHD, a **Classe 3** corresponde a 22 segmentos, representando 12,2% do total. A análise do dendrograma associado a esta classe, juntamente com seus segmentos textuais característicos, revela que ela se concentra na produção e aplicação de materiais

educacionais que utilizam a literatura como recurso para o Ensino de Astronomia e na aproximação entre ciência e arte/literatura.

T32: O **produto educacional** gerado nesta **pesquisa** foi um manual de **sequências didáticas** que inclui a **construção de contos de ficção científica** e a **produção de vídeos** para o **ensino da astronomia**. Essas ferramentas buscam promover uma maior integração entre a tecnologia e a educação, aproximando os estudantes dos conteúdos científicos (Costa, 2018).

T26: Devido às ricas **possibilidades pedagógicas** na **aproximação entre arte e ciência**, bem como à valorização da cultura popular através da **literatura de cordel**, houve a necessidade de produzir algum tipo de interlocução no ensino. Assim, o objetivo foi promover o **letramento científico** por meio da aproximação entre astronomia e literatura de **cordel**, permitindo que os estudantes reconheçam a ciência como parte de sua cultura local (Santos, 2022).

Zanetic (2006) destaca que a literatura é uma das pontes entre Ciências e Artes, e começou a ser explorada há mais de cinquenta anos. Segundo o autor, essa "aproximação entre Ciência e Arte, especialmente entre física e literatura, possibilita o estabelecimento de um diálogo inteligente" (Zanetic, 2009, p. 288).

Sob essa perspectiva, as obras literárias, embora frequentemente associadas ao protagonismo na disciplina de Língua Portuguesa, configuram-se como valiosos recursos didáticos. Ao defender o uso da literatura, destaca-se seu potencial de integração a todas as disciplinas escolares, promovendo a leitura de textos literários que, por sua vez, estimulam a prática leitora, fomentam a imaginação e a criatividade, além de ampliar o conhecimento de mundo dos estudantes (Oliveira, 2021).

De forma ampla, pode-se afirmar que a utilização da literatura em suas diversas formas no contexto educacional favorece a interpretação de fenômenos científicos, estimula o hábito da leitura, amplia os horizontes culturais e contribui para superar a visão fragmentada da Ciência. Mas, mesmo diante dos valiosos aportes que a Literatura pode oferecer para o ensino de Astronomia, é necessário refletir sobre as dinâmicas de sua aplicação, reconhecendo que o estudante ter contato com uma narrativa literária não garante, por si só, o desenvolvimento de um processamento cognitivo adequado que o conduza à aprendizagem dos conceitos científicos.

Dos 218 segmentos de texto que foram incluídos no CHD, a **Classe 4** é composta por 55 segmentos, perfazendo 30,6% do total. Esta classe é composta por pesquisas com foco na utilização da literatura de Monteiro Lobato em contextos educacionais e no uso de textos literários para promover a construção de modelos conceituais.

T37: Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar as possíveis relações entre o conto '**O Nosso Sistema Solar**' da obra **Serões de Dona Benta**, de **Monteiro Lobato**, com a temática Astronomia (Oliveira, 2021).

T20: Nesse contexto objetiva-se com este trabalho fazer um levantamento por meio da pesquisa qualitativa, do tipo bibliográfica, das obras infanto-juvenis que abordem a temática Astronomia, e dentre elas, elencar uma para apresentar as possibilidades de um trabalho interdisciplinar, a fim de que o professor possa conhecer as potencialidades da obra. Após o levantamento das obras escolhemos **Viagem ao céu, de Monteiro Lobato** (Batista & Rocha, 2018).

Monteiro Lobato é o escritor pioneiro da literatura infantil brasileira. Em sua série de livros do Sítio do Pica-Pau Amarelo, publicada entre 1920 e 1947, o autor constrói um ambiente educacional inovador que serve como veículo para a aprendizagem de conceitos científicos. Tais obras destacam a sua veia científica, uma vez que abordam descobertas contemporâneas da época em diversas áreas do conhecimento, como Física, Astronomia, Geografia, Matemática e Biologia, entre outras (Oliveira, 2021). Nesse cenário, Dona Benta assume o papel de detentora do conhecimento e os demais moradores do sítio, como Emília, Pedrinho e Narizinho, desempenham o papel de aprendizes. Refletindo no contexto escolar, Dona Benta é a professora e as crianças os alunos, estabelecendo uma dinâmica pedagógica. Ao utilizar livros infantis no ensino de Ciências, é preciso considerar alguns desafios, como excesso de fantasia, imprecisões nos textos e imagens, simplificação exagerada e erros conceituais. Por outro lado, quando selecionadas com critério, essas obras podem ser estratégias eficazes para ensinar conceitos científicos a diferentes faixas etárias. Mesmo com limitações, isso não as torna inadequadas ao contexto educativo. Cabe ao docente mediar seu uso, promovendo debates e aprofundando a compreensão dos estudantes.

To7: O trabalho objetiva apresentar os **Modelos Mentais (MMs)** sobre o Sistema Solar elaborado por 23 estudantes do 7º ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal antes e reelaborados após a leitura de um livro literário infantil. A metodologia utilizada foi rodas de conversa e representações pictóricas dos estudantes antes e após a leitura do **livro literário infantil “O Sistema Solar na aula da professora Zulema”** (Borges; Sobreira & Ribeiro, 2022).

Essas pesquisas utilizaram os modelos mentais paralelamente com o livro de literatura infantil. De acordo com desenvolvedor da Teoria do Modelo Mental Johnson-Laird (1983), os estudantes possuem em suas mentes representações baseadas nas percepções do ambiente em que estão inseridos. Dessa maneira, o modelo mental construído pelos estudantes sob determinado tema, contribui para que o docente compreenda as concepções que eles elaboram a partir de suas experiências e percepções individuais.

Ambos trabalhos, evidenciam a influência do livro infantil na mudança dos modelos mentais dos estudantes, em alguns casos de forma mais significativa, em outros de maneira mais sutil, revelando que mesmo bem-intencionado essas obras infantis podem não ser eficaz se não considerar as necessidades dos estudantes. Esse descompasso, pode estar relacionado a linguagem inadequada, conteúdo descontextualizado, falta de elementos visuais atrativos, didática ineficaz, entre outros aspectos que devem ser considerados na utilização dessa abordagem.

4. CONCLUSÕES.

A partir do rigor metodológico e das discussões teóricas aqui delineadas, verifica-se que, embora transpareça um crescente interesse pelo tema, ainda existem entraves substanciais para sua consolidação como um campo de estudo e prática educacional. Um dos grandes desafios é a ausência de formação continuada, visto que, a participação em cursos dessa natureza, “tem potencial para transformar significativamente a abordagem pedagógica dos educadores” (Almeida Junior, 34).

Compreendemos por meio da análise, que a literatura pode ser utilizada para contextualizar a Astronomia dentro de aspectos políticos, históricos, econômicos e culturais, mas a falta de clareza metodológica impede a aplicação eficaz dessa perspectiva interdisciplinar. O desafio, portanto, não está apenas no uso de textos literários, mas na criação de estratégias pedagógicas que explorem o potencial desse enfoque.

A temática de estudo ainda enfrenta limitações, como a escassez de pesquisas em nível de doutorado e no âmbito do Ensino Médio e Superior, dificultando seu reconhecimento e expansão enquanto área de conhecimento. No entanto, esses aspectos indicam a possibilidade de intensificar e aprimorar investigações sobre o tema.

Constatamos que há algumas tendências promissoras na área, especialmente no que tange ao uso da literatura como recurso pedagógico no ensino de Astronomia. Os textos literários, em suas diferentes formas, têm sido explorados como ferramentas didáticas promissoras, atuando como elemento motivador no ensino de Astronomia.

Paralelamente, observa-se o crescimento na produção de materiais didáticos e sequências didáticas fundamentadas nesses textos, reforçando seu potencial educativo. Além disso, os estudos revelam que a literatura pode ajudar a modificar concepções científicas dos estudantes, caracterizando-se como um instrumento valioso para a construção do conhecimento.

Por fim, inferimos a partir das análises que a literatura de Monteiro Lobato caracteriza-se como um referencial importante para o ensino de Astronomia, visto que, o autor se destaca por sua veia científica, o que fomenta a inserção de suas obras em pesquisas de diversas áreas do conhecimento.

As investigações evidenciam que diversos autores têm oferecido contribuições significativas para a compreensão da relação entre Astronomia e literatura, tanto como ferramenta didática no contexto educacional quanto como meio para refletir criticamente sobre a aprendizagem dos conceitos científicos. Isso porque, a literatura apresenta a característica única de ressignificar os sentidos no texto, promovendo uma flexibilidade interpretativa que dificilmente se encontra em produções científicas e técnicas, as quais tendem a seguir uma abordagem mais objetiva e linear.

Considerando os aspectos estudados, inferimos que esta revisão sistemática contribuiu para compreender os desafios, o desenvolvimento e as tendências da Literatura no âmbito da Educação em Astronomia no Brasil e para construir uma visão ampla e robusta sobre o tema. Evidenciamos tanto as possibilidades e perspectivas promissoras delineadas pelas pesquisas, quanto as lacunas que ainda persistem, indicando a necessidade de investigações futuras que possam aprofundar e expandir esse campo de estudo.

5. REFERÊNCIAS

- Almeida Junior, E. R. B. Representações sociais de Astronomia: um estudo na formação inicial em Pedagogia. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Brasil, 2024.
- Alves, A. M. M., & Grutzmann, T. P. (2020). Literatura infantil no ensino da matemática: relações presentes na formação inicial do futuro docente. *Caderno De Letras* 38.
- Anjos, Z. E. N., et al. (2023). Astronomia literária: o ensino e a divulgação em astronomia através da literatura de cordel. *Cadernos de Astronomia* 4, 1.
- Batista, M. C., Fusinato, P. A., & Oliveira, A. A. (2018). Astronomia nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental I. *Ensino & Pesquisa* 16, 3.

- Batista, M. C., & Rocha, D. R. (2018). A literatura e a Astronomia como possibilidade para um ensino de Ciências interdisciplinar, in: V *Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Londrina.
- Batista, M. C., et al. (2024). Literatura e conhecimento astronômico: um estudo de representações sociais em disciplina de estágio docente na pós-graduação. *Revista do Professor de Física* 8, 1.
- Bento, T. (2014). Revisões sistemáticas em desporto e saúde: orientações para o planeamento, elaboração, redação e avaliação. *Motricidade* 10, 2.
- Borges, E. F. M., & Barrio, J. B. M. (2016). A literatura infantil no desenvolvimento de atividades interdisciplinares na primeira fase do Ensino Fundamental: uma “Viagem ao Céu” com Monteiro Lobato, in: *IV Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Goiás.
- Borges, E. F. M., Sobreira, P. H. A., & Ribeiro, J. P. M. (2022). Sistema Solar: Modelos Mentais a Partir da Leitura de um Livro Infantil. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* 33.
- Brasil, Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. Brasília: MEC.
- Camargo, B. V., & Justo, A. M. (2013). IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em Psicologia* 21, 2.
- Campanini, B. D., & Rocha, M. B. (2021). O teatro na educação brasileira para a construção do pensamento científico: um estudo na formação inicial de professores. *Ciência & Educação* (Bauru) 27.
- Caniato, R. (1973). *História da Astronomia*. Edgard Blücher, Brasil.
- Carvalho, A. S. Articulando Ensino de Ciências e alfabetização em uma turma do primeiro ano do Ensino Fundamental: contribuições de uma sequência didática sobre o tema astronomia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica/RJ, Brasil, 2017.
- Castro, M. A. C. Biblioteca Escolar-Sala de Aula: Parceiros na Promoção da Literacia da Informação: Estudo de Caso Numa Escola de Évora. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora, Portugal, 2012.
- Costa, A. M. P. V. N. Sequências didáticas para a construção de contos de ficção científica e a produção de vídeos, como instrumentos de mediação para o ensino da Astronomia e das Ciências Exatas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana.

- Feira de Santana/BA, Brasil, 2018.
- Coutinho, C. P. *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas*. Lisboa: Leya, Brasil, 2014.
- Dillon, J., & Watts, M. (2023). Debates in science education. In J. Dillon & M. Watts (Eds.), *Debates in science education* (pp. 1–9). Abingdon: Routledge.
- Dourado, L., Leite, L., & Morgado, S. (2024). Integrando a contextualização e a resolução de problemas para educar em Ciências para o futuro: o ensino orientado para a aprendizagem contextualizada das Ciências através da resolução de problemas. In D. Fortus et al. (Eds.), *Ensinar e aprender ciências em um presente e futuro de incertezas* (pp. 141–180). São Paulo: Editora Moderna.
- Fernandes, L. F. G., & Lima, A. P. (2014). A última pergunta: uma proposta de abordagem da cosmologia em aulas de Física a partir de um conto de ficção científica, in: *III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Curitiba.
- Flick, U. Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes (M. Lopes, Trans.; D. Silva, Rev. técnica). Penso, Porto Alegre, 2013.
- Fontana, F., & Rosa, M. P. (2023). Observação, questionário, entrevista e grupo focal. In C. A. O. Magalhães Junior & M. C. Batista (Eds.), *Metodologia da pesquisa em Educação e ensino de Ciências* (2nd ed.). Ponta Grossa: Atena.
- Freitas, A. O. Efeitos da alho (*Allium sativum*) no tratamento da Candidíase vulvovaginal em comparação com a terapia farmacológica convencional: revisão sistemática. Dissertação de Mestrado. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção-Ceará, Brasil, 2023.
- Fundação CECIERJ. (2016). Unidade 2: A descrição em diferentes gêneros textuais (Material do professor, Área: Língua Portuguesa). Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ.
- Galvão, M. C. B., & Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão Sistemática da Literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da Informação* 6, 1.
- Gil, A. C. *Métodos e Técnicas de pesquisa social*. Atlas, São Paulo, Brasil, 2016.

- Gomes, E. F. O Romance e a Teoria da Relatividade: A interface entre Literatura e Ciência no Ensino de Física através do discurso e da estrutura da ficção. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Brasil, 2011.
- Kimura, R. K., Ramos, J. E. F., & Piassi, L. P. (2015). Planetas fictícios: literatura, astrobiologia e interdisciplinaridade, in: *X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindóia, Lindóia, Brasil.
- Kitzberger, D. de O., Bartelmebs, R. C., & Rosa, V. (2020). As diferentes concepções sobre as fases da lua de alunos dos oitavos anos do Ensino Fundamental de uma escola pública. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* 28.
- Lajolo, M., & Zilberman, R. *Literatura infantil brasileira: história & histórias*. Ática, São Paulo, Brasil, 2007.
- Langhi, R. Ensino de Astronomia: formação de professores em atividades de extensão (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo, Brasil, 2009.
- Lima, J. M., Sousa, J. M., & Germano, M. G. (2011). A literatura de cordel como veículo de popularização da ciência: uma intervenção no ensino de física, in: *VII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisas de Educação em Ciências*, Campinas, São Paulo, Brasil.
- Lima, S. S. A ciência na literatura barretiana: o conto literário nas aulas de física em uma perspectiva sociocultural (Dissertação de Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo, Brasil, 2020.
- Lüdke, M., & André, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas* (2nd ed.). EPU, São Paulo, Brasil, 1986.
- Magalhães, E. N. P. Ensino de Astronomia no livro Serões de Dona Benta: uma experiência de sequência didática no ensino fundamental. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil, 2019.
- Mendes, L. O. R., & Pereira, A. L. (2020). Revisão sistemática na área de Ensino e Educação Matemática: análise do processo e proposição de etapas. *Educação Matemática Pesquisa* 22, 3.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred

- reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine* 151, 4.
- Mometti, C. (2024). Ensino de Astronomia para professores pedagogos: um modelo didático. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* 38.
- Moreira, P. H. A. A ficção científica como recurso didático no ensino de física. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. Brasil, 2017.
- Oliveira, C. M., & Batista, M. C. (2021). The relationship between Literature and Astronomy from the analysis of an image from the short story “Our solar system” by Monteiro Lobato. *Research, Society and Development* 10, 16.
- Oliveira, C. M., & Batista, M. C. (2022). A relação da literatura com a Astronomia a partir da análise de uma imagem do conto “Mais coisas do céu” de Monteiro Lobato, In: Iachel, G., & Bartelmebs, R. C. (Orgs.), *Educação em Astronomia: reflexões e práticas formativas* (pp. 120–141). Maravilha: UFFS Editora. (Coleção Ensino de Ciências).
- Oliveira, C. M. Literatura e Astronomia: uma análise descritiva do conto O nosso sistema solar da obra Serões de Dona Benta, de Monteiro Lobato. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, Maringá. Brasil, 2021.
- Pacheco, M. H., & Zanella, M. S. (2019). Panorama de pesquisas em ensino de astronomia nos anos iniciais: um olhar para teses e dissertações. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* 28.
- Palcha, L. S., & Cabral, W. A. (2015). Literatura e ciência: projeções possíveis nas pesquisas da área de ensino, in: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindóia, Lindóia, Brasil.
- Pereira, M. G., & Galvão, T. F. (2014). Etapas de busca e seleção de artigos em revisões sistemáticas da literatura. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 23.
- Piassi, L. P. C. (2015). A ficção científica como elemento de problematização na educação em ciências. *Ciência & Educação* (Bauru) 21.
- Piassi, L. P., & Pietrocola, M. (2009). Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de ‘encontrar erros em filmes’. *Educação e Pesquisa* 35, 3.

- Prais, J. L., Modesto, D. C. J., & Tomizaki, C. R. (2016). O ensino de literatura infantil na formação inicial do professor. *Revista Exitus* 6, 2.
- Ramos, J. E. F., & Piassi, L. P. (2017). O insólito e a física moderna: Interfaces didáticas do conto fantástico. *Ciência & Educação* (Bauru) 23, 1.
- Rocha, D. R., et al. (2022). O livro digital como possibilidade de um trabalho interdisciplinar entre Literatura e Astronomia. *Vitruvian Cogitationes* 3, 2.
- Sanchez, J. A. R., Gomez, D. M., & Gallardo, F. G. (2016). El uso de operadores booleanos en el proceso de recuperación de información. *ACIMED* 27, 1.
- Selltiz, C., Wrightsman, L. S., & Cook, S. W. *Métodos de pesquisa das relações sociais* (2ª ed.). Herder, São Paulo, 1965.
- Santos, A. M. F. Literatura de cordel: a arte como recurso didático no ensino de astronomia. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, Brasil, 2022.
- Silva, L. A. S. A didatização do ensino de astronomia dentro da perspectiva transdisciplinar: um caminho para a sustentabilidade planetária. Master's Dissertation, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2023.
- Silva, R. V. A relação entre ciência e literatura na pesquisa em Educação em Ciências: uma análise baseada na pedagogia histórico-crítica. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, Brasil, 2021.
- Sousa, M. R. D., & Ribeiro, A. L. P. (2008). Revisão sistemática e meta-análise de estudos de diagnóstico e prognóstico: um tutorial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 93.
- Souza, R. M. de, Gomes, A. L., & Piassi, L. P. (2011). Aventuras de Lucky Starr em Júpiter: atividades didáticas de astronomia com literatura de ficção científica, in: *IXX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, Brasil.
- Sousa, R. M. de, & Piassi, L. P. (2012). Conceitos de Astronomia na série Lucky Starr de Isaac Asimov, in: *Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, São Paulo, Brasil.
- Tofalini, L. A. B. (2000). Gêneros literários: Confluências e divergências. *Akrópolis - Revista de Ciências Humanas da UNIPAR* 8, 3.

- Tonin, K., Tolentino-Neto, L., & Ocampo, D. (2022). A disciplina de ciências é interessante, mas não é a minha preferida: um paradoxo entre estudantes brasileiros. *Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática* 18, 40.
- Vieira, D. S. Ensino de astronomia mediado pela literatura: uma análise da tertúlia literária dialógica e outras fontes de leitura. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana. Bahia, Brasil, 2019.
- Walshe, G., Johnston, J., & Goos, M. (2020). Promoting 21st century skills through STEM integration: a comparative analysis of national curricula. In: Leite, L. et al. (Eds.). Science and mathematics education for the 21st century (pp. 255–273). New York: Nova Science.
- Zanetic, J. Física também é cultura (Tese de Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 1989.
- Zanetic, J. (2006). Física e arte: uma ponte entre duas culturas. *Pro-posições* 17, 1.
- Zanetic, J. (2009). Física ainda é cultura. In: Martins, A. F. P. (Org.). Física ainda é cultura? São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Zilberman, R. Literatura e pedagogia: ponto e contraponto. Mercado Aberto, Porto Alegre, Brasil, 1990.
- Zilli, B., & Massi, L. (2017). Uma revisão bibliográfica sobre a utilização de obras de literatura na Educação em Ciências, in: *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.



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, convirtiéndose 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.

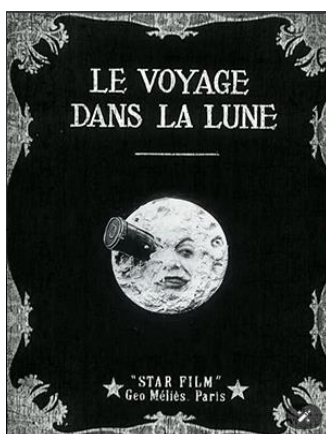


Figura 1. Filme *Le Voyage dans la Lune*.

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, consequentemente 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.

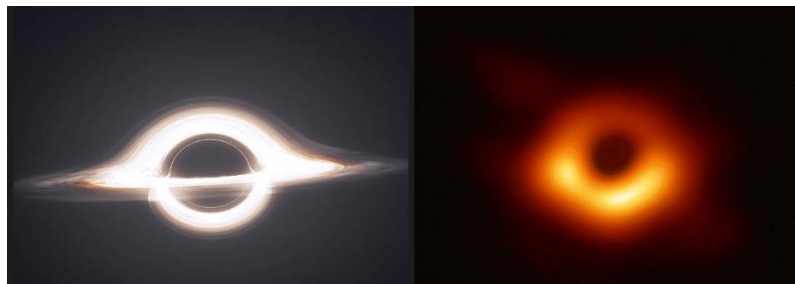


Figura 3. Comparação entre o buraco negro Gargântua do filme *Interestelar* (2014) e a primeira fotografia do buraco negro M87.

Fonte: Mandelbaum (2020)

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

4.1 O Planeta Miller e a Dilatação Temporal

Em *Interestelar* (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 *Interstellar* (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 abstrato, 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.
- Interestelar. 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.