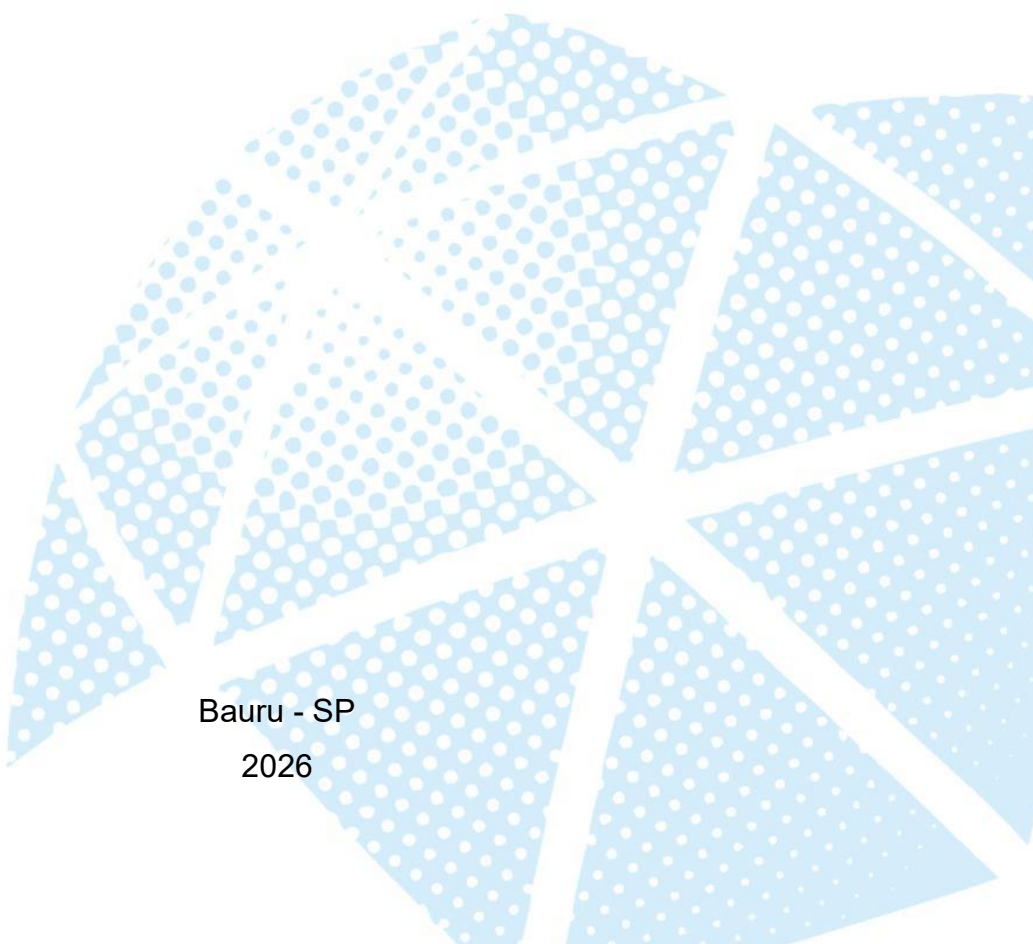


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE BAURU**

LETÍCIA GUIMARÃES SILVA

**A LINGUAGEM DO UNIVERSO: SIGNIFICADOS E FUNÇÕES DA MATEMÁTICA
NO ENSINO DE ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA**

Bauru - SP
2026



LETÍCIA GUIMARÃES SILVA

**A LINGUAGEM DO UNIVERSO: SIGNIFICADOS E FUNÇÕES DA MATEMÁTICA
NO ENSINO DE ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Bauru – SP, para obtenção do título de Mestre (a) em Educação para a Ciência.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Educação Matemática

Orientador(a): Prof. Dra. Fernanda Cátia Bozelli

Bauru - SP

2026

S586l Silva, Letícia Guimarães
A linguagem do universo: significados e funções da Matemática no
Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia / Letícia Guimarães
Silva. -- Bauru, 2026
131 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências, Bauru

1. Linguagem matemática. 2. Ensino de Astronomia. 3.
Mapeamento bibliográfico. 4. Articulação Curricular. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos
pelo autor(a).

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LETÍCIA GUIMARÃES SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 24 de março de 2026, às 9h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LETÍCIA GUIMARÃES SILVA, intitulada "A linguagem do universo: significados e funções da Matemática no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. FERNANDA CÁTIA BOZELLI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Física e Química / UNESP / Câmpus de Ilha Solteira - FEIS, Prof. Dr. GUSTAVO IACHEL (Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Universidade Estadual de Londrina - UEL, Prof. Dr. RODOLFO LANGHI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Física e Meteorologia / UNESP / Câmpus de Bauru - FC, Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Documento assinado digitalmente



FERNANDA CATIA BOZELLI

Data: 01/04/2026 11:58:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. FERNANDA CÁTIA BOZELLI

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

A COMISSÃO EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO
DO ALUNO: LETÍCIA GUIMARÃES SILVA

DE: "A presença da Matemática no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia"

PARA: "A linguagem do Universo: Significados e Funções da Matemática no Ensino de
Astronomia, Astrofísica e Cosmologia"

Bauru, 01 de abril de 2026.

Prof. Fernanda Cátia Bozelli

Orientador

LETÍCIA GUIMARÃES SILVA

**A LINGUAGEM DO UNIVERSO: SIGNIFICADOS E FUNÇÕES DA MATEMÁTICA
NO ENSINO DE ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA**

Dissertação submetida como requisito para a obtenção do título de mestre junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Bauru.

Data da defesa: 24/03/2026

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Fernanda Cátia Bozelli
UNESP – Departamento de Física e Química – Câmpus de Ilha Solteira

Prof. Dr. Rodolfo Langhi
UNESP – Departamento de Física e Meteorologia – Câmpus de Bauru

Prof. Dr. Gustavo Iachel
UEL – Departamento de Física – Câmpus de Londrina

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa apresenta potencial impacto ao realizar um mapeamento pioneiro do papel da Matemática no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia no Brasil, no período de 2018 a 2023, distinguindo explicitamente essas três áreas — diferenciação que tampouco aparece na BNCC. Ao longo da dissertação, defende-se a Matemática como linguagem estruturante das Ciências do Espaço, e a análise dos artigos de Ensino de Astronomia evidencia empiricamente essa centralidade, ao revelar como conceitos, modelos e interpretações dependem da formalização matemática.

Os resultados também evidenciam um descompasso entre formação docente e produção acadêmica: embora as licenciaturas contemplem componentes matemáticas, não asseguram a inserção sistemática de conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Além disso, o mapeamento mostra que artigos de Astrofísica e Cosmologia apresentam uso predominante de Cálculo e Equações, conteúdos pouco articulados à Educação Básica, enquanto a Astronomia demonstra maior aproximação com esse nível de ensino.

Ao tornar visível essa assimetria, a pesquisa contribui para o aprimoramento da formação inicial e continuada de professores, para reflexões sobre revisão curricular e para o fortalecimento da integração entre Matemática e Ciências da Natureza, promovendo maior coerência entre currículo, produção acadêmica e demandas da Educação Básica.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The expected impact on society should be written succinctly, considering the following aspects: the scientific, technical, social, innovative, economic, educational and cultural potential; internationalization; local, regional and national insertion; sustainable development, knowledge and research themes. This research presents potential impact by conducting a pioneering mapping of the role of Mathematics in the Teaching of Astronomy, Astrophysics, and Cosmology in Brazil between 2018 and 2023, explicitly distinguishing these three areas — a distinction that is likewise absent from the BNCC. Throughout the dissertation, Mathematics is defended as a structuring language of the Space Sciences, and the analysis of Astronomy Education articles empirically demonstrates this centrality by revealing how concepts, models, and interpretations depend on mathematical formalization.

The results also reveal a misalignment between teacher education and academic production: although undergraduate teacher education programs include mathematical components, they do not ensure the systematic incorporation of Astronomy, Astrophysics, and Cosmology content. Furthermore, the mapping shows that articles in Astrophysics and Cosmology predominantly rely on Calculus and Equations — content that is weakly articulated with Basic Education — whereas Astronomy demonstrates greater alignment with this educational level.

By making this asymmetry visible, the research contributes to the improvement of both pre-service and in-service teacher education, to reflections on curriculum revision, and to strengthening the integration between Mathematics and the Natural Sciences, promoting greater coherence among curriculum design, academic production, and the demands of Basic Education

À Amanda,
porque nunca houve caminho que fosse só meu.
Desde o princípio, somos duas na mesma história.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de sustento e discernimento, por me conceder serenidade nas incertezas e perseverança para concluir esta etapa.

À professora Dra. Fernanda Cátia Bozelli, pela orientação rigorosa e sensível, pela confiança depositada em meu trabalho e pela condução segura ao longo deste percurso. Sua escuta atenta, suas reflexões e sua generosidade intelectual foram fundamentais para a construção desta pesquisa.

Aos meus pais, Claudemir e Cleide, pelo amor e incentivo incondicionais. Por me formarem com ternura e firmeza, e por me ensinarem a olhar o mundo com entusiasmo e alegria, como quem acredita profundamente na vida. Peço, também, perdão pelas ausências — por todos os momentos em que não me fiz presente, em nome desta jornada.

À minha avó, Elza, cujo último presente se transformou no lugar onde esta pesquisa ganhou forma. Assim, acompanhou cada página escrita. No meu céu, a senhora permanece como estrela preferida.

À minha irmã amada, Amanda, com quem aprendi, ainda na infância, a brincar de ser cientista – e com quem hoje produzo ciência, lado a lado. Cada linha desta dissertação nasceu enquanto você escrevia a sua, como sempre foi: juntas. Em tudo, sempre você.

Aos meus familiares, em especial a Claudio Roberto, Claudinei, Solange, Ana, Adão, Rosângela e Lilica, pelo apoio constante, pelo carinho e por estarem sempre presentes, mesmo nos momentos em que a dedicação a esta pesquisa exigiu distância. Levo comigo a força do afeto e da confiança que sempre me ofereceram.

Ao Carlos Henrique, pelo amor generoso e incentivo constante, e pela paciência nos dias em que a dedicação a esta pesquisa nos manteve distantes.

Aos meus amigos, cuja presença e apoio foram fundamentais ao longo desta jornada: Gabrielle Nogueira, Ana Lúcia, Tamara Estanislau, Ynara Vido, Fernando Nagha, Mamadú Saquiro, Lívia Rissoni, Thais Bueno, Thais Rezende, Bianca Cavalcante de Almeida, Talyssa Souza, Angelica Mazzini, Beatriz, Élen Vieira, Gustavo Gregório, Nicoli Rocha, Isabella Martins, Leonardo Braga, Jaqueline Campos, Leonardo Braskulki, Fernando Silva, Vagner Barbosa, Maria Laura Ataíde, Ana Paula Nucci e Jeferson Meireles.

Aos membros da banca, Rodolfo Langhi, Gustavo Iachel, Enos Picazzio e Maria Ednéia Martins, por todos os ensinamentos e pelas valiosas contribuições a este trabalho. Pessoas por quem sempre nutri admiração e que, ao longo da minha trajetória, foram fonte de inspiração.

Aos meus professores: Rodolfo Langhi, Isabel Cristina de Castro Kondarzewski, João José Caluzi, Ana Maria de Andrade Caldeira, Ana Carolina Biscalquini Talamoni, José Carlos Pinto Leivas, Kátia Maria de Medeiros, Nelson Antônio Pirola, Nélia Maria Amado, Silvia Maria Giuliatti Winter, José Fernando de Jesus, Valério Carruba, Evgeny Smirnov e Safwan Aljbbae, pelos ensinamentos, pela confiança e por toda a inspiração ao longo da minha formação acadêmica. Minha sincera gratidão.

Aos grupos de pesquisa Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências – GPEC e Grupo de Estudos e Pesquisas em Geometria – GEPGEO, pela acolhida, pelo diálogo acadêmico e pelos ensinamentos que marcaram profundamente minha trajetória.

Aos colegas e irmãos de orientação — Matheus, Amauri, Augusto, Carlesom, Edvan, Guilherme, Henrique, Junior, Nathan, Rafael, Renato e Thayline — pela troca de conhecimentos e por dividirem comigo os desafios desta jornada.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio concedido para a realização deste trabalho.

“No princípio era o Verbo” vejo escrito,
E aqui já tropeço! Quem me ajuda?
Tão alto sublimar não posso verbo,
Devo doutra maneira traduzi-lo,
Se me inspira o espírito. Está escrito
Que “No princípio era o *Pensamento*”.
Medita bem sobre a primeira linha,
Apressada não seja a pena tua!
Anima, cria tudo o pensamento?
Devera estar – “Era ao princípio a *Força*!”
No momento, porém em que isto escrevo
Diz-me, uma voz que aqui não pare. Inspira-me
Afinal, o espírito! Alvitre,
Solução enfim acho: satisfeito,
“No princípio era a *Ação*” – escrever devo.
(Goethe, 2018, p. 72-73).

RESUMO

SILVA, Letícia Guimarães. **A linguagem do universo: significados e funções da Matemática no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia**. 2026. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru-SP, 2026.

Descreve-se nesta dissertação as etapas e resultados de uma pesquisa que investigou o papel da Matemática no Ensino de Astronomia, buscando compreender seus modos de presença, os objetos matemáticos mobilizados e as funções que lhe são atribuídas na produção acadêmica brasileira. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza bibliográfica, baseada em análise de conteúdo. O *corpus* foi constituído a partir do levantamento de 2.016 artigos publicados entre 2018 e 2023 em cinco periódicos nacionais consolidados na área, resultando na seleção final de 97 estudos. A análise evidenciou a presença predominante da Matemática, de forma explícita ou implícita, destacando sua atuação como linguagem formal de explicação científica e como fundamento teórico-modelador dos fenômenos astronômicos. Observou-se maior incidência de Geometria, Trigonometria, Cálculo e Equações, especialmente em trabalhos de Astrofísica e Cosmologia, concentrados no Ensino Superior. Constatou-se ainda que, embora os cursos de licenciatura apresentem sólida base matemática, conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia não aparecem de forma sistemática — e, em muitos casos, sequer são mencionados — na formação docente, o que contribui para sua presença limitada na Educação Básica. Os resultados reforçam a centralidade da Matemática como linguagem estruturante das Ciências do Espaço e indicam a necessidade de maior articulação curricular.

Palavras-chave: Linguagem Matemática; Ensino de Astronomia; Mapeamento Bibliográfico; Articulação Curricular.

ABSTRACT

This dissertation describes the stages and results of a study that investigated the role of Mathematics in Astronomy Education, seeking to understand its modes of presence, the mathematical objects mobilized, and the functions attributed to it in Brazilian academic production. It is a qualitative, bibliographic study based on content analysis. The corpus was constructed from a survey of 2.016 articles published between 2018 and 2023 in five established national journals in the field, resulting in a final selection of 97 studies. The analysis revealed the predominant presence of Mathematics, either explicitly or implicitly, highlighting its role as a formal language for scientific explanation and as a theoretical-modeling foundation for the astronomical phenomena. A higher incidence of Geometry, Trigonometry, Calculus, and Equations was observed, particularly in Astrophysics and Cosmology studies concentrated at the higher education level. It was also found that, although teacher education programs present a solid mathematical foundation, contents related to Astronomy, Astrophysics, and Cosmology do not appear systematically—and, in many cases, are not mentioned at all—in teacher preparation programs, which contributes to their limited presence in basic education. The results reinforce the centrality of Mathematics as a structuring language of the Space Sciences and indicate the need for greater curricular articulation.

Keywords: Mathematical Language; Astronomy Education; Bibliographic Mapping; Curricular Articulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema ilustrativo de três modelos cosmológicos: Universo de Sitter; Universo Cíclico e Multiversos Inflacionários	33
Figura 2 – Etapas de Construção e Análise do <i>corpus</i> da Pesquisa	60
Figura 3 – Comparação entre artigos publicados e selecionados por periódico	68
Figura 4 – Quantidade de artigos selecionados por ano e periódico.....	69
Figura 5 – Distribuição de artigos por área temática	72
Figura 6 – Distribuição e quantificação de artigos por área temática	77
Figura 7 – Distribuição dos tipos de objetos e procedimentos matemáticos identificados nos artigos de Ensino de Astronomia	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Artigos publicados, selecionados e percentual de aproveitamento por periódico.....	66
Tabela 2 – Distribuição dos artigos do corpus por área temática e periódico	74
Tabela 3 – Distribuição dos artigos por área temática e nível de ensino	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Núcleo comum das DCN em Licenciatura em Física	45
Quadro 2 – Núcleo comum das DCN em Licenciatura em Matemática	46
Quadro 3 – Núcleo das DCN de Licenciatura em Ciências Biológicas.....	47
Quadro 4 – Categorias emergentes na AC do <i>corpus</i>	65
Quadro 5 – Presença da Matemática nos artigos do <i>corpus</i>	80
Quadro 6 – Tipos de objetos e procedimentos matemáticos identificados nos artigos de Ensino de Astronomia	83
Quadro 7 — Funções atribuídas à Matemática nos artigos analisados	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Análise de Conteúdo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNE	Conselho Nacional de Educação
DCN	Diretrizes Nacionais Curriculares
ETEC	Escola Técnica Estadual
EmP	Educação Matemática Pesquisa
FnE	Física na Escola
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
RBPEC	Revista Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências
RELEA	Revista Latino-americana de Educação em Astronomia
TOV	Tolman – Oppenheimer – Volkoff
UA	Unidade Astronômica
UENP	Universidade Estadual do Norte do Paraná

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	20
2 INTRODUÇÃO	16
3 A MATEMÁTICA COMO LINGUAGEM ESTRUTURANTE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.....	20
3.1 A CONSTRUÇÃO DA ASTRONOMIA: DAS CIVILIZAÇÕES ANTIGAS À CIÊNCIA MODERNA	22
3.1.1 Modelagem Matemática do universo: fundamentos da Astrofísica e da Cosmologia.....	28
4 A PRESENÇA DA ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NA BNCC E NAS DCN QUE ORIENTAM OS CONTEÚDOS DAS LICENCIATURAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, FÍSICA E MATEMÁTICA	35
4.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA BNCC E A INSERÇÃO DE ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	37
4.2 CIÊNCIA DO UNIVERSO NO CURRÍCULO DA EDUCAÇÃO BÁSICA ...	38
4.2.1 Diretrizes Curriculares Nacionais para as Licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Matemática: Formação e Prática Docente.....	43
5 CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	58
5.1 REFERENCIAL TEÓRICO-ANALÍTICO DA PESQUISA.....	63
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
6.1 A PRESENÇA DA MATEMÁTICA NOS ARTIGOS DO <i>CORPUS</i>	80
6.1.1 Função pedagógica da Matemática no Ensino de Astronomia.....	89
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS	101
APÊNDICE A - CODIFICAÇÃO E REFERÊNCIA DOS ARTIGOS CONSTITUINTES DO <i>CORPUS</i>	108

APRESENTAÇÃO

Desde muito cedo, minha relação com as Ciências esteve ligada à curiosidade e ao encantamento com o mundo natural, especialmente com o cosmos. Ainda criança, lembro-me de passar longos períodos observando as estrelas, apontando para o céu e tentando imaginar o que cada nuvem parecia ser. Esse exercício de imaginação vinha acompanhado de brincadeiras que, de certa forma, já revelavam uma inclinação científica: eu e minha irmã Amanda costumávamos brincar de cientistas, cada uma com seus interesses. Enquanto ela sonhava em ser arqueóloga — área na qual hoje desenvolve pesquisa — eu me sentia cada vez mais atraída por questões ligadas ao universo, ao espaço e aos mistérios que pareciam se esconder acima de nós.

Esse fascínio inicial foi reforçado pelo contato com produções culturais que despertavam a imaginação científica. Recordo-me, em especial, de assistir junto aos meus familiares a série *Perdidos no Espaço*, produção da década de 1960, cujas imagens e narrativas sobre exploração espacial marcaram profundamente minha infância. Ainda que, nesse período, eu não fosse uma aluna com grande facilidade em Matemática, o interesse pelas Ciências já se fazia presente de maneira espontânea e curiosa.

No Ensino Médio, cursei o ensino integrado ao técnico em Informática na ETEC, experiência que ampliou meu contato com áreas científicas e tecnológicas. Foi nesse contexto que a disciplina de Física passou a ocupar um lugar especial na minha formação, sobretudo pelos conteúdos relacionados à Astronomia. A compreensão dos movimentos dos astros, das leis que regem o universo e das explicações físicas para fenômenos celestes despertou em mim a certeza de que gostaria de seguir esse caminho acadêmico.

Apesar do forte interesse pelas Ciências, sempre houve também uma inclinação pela docência. Por essa razão, optei pela Licenciatura em Matemática, ingressando aos 19 anos na Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). Ao longo da graduação, tive contato mais sistemático com a Matemática enquanto linguagem formal e estruturante do conhecimento científico, além de participar de atividades de Iniciação Científica na área de Ensino, o que contribuiu para o amadurecimento do meu interesse pela pesquisa acadêmica.

Foi também durante a graduação que comecei a perceber um aspecto que mais tarde se tornaria central nesta pesquisa: os conteúdos de Astronomia, quando presentes, eram frequentemente abordados de forma descritiva, com pouca exploração matemática. Essa constatação despertou inquietações sobre o papel da Matemática na compreensão mais profunda dos fenômenos astronômicos e acabou direcionando, ainda que de forma inicial, o interesse investigativo que hoje se concretiza neste trabalho.

Aos 18 anos, adquiri meu primeiro telescópio, marco importante na minha trajetória pessoal. Desde então, passei inúmeras noites observando o céu, explorando planetas, estrelas e outros corpos celestes. Cada visita a observatórios ou planetários reforça esse encantamento, renovando o interesse e a admiração pela Astronomia. Mesmo hoje, já inserida no meio acadêmico, mantenho hábitos que remetem à infância: sempre que vejo uma estrela cadente, ainda faço pedidos — talvez mais por tradição do que por convicção científica, mas como forma de preservar o encantamento que me acompanha desde criança.

Após a graduação, busquei aprofundar meus estudos na área por meio de uma especialização em Ensino de Astronomia, realizada na UNICSUL. Essa etapa foi fundamental para consolidar a articulação entre a Astronomia, enquanto objeto de fascínio e estudo, e a Matemática, enquanto linguagem essencial para sua compreensão. O ingresso no Mestrado em Educação para a Ciência surge, assim, como continuidade natural desse percurso, com o objetivo de investigar o Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia à luz da Matemática, articulando experiências pessoais, formação acadêmica e inquietações pedagógicas que se construíram ao longo do tempo.

1 INTRODUÇÃO

A relação entre a Astronomia e os seres humanos é profunda e multifacetada. Desde os primeiros registros astronômicos, há milhares de anos, até as descobertas mais recentes sobre exoplanetas e buracos negros, tem-se o elevado papel da Astronomia como fonte de entendimento do nosso lugar no universo. É certo que o esplendor dos astros em um céu desanuviado, a contar da pré-história, tem cativado e encantado os seres humanos. Nesse sentido, Gama e Henrique (2010, p. 9) afirmam que:

não é necessário estender muito a argumentação para que se possa perceber a ideia de que somos levados por prazeres, curiosidades e necessidades de sondar o desconhecido. É o que nos leva, podemos supor, a conquistar o espaço além da atmosfera e a elaborar mitos sobre a origem do mundo (Gama; Henrique, 2010, p.9).

O evoluir da Astronomia, historicamente, compõe um cenário fascinante de modificações, descobertas e confecção de paradigmas que delinearam nossa concepção sobre o cosmos. De acordo com Força *et al.* (2007), o ser humano iniciou sua trajetória científica a partir do momento em que passou a observar o céu com curiosidade, questionando-se sobre a natureza das estrelas e o motivo de estarem ali. Ao registrar o aspecto do firmamento por meio de desenhos e representações, buscava compreender padrões e, a partir deles, prever os fenômenos celestes. Esse processo marca os primeiros passos de uma ciência que uniu observação, imaginação e a necessidade de interpretar o universo ao redor.

Em se tratando da interpretação e previsão dos fenômenos celestes, a Astronomia, enquanto estudo do universo, está profundamente interconectada com os modelos matemáticos, que executam o papel de descrever, prever e entender os fenômenos do cosmos. Sem o auxílio da Matemática, diversos conceitos astronômicos seriam impossíveis de serem compreendidos de modo preciso. Pode-se dizer que sem a Matemática, a Astronomia, restringir-se-ia a uma ciência observacional. De acordo com Silva (2009, p. 12) “os modelos matemáticos exercem um papel muito importante em todo o desenvolvimento da astronomia, uma vez que compõem fundamentalmente esta área da Ciência juntamente com a física”.

Nesta pesquisa, o termo Astronomia é adotado em sentido ampliado, compreendendo também conteúdos tradicionalmente associados à Astrofísica e à

Cosmologia¹, especialmente quando mobilizados em contextos educacionais. Tal opção justifica-se pelo fato de que, no âmbito do Ensino de Ciências, essas distinções disciplinares nem sempre aparecem de forma explícita, sendo frequentemente integradas em abordagens mais amplas sobre o estudo do universo. Dessa forma, ao tratar do Ensino de Astronomia, consideram-se também conteúdos relacionados à física dos corpos celestes e à estrutura e evolução do universo, tal como aparecem na produção acadêmica e nos materiais educacionais.

No contexto da educação básica brasileira, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), por meio das unidades temáticas *Terra e Universo* e *Vida, Terra e Cosmos*, apresenta uma proposta de ensino que visa integrar conhecimentos científicos em uma perspectiva contextualizada, buscando alcançar o desenvolvimento da criticidade e do pensamento científico por parte dos alunos, uma vez que conforme mencionado pela BNCC, os alunos precisam “Compreender a Terra como um sistema dinâmico e em constante transformação, a partir da interação entre elementos físicos, químicos e biológicos, considerando sua posição no Sistema Solar e suas relações com o universo.” (Brasil, 2018, p. 564)

Ao se debruçar sobre as unidades temáticas propostas Base Nacional Comum Curricular, é possível verificar que os conteúdos abordados não se restringem somente à Astronomia, todavia, apesar da ausência da menção, estendem-se à Astrofísica e à Cosmologia.

Apesar da reconhecida importância da Matemática para a compreensão de fenômenos astronômicos, diversos estudos apontam para dificuldades recorrentes na aprendizagem matemática, associadas a fatores como desinteresse discente, limitações de estratégias metodológicas tradicionais e dificuldades de articulação entre a Matemática e outras áreas do conhecimento (Masola; Allevato, 2014). Essas dificuldades podem contribuir para a fragmentação entre o Ensino de Ciências e o Ensino de Matemática, o que impacta diretamente a forma como conteúdos relacionados ao universo são trabalhados na escola. Em muitos contextos, observa-se que os aspectos matemáticos são minimizados ou tratados de forma superficial, o que pode comprometer a compreensão mais aprofundada dos fenômenos estudados.

¹ Astronomia refere-se ao estudo científico de corpos e fenômenos celestes; Astrofísica aplica princípios físicos a esses corpos; e Cosmologia concentra-se na história e evolução do universo como um todo, tradução nossa, conforme definições da NASA.

Diante desse cenário, torna-se relevante investigar de que modo a Matemática tem sido mobilizada nas pesquisas em Ensino de Astronomia publicadas em periódicos nacionais da área de Ensino de Ciências. A análise dessa produção acadêmica permite compreender em que medida os artigos têm contribuído para integrar conhecimentos matemáticos e científicos, bem como identificar tendências, lacunas e desafios presentes nesse campo. Tal investigação é particularmente pertinente no contexto das orientações curriculares vigentes, uma vez que a BNCC (2018) enfatiza a interdisciplinaridade e a articulação entre diferentes áreas do conhecimento, ao mesmo tempo em que apresenta abordagens fragmentadas para conteúdos relacionados ao universo.

Dessa forma, a questão de pesquisa que orienta esta dissertação é: De que modo a Matemática está presente nos artigos de Ensino de Astronomia publicados em periódicos nacionais da área de Ensino de Ciências, e em que medida essa presença dialoga com as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)?

Assim, o objetivo geral desta pesquisa consiste em analisar de que maneira a Matemática tem sido abordada nas pesquisas recentes sobre o Ensino de Astronomia, publicadas nos periódicos *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF), *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* (RELEA), *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC), *Física na Escola* (FnE) e *Educação Matemática Pesquisa* (EMP). Para alcançar tal finalidade, estabelecem-se como objetivos específicos: investigar a presença – ou ausência – de objetos matemáticos nesses estudos; examinar de que forma a Matemática é mobilizada, seja em cálculos, modelagens, representações ou como linguagem explicativa; verificar em que medida essas abordagens se alinham aos documentos oficiais, como a BNCC e as Diretrizes Curriculares Nacionais; compreender as funções atribuídas à Matemática no Ensino de Astronomia, discutindo tanto suas potencialidades quanto seus desafios; e refletir sobre os impactos dessa produção acadêmica na formação docente e na consolidação de práticas pedagógicas que articulem de modo mais integrado os saberes científicos e matemáticos.

A relevância desta pesquisa reside no fato de que, embora a Astronomia seja cada vez mais explorada no campo do Ensino de Ciências, ainda são escassos os estudos que analisam de forma sistemática o papel da Matemática como linguagem estruturante nesses contextos. Ao investigar a presença dos objetos matemáticos nos artigos publicados, este trabalho contribui para compreender em que medida a

produção acadêmica tem favorecido – ou limitado – a integração entre Matemática e Ciências. Com isso, busca-se oferecer subsídios teóricos e analíticos para pesquisadores e professores, de modo a fortalecer práticas pedagógicas que promovam uma abordagem mais articulada e significativa do Ensino de Astronomia.

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo, intitulado *A Matemática como linguagem estruturante do conhecimento científico*, apresenta a fundamentação teórica sobre o papel da Matemática na construção do conhecimento científico, com ênfase em sua relação histórica e conceitual com a Astronomia. O segundo capítulo, denominado *A presença da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia na BNCC e nas DCN que orientam os conteúdos das licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Matemática*, dedica-se à análise de como esses conteúdos são contemplados nos documentos oficiais que orientam o Ensino no Brasil, problematizando lacunas e limites dessas prescrições. O terceiro capítulo, *Caminhos metodológicos da pesquisa*, descreve os procedimentos adotados para a construção e análise do corpus, de natureza bibliográfica e qualitativa, fundamentados na Análise de Conteúdo de Bardin (2011). Por fim, o quarto capítulo, *Resultados e Discussões*, apresenta e interpreta os dados obtidos, discutindo tendências, recorrências e desafios na mobilização da Matemática nos artigos analisados, à luz das orientações curriculares e do referencial teórico adotado.

2 A MATEMÁTICA COMO LINGUAGEM ESTRUTURANTE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Desde os primórdios da Ciência, a Matemática tem se consolidado como uma das linguagens mais fundamentais para a sistematização do conhecimento humano. Por meio dela, fenômenos naturais são descritos, sistematizados e explicados com precisão, permitindo sua compreensão, bem como a possibilidade de previsão e controle. Nesse sentido, destaca-se a eficácia da Matemática na formulação das leis da natureza, frequentemente apontada como um elemento central na construção do conhecimento científico (Wigner, 1960). Além disso, a matematização dos fenômenos naturais constitui um aspecto estruturante da própria ciência moderna, desempenhando papel fundamental na organização e no desenvolvimento do pensamento científico (Burt, 1983).

A História da Matemática revela sua profunda conexão com o desenvolvimento da humanidade, tanto no plano prático quanto no abstrato. A contar das primeiras civilizações, como os babilônicos e egípcios, que já utilizavam noções aritméticas e geométricas para resolver problemas de contagem, comércio, agricultura e construção, a Matemática esteve presente como ferramenta de organização da realidade. Conforme Burton (1985), a Matemática nasceu das necessidades concretas das sociedades antigas e evoluiu como uma linguagem capaz de descrever o mundo com precisão e regularidade.

Com o advento da filosofia grega, por volta do século VI a.C., a Matemática passou a ser concebida como um sistema de pensamento lógico e demonstrativo. Pitágoras (c. 570 – 495 a.C.) via os números como essência de todas as coisas. Séculos depois, Euclides (c.300 a.C. – data de falecimento incerta) formalizou os princípios da Geometria em sua obra *Elementos*² e Arquimedes (c. 287 – 212 a.C.) contribuiu para o cálculo de áreas, volumes e princípios físicos.

Esses pensadores foram fundamentais para a formalização da Geometria e da Aritmética como campos abstratos do saber. Nesse contexto, a Matemática deixa de ser apenas uma técnica e passa a constituir-se como um sistema dedutivo e universal.

² *Elementos* é uma obra matemática composta por treze livros atribuídos a Euclides, datada do século III a.C. Nela, encontram-se os fundamentos da geometria clássica, organizados a partir de definições, postulados e demonstrações rigorosas, constituindo uma das estruturas lógico-dedutivas mais influentes da história da Ciência.

Como explicam Viana Nunes, Almouloud e Guerra (2010, p. 538), “a inserção da História da Matemática no processo educativo permite compreender como os conceitos matemáticos foram construídos, tornando visível a sua dimensão humana, cultural e histórica”.

Ao longo da Idade Média e, sobretudo, no período renascentista, a Matemática foi ganhando força como linguagem da Ciência, culminando na chamada Revolução Científica³. Galileu Galilei (1564 – 1642) e Isaac Newton (1643 – 1727) são marcos dessa transição, destacando que só por meio dessa linguagem seria possível interpretar o universo. Newton consolidou esse ideal ao descrever as leis do movimento e da gravitação por meio de equações diferenciais, inaugurando uma nova era da Ciência fundamentada na Modelagem Matemática. A partir desse ponto, como destaca Força *et al.* (2007), estabeleceu-se uma relação profunda entre a evolução dos instrumentos astronômicos, o avanço tecnológico, a história e o desenvolvimento científico. Os autores enfatizam, em especial, a invenção do telescópio, que não apenas impulsionou a Astronomia moderna, como também contribuiu para sua popularização, permitindo que astrônomos amadores desempenhassem um papel mais ativo na observação e no estudo do cosmos.

Essa concepção permanece até os dias atuais. Como afirma Chatterjee (2021), a Matemática, ao longo da história, assumiu a função de “campo estrutural do conhecimento científico”, permitindo não somente o avanço da tecnologia e da Física, mas de áreas como a Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Com representações simbólicas e estruturas lógicas, a Matemática tornou-se a principal linguagem de descrição, previsão e formalização dos fenômenos naturais.

A partir do século XX, com o avanço da Astrofísica e da Cosmologia, a linguagem Matemática passou a assumir um papel ainda mais sofisticado: modelar a curvatura do espaço-tempo, descrever interações quânticas e representar grandezas não observáveis diretamente, como buracos negros, matéria escura e energia escura. A Cosmologia, por exemplo, faz uso de equações diferenciais complexas, como as equações de campo de Einstein, para tentar compreender a origem, estrutura e evolução do universo.

³ A chamada Revolução Científica, ocorrida entre os séculos XVI e XVII, marcou a transição do modelo aristotélico-medieval para uma Ciência baseada na experimentação, na observação sistemática e na linguagem matemática. Autores como Thomas Kuhn (1997) descrevem esse período como um ponto de ruptura paradigmática, em que novas formas de pensar o mundo natural passaram a dominar a prática científica.

Doll Jr. (2022) observa que, na contemporaneidade, a Cosmologia é quase exclusivamente associada à Ciência dedicada ao estudo da origem e do destino do universo. Segundo o autor, essa concepção científica está profundamente enraizada nos princípios do Modernismo, caracterizando-se por uma busca por compreensão imediata – como se o objetivo fosse captar imagens precisas, verdadeiras “fotografias” do cosmos, revelando com exatidão as posições relativas dos corpos interplanetários e interestelares.

Nesse ínterim, a Matemática não é apenas um recurso metodológico auxiliar, mas um verdadeiro alicerce epistemológico dessas Ciências. A indissociabilidade entre Matemática e Astronomia, Astrofísica e Cosmologia evidencia-se não apenas na história do pensamento científico, mas nos currículos escolares e nas investigações acadêmicas contemporâneas. A BNCC (Brasil, 2017, p. 531) na área de Matemática e suas Tecnologias para o Ensino Médio enfatiza a importância de:

Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.

Esta linguagem, permite que se formulem leis gerais, que se desenvolvam teorias robustas e que se testem hipóteses de forma rigorosa. Como afirma Koyré (1982), foi a introdução da Matemática no estudo dos fenômenos naturais que permitiu a emergência da Ciência Moderna.

Portanto, compreender a Matemática como linguagem estruturante do conhecimento implica reconhecer sua função de medição entre a realidade e o pensamento, entre o sensível e o inteligível. Essa perspectiva será aprofundada ao longo deste capítulo, visando ressaltar como a presença matemática é constitutiva das principais formulações teóricas que sustentam a Astronomia, a Astrofísica e a Cosmologia.

2.1 A CONSTRUÇÃO DA ASTRONOMIA: DAS CIVILIZAÇÕES ANTIGAS À CIÊNCIA MODERNA

Desde a antiguidade, a Matemática tem sido fundamental para a confecção do conhecimento astronômico. Na Grécia Antiga, por volta do século VI a.C., o pensamento racional e matemático começou a se consolidar como forma de

compreender os fenômenos naturais. Com Pitágoras de Samos (c. 570 – 495 a.C.), surgem as primeiras concepções de um cosmos estruturado em harmonia numérica. Essa concepção influenciaria profundamente a visão do universo como ordenado e regido por proporções matemáticas.

Mais tarde, Euclides organizou a Geometria em uma estrutura lógica e dedutiva em sua obra *Elementos*, cujos axiomas, definições e proposições serviram como base para o desenvolvimento posterior da Ciência. Conforme afirma Heath (1956), a obra de Euclides perdurará muito além do tempo de vida dos manuais contemporâneos, os quais serão eventualmente substituídos e esquecidos. Trata-se de um dos mais grandiosos monumentos legados pela Antiguidade – e compreendê-lo exige, antes de tudo, o domínio de sua linguagem.

A consolidação da Matemática como linguagem da Ciência é evidente também nos trabalhos de Arquimedes de Siracusa (c. 287 – 212 a.C.), que antecipou conceitos do cálculo integral e aplicou métodos matemáticos aos estudos de alavancas, fluabilidade e áreas de figuras curvas. “O pensamento de Arquimedes antecipa os métodos do cálculo integral, oferecendo ferramentas fundamentais para a posterior formalização da mecânica celeste.” (Boyer, 2012, p. 86)

Na transição para a Idade Média destaca-se Cláudio Ptolomeu (c. 100 – 170 d.C.), autor do *Almagesto*⁴, obra em que sistematizou o modelo geocêntrico – Terra no centro do universo – com base em cálculos complexos envolvendo epiciclos, deferentes e equantes. Segundo North (2008, p. 112, tradução nossa), “a principal realização de Ptolomeu foi a aplicação sistemática da matemática, especialmente da trigonometria, à Astronomia observacional”.

Com o advento da Revolução Científica, a partir do século XVI, a Matemática assume um papel ainda mais central. Do ponto de vista epistemológico, Alexandre Koyré argumenta que esse momento histórico implicou uma transformação profunda da própria forma de estruturação do conhecimento e da realidade. Para Koyré (1981), trata-se de envolver não só a destruição de um modelo de mundo, mas a reconstrução do intelecto humano, dos conceitos e da própria Ciência.

Essa concepção de ruptura epistemológica presente em Koyré é amplamente desenvolvida por Thomas Kuhn (1922-1996), ao tratar das chamadas “mudanças de

⁴ *Almagesto* é a principal obra astronômica de Cláudio Ptolomeu, escrita no século II d.C., na qual o autor apresenta um modelo geocêntrico do universo com base em observações e cálculos matemáticos. A obra exerceu influência determinante sobre a Astronomia por mais de mil anos.

paradigma” na Ciência. Para o autor, o progresso científico não ocorre de forma linear ou cumulativa, mas por meio de revoluções conceituais que substituem visões de mundo inteiros. “A substituição de um paradigma por outro não é um processo que se possa resolver logicamente ou pela experimentação neutra” (Kuhn, 1997, p. 159, tradução nossa).

Essas revoluções, como a transição do modelo geocêntrico para o heliocêntrico – Sol no centro do Sistema Solar – foram possíveis porque a linguagem matemática permitiu tanto expressar novas ideias, quanto garantir consistência e previsibilidade aos novos modelos científicos.

Somando-se a isso, Mitra (2011) enfatiza o aspecto preditivo da formalização matemática, uma vez que um ramo da Ciência é articulado em estrutura matemática, ele torna-se elegível para desfrutar de seus poderes preditivos. Além disso, Lakatos (1978) amplia a visão de como a Matemática opera no interior da Ciência, ao propor a noção de “programas de pesquisa científica”. Para ele, a Ciência avança por meio de estruturas teóricas organizadas em torno de um núcleo duro protegido por hipóteses auxiliares, que orientam a construção de conhecimento ao longo do tempo. “Um programa de pesquisa é progressivo quando suas teorias sucessoras explicam o sucesso de suas predecessoras e superam suas falhas” (Lakatos, 1978, p. 32, tradução nossa). A linguagem matemática, nesse contexto, atua como elemento de estabilidade e rigor, possibilitando a continuidade racional do desenvolvimento científico mesmo diante de reformulações paradigmáticas.

Com base nessas perspectivas epistemológicas, é possível compreender como a linguagem matemática atuou de forma decisiva na formulação e consolidação de teorias científicas ao longo da história. A partir da Revolução Científica, observa-se um movimento crescente de matematização da natureza, no qual os grandes nomes da Ciência Moderna passaram a empregar a linguagem matemática como estrutura central de suas investigações. É nesse contexto que emergem contribuições fundamentais, como as de Johannes Kepler (1571–1630), Galileu Galilei (1564 – 1642) e Isaac Newton (1642 – 1727), cujas obras exemplificam a integração entre observação empírica, construção teórica e formalização matemática.

Kepler, ao estudar os dados de Tycho Brahe (1546–1601), formulou suas três leis do movimento planetário, que buscou a “descrição mais simples possível dos movimentos planetários para validar o modelo de Copérnico das órbitas em torno do Sol e, a partir dela, explicar a dinâmica do sistema solar” (Garms; Caldas, 2018, p. 2).

Newton, a partir dos trabalhos de Kepler e Galileu, introduziu as equações da dinâmica, além de obter as leis da gravitação (Cohen; Da Costa, 1967). Ou seja, não basta apenas descrever o mundo; a capacidade de prever fenômenos – dar passo além da interpretação – consolida o papel estruturante da Matemática.

Em sua obra *Astronomia Nova*⁵ (1609), Kepler declara que as leis celestes não são explicadas pela mente humana, mas por razões matemáticas eternas, e são observadas exatamente como o Criador as concebeu (Kepler, 1609, apud. De mariana, 2014).

Essa afirmação demonstra que Kepler concebia a Matemática não apenas como um artifício da humanidade, mas como a própria linguagem da criação divina. Sequentemente, Galileu Galilei estabeleceu os fundamentos da Ciência Moderna ao associar observação empírica com formulação matemática. Em sua obra *Il Saggiatore* (2023), escreveu a célebre metáfora:

A filosofia da natureza [da natureza] está escrita neste grandíssimo livro que continuamente se encontra aberto diante de nossos olhos (refiro-me ao universo); mas não pode ser compreendida se, antes, não se aprende a linguagem e se conhece os caracteres em que está escrita. Está escrita em língua matemática, e os caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem os quais é humanamente impossível compreender uma única palavra; sem esses, vaguear-se-á em um obscuro labirinto. (Galilei, 2023, p. 232)

Por fim, Isaac Newton, com os *Principia Mathematica*⁶ (1687), sistematizou as leis do movimento e da gravitação universal, expressando-as por meio de equações diferenciais. Essa abordagem foi viabilizada pelo desenvolvimento do cálculo infinitesimal criado por Newton como ferramenta matemática capaz de lidar com variações contínuas e explicar o comportamento dos corpos celestes. Como declarou no prefácio da obra: “Os modernos [...] empenharam-se em submeter os fenômenos da natureza às leis da matemática. Neste tratado, cultivei a matemática na medida em que ela se relaciona com a filosofia natural.” (Newton, 1687, prefácio, tradução nossa)

⁵ *Astronomia Nova*, foi uma obra-chave na transição da Astronomia heliocêntrica de Copérnico para a mecânica celeste de Newton. Kepler apresentou, nesta obra, suas leis do movimento planetário, que descrevem como os planetas se movem ao redor do Sol, com base em observações precisas de Tycho Brahe, e refutaram o modelo ptolomaico de órbitas circulares.

⁶ *Principia Mathematica*, é considerada uma das obras fundamentais da Física e da Matemática, na qual Newton formulou as leis do movimento e a lei da gravitação universal, estabelecendo a base da mecânica clássica. Seu impacto foi revolucionário, unificando a descrição do movimento dos corpos celestes e terrestres sob um único conjunto de leis.

As passagens mencionadas demonstram que, desde a Antiguidade até a Ciência Moderna, a Matemática tem desempenhado papel central na formulação dos modelos astronômicos. Ela não apenas permite descrever os movimentos dos corpos celestes, mas estrutura logicamente as teorias que explicam o universo. Assim, a Matemática firma-se como a linguagem que sustenta e viabiliza a evolução do conhecimento astronômico ao longo da história.

Essas concepções permitem entender que a ciência moderna não só utiliza a Matemática, mas a integra como parte de sua própria arquitetura. Ao empregar essa linguagem, a Ciência delimita, modela, explica e prevê tarefas centrais à construção do conhecimento científico.

A presença da Astronomia como campo de conhecimento organizado antecede a formalização da Ciência moderna e remonta às civilizações da Antiguidade, nas quais já se reconhecia uma ordem nos céus. Na Mesopotâmia, por volta de 1800 a.C., os babilônios mantinham registros astronômicos sistemáticos que possibilitavam previsões sobre eclipses, fases da Lua e posições planetárias. Tais registros, embora ainda vinculados a interpretações religiosas, empregavam procedimentos algébricos com elevado grau de precisão. Como observa Nuegebauer (1957, p. 8, tradução nossa), “a astronomia babilônica atingiu um grau notável de sofisticação algébrica, mesmo antes do desenvolvimento da geometria grega”, revelando o uso funcional da Matemática na construção de uma Astronomia empírica.

No Antigo Egito, a observação dos astros também possuía papel crucial na organização do tempo e das atividades sociais. A estrela Sirius, por exemplo, era observada em seu nascimento heliacal⁷ para prever a inundação anual do rio Nilo – evento essencial para a agricultura local. A própria arquitetura egípcia, com a orientação de templos e pirâmides segundo os pontos cardeais, reflete um conhecimento astronômico integrado à Cosmologia religiosa. Segundo Clagett (1989, p. 112, tradução nossa), “a astronomia egípcia era inseparável da estrutura simbólica que organizava o tempo, o espaço e a autoridade política.”

Entre os gregos, esse saber astronômico adquire um novo estatuto. A partir dos séculos VI a IV a.C., pensadores como Anaximandro (c. 610-547 a.C.) Pitágoras e

⁷ O *nascimento heliacal* de uma estrela corresponde ao primeiro dia em que ela se torna visível no horizonte leste pouco antes do nascer do Sol, após um período em que esteve invisível devido à sua proximidade angular com o Sol no céu. Esse fenômeno era amplamente utilizado por civilizações antigas como marcador temporal e calendário astronômico.

Eudoxo (c. 408-355 a.C.) passam a propor modelos geométricos para os movimentos celestes. Hiparco de Nicéia (c. 190-120 a.C.) introduz o uso da trigonometria e produz o primeiro catálogo estelar conhecido, enquanto Apolônio de Pérgamo (c. 262-190 a.C.) desenvolve os conceitos de epiciclos e deferentes que seriam fundamentais no sistema ptolomaico. Como sintetiza Evans (1998, p. 12, tradução nossa), “foi na Grécia que a Astronomia se transformou pela primeira vez em uma ciência no sentido moderno – com hipóteses geométricas, previsões testáveis e explicações causais para os movimentos observáveis.”

Esse conjunto de contribuições demonstra que, antes mesmo da Revolução Científica, a Astronomia já se articulava a sistemas matemáticos e cosmológicos complexos. A transição da descrição empírica para a modelagem racional e simbólica dos céus representa uma das manifestações mais antigas da Matemática como linguagem estruturante do conhecimento.

A compreensão da Ciência como construção histórica e provisória do conhecimento é essencial para entender o papel da Matemática em sua estruturação. Como afirma Chalmers (1993, p. 24, tradução nossa), “a ciência não fornece verdades absolutas, mas teorias mais ou menos bem-sucedidas em descrever e explicar aspectos do mundo”. Sob essa perspectiva, a Matemática não atua unicamente como ferramenta para mensuração ou cálculo, mas como um dos elementos fundamentais na formulação de modelos teóricos que buscam representar a realidade. Sua estrutura formal oferece à Ciência um vocabulário capaz de organizar ideias, sustentar hipóteses e construir sistemas explicativos coerentes.

Com base nesse percurso histórico, é possível perceber como a Matemática, inicialmente associada à descrição geométrica do movimento dos corpos celestes, tornou-se progressivamente indispensável à estruturação das teorias astronômicas. A linguagem matemática, que antes servia para organizar observações empíricas em modelos, como os de Kepler e Newton, passou a sustentar formulações cada vez mais abstratas e sofisticadas.

Essa transição prepara o terreno para o surgimento da Astrofísica e da Cosmologia modernas, campos nos quais a Matemática assume não apenas função explicativa, mas ontológica, permitindo conceber dimensões da realidade que ultrapassam os limites da observação direta.

Nesse sentido, a inclusão deste percurso histórico não se configura como um levantamento meramente descritivo, mas como um movimento analítico necessário à

fundamentação da presente pesquisa. Considerando que este estudo investiga os modos de presença da Matemática no Ensino de Astronomia em produções acadêmicas brasileiras, torna-se imprescindível compreender como essa relação foi historicamente constituída no próprio desenvolvimento da ciência. Ao evidenciar que a Astronomia se estruturou, ao longo do tempo, em estreita articulação com a linguagem matemática — desde os modelos geométricos da Antiguidade até a formalização da mecânica celeste na modernidade —, este percurso estabelece um referencial teórico que permite interpretar, de maneira mais consistente, as formas pelas quais a Matemática é mobilizada nos artigos analisados. A seguir, analisam-se os principais modelos teóricos dessas áreas e o papel fundamental da Matemática em sua constituição.

2.1.1 Modelagem Matemática do universo: fundamentos da Astrofísica e da Cosmologia

O avanço da Astrofísica e da Cosmologia nos séculos XX e XXI intensificou o uso da linguagem matemática como ferramenta indispensável para a construção de modelos teóricos sobre a origem, estrutura e evolução do universo. Nesse campo, a Matemática ultrapassa o papel descritivo e assume uma função preditiva e explicativa, servindo como âncora formal para as hipóteses mais fundamentais sobre a realidade física.

Embora frequentemente tratadas em conjunto, Astrofísica e Cosmologia constituem campos distintos de investigação científica. Segundo Alves-Brito e Cortesi (2021), a Astrofísica dedica-se ao estudo das propriedades físicas dos corpos celestes – como estrelas, galáxias, buracos negros e o meio interestelar – enquanto a Cosmologia ocupa-se da origem, estrutura e evolução do universo em sua totalidade. Segundo Longair (2006, p. 3, tradução nossa), “a Astrofísica busca aplicar as leis conhecidas da Física à compreensão dos fenômenos celestes, enquanto a Cosmologia trata da totalidade do universo, partindo de pressupostos teóricos mais abrangentes.” Ambas, no entanto, compartilham a Matemática como linguagem comum, essencial para a formulação e validação de seus modelos.

A teoria da relatividade geral, proposta por Albert Einstein (1879–1955), em 1915, exemplifica de modo paradigmático essa transição para uma Ciência altamente

matematizada. As equações de campo de Einstein, que descrevem a interação entre massa-energia e a curvatura do espaço-tempo, são formulados no formalismo da geometria diferencial. Como observa Weinberg (1972, p. 56, tradução nossa), “a teoria da relatividade geral pode ser considerada a mais bela construção matemática já aplicada com sucesso à realidade física”. Essa construção tornou possível conceber o universo não mais como um palco fixo e absoluto, mas como uma entidade dinâmica, em constante transformação, cuja geometria depende das distribuições de energia e matéria⁸.

O avanço dos modelos cosmológicos, contudo, não pode ser compreendido apenas como desenvolvimento linear de soluções matemáticas. Trata-se de um processo profundamente epistemológico, no qual as hipóteses teóricas precedem, muitas vezes, a comprovação observacional, “a ciência não parte simplesmente da observação pura, mas constrói modelos teóricos que orientam e estruturam a própria maneira de observar.” (Chalmers, 1993, p. 47, tradução nossa). Nesse contexto, a Matemática além de acompanhar os dados, também antecipa possibilidades que desafiam os limites da tecnologia empírica, como é o caso da inflação cósmica, da energia escura e de certos regimes da gravitação quântica (Pimentel; Moreira dos Santos, 2020).

No contexto da Cosmologia, o uso da Matemática tornou-se ainda mais evidente com os modelos baseados nas soluções das equações de Einstein. Em 1992, Alexander Friedmann (1888–1925), demonstrou que tais equações admitiam soluções para um universo em expansão, resultado que foi corroborado pelas observações de Edwin Hubble (1889–1953), em 1929. A partir dessas formulações, emergem os modelos Friedmann – Lemaître – Robertson – Walker (FLRW), que descrevem um universo homogêneo e isotrópico em larga escala. Esses modelos são expressos por meio de métricas e funções que evoluem no tempo e dependem de parâmetros matemáticos como a constante de Hubble, a densidade crítica e o fator de escala $a(t)$. Tais grandezas não são apenas expressas numericamente: elas constituem a própria forma de pensar o universo em linguagem simbólica.

⁸ Koyré (1981) interpreta essa transição como uma ruptura profunda na estrutura do pensamento científico: do “mundo fechado” aristotélico e qualitativo para o “universo infinito” regido por princípios matemáticos. Para ele, “a verdadeira revolução científica foi a destruição da concepção aristotélica do mundo” (Koyré, 1981, p. 15)

Essa capacidade preditiva da Matemática foi confirmada de maneira histórica em 2015, com a detecção das ondas gravitacionais⁹ pelo experimento Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO)¹⁰. Baseando-se nas equações de Einstein, formuladas um século antes, os cientistas puderam prever e detectar um fenômeno até então apenas teórico. Como observa um dos idealizadores do projeto: “Sem as ferramentas matemáticas da relatividade geral, jamais teríamos imaginado que buracos negros colidindo produziram ondas detectáveis aqui na Terra.” (Thorne, 2017, p. 231, tradução nossa). Trata-se de um exemplo paradigmático do poder explicativo e preditivo da linguagem matemática na Ciência contemporânea.

Como destaca Padmanabhan (2000, p. 21, tradução nossa), “sem a linguagem matemática, a Astrofísica moderna seria impensável; a precisão das previsões depende diretamente da sofisticação do formalismo matemático”. Essa observação reforça que os fenômenos extremos, como o colapso gravitacional ou a dinâmica de pulsares, não são apenas descritos, mas concebidos por meio de representações matemáticas avançadas.

Essa perspectiva também se reflete no fato de que muitos dos objetos e eventos descritos nos modelos astrofísicos e cosmológicos não são observáveis diretamente. A existência de buracos negros, por exemplo, foi prevista teoricamente antes de qualquer evidência indireta. Do mesmo modo, a proposta da matéria escura e da energia escura surgiu por ajustar discrepâncias entre os dados observacionais e os modelos matemáticos em vigor. Isso demonstra que a Matemática, mais do que um espelho da realidade, atua como mediadora entre o visível e o inferido. Em termos kuhnianos, esses elementos constituem verdadeiros “componentes paradigmáticos” (Kuhn, 1997, p. 75), já que moldam a forma como os fenômenos são descritos e compreendidos dentro de um quadro teórico predominante.

Ademais, a Matemática é fulcral em outras áreas da Astrofísica moderna, como na modelagem de buracos negros, estrelas de nêutrons, radiação cósmica de fundo e matéria escura. A equação de Tolman – Oppenheimer – Volkoff (TOV), é utilizada para descrever o equilíbrio hidrostático de objetos compactos sob gravidade relativística – resultado impossível de se obter sem uma estrutura matemática

⁹ Ondas gravitacionais são perturbações no tecido do espaço-tempo, geradas por movimentos acelerados de massas extremamente densas, como a fusão de buracos negros ou estrelas de nêutrons, previstas pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

¹⁰ O LIGO é um observatório científico de grande escala criado para detectar ondas gravitacionais – perturbações no espaço-tempo previstas pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein (1915).

rigorosa. “Sem as equações diferenciais parciais da relatividade geral e da mecânica quântica, simplesmente não teríamos linguagem para descrever as condições extremas do universo” (Hawking, 1988, p. 91, tradução nossa).

Diante disso, é legítimo indagar: até que ponto os modelos cosmológicos dependem da linguagem matemática para existir? A realidade física é, de fato, matemática em sua essência, como defendem autores como Tegmark (2008), ou a Matemática é apenas uma construção humana extremamente eficaz para representar uma realidade que permanece, em última instância, inacessível em sua totalidade? Tais questões não possuem respostas definitivas, mas sua formulação já indica a profundidade filosófica do papel da Matemática na construção científica da realidade.

Essa capacidade da Matemática de gerar entidades conceituais que transcendem a experiência sensível remete a uma discussão filosófica mais ampla: qual é o estatuto ontológico dos modelos matemáticos? Lakatos (1978) propõe que as teorias científicas se desenvolvem dentro de programas de pesquisa, que possuem um núcleo duro matemático relativamente estável. “A Matemática fornece a estrutura racional sobre a qual se constroem hipóteses e se toleram anomalias, pelo menos enquanto o programa for progressivo” (Lakatos, 1978, p. 32, tradução nossa). Nesse sentido, a Matemática sustenta não só previsões de uma teoria, mas sua resiliência frente às incertezas empíricas.

A reflexão sobre o papel da Matemática como linguagem da Ciência ganha relevo em vozes como a de Eugene Wigner (1902-1995), que se perguntava: por que a Matemática é tão eficaz em descrever a realidade? Segundo ele, “é difícil evitar a impressão de que um milagre confronta-nos aqui [...] o milagre da adequação da linguagem matemática para a formação das leis da física” (Wigner, 1960, p. 1, tradução nossa). Essa aparente coincidência entre estruturas lógicas e fenômenos naturais alimenta debates atuais, como o de Tegmark (2008), que propõe uma ontologia matemática do real – isto é, a ideia de que o próprio universo seria uma estrutura matemática em si.

Além de viabilizar os cálculos e simulações computacionais, a Matemática permite o surgimento de teorias não diretamente observáveis, como o multiverso, os estados iniciais do Big Bang¹¹, e até mesmo a conjectura do tempo imaginário em

¹¹ “O modelo do Big Bang descreve o Universo como tendo se originado de um estado inicial extremamente quente e denso, a partir do qual o próprio espaço-tempo passou a se expandir,

Cosmologia quântica¹². Nesse sentido, ela deixa de ser mero instrumento técnico e se configura como ontologia matemática da Ciência Moderna, estruturando tanto o conhecimento, quanto o próprio modo de pensar sobre o que pode ser conhecido.

2.1.1.1 *Implicações epistemológicas da Matemática como linguagem da natureza*

A discussão da Matemática na modelagem do universo levanta uma questão inevitável: o que significa afirmar que a Matemática é a linguagem da natureza? Essa ideia, defendida desde Galileu, assume que a estrutura matemática não apenas descreve os fenômenos, mas se encontra inscrita no próprio funcionamento da realidade. No entanto, essa noção, embora poderosa e operativa, envolve implicações epistemológicas profundas, especialmente no que se refere à relação entre linguagem, representação e realidade.

Para alguns autores, como Wigner (1960), a eficácia da Matemática nas ciências naturais é quase misteriosa. Em seu famoso ensaio, o físico afirma: “A enorme utilidade da Matemática nas ciências naturais é algo que beira o inexplicável, e não há justificativa racional para isso.” (Wigner, 1960, p. 6, tradução nossa). Essa observação evidencia uma tensão entre a estrutura formal da linguagem matemática e o mundo físico ao qual ela se aplica. Ainda que suas previsões sejam extraordinariamente precisas, permanece a dúvida: a Matemática revela algo sobre o mundo, ou apenas sobre a forma como a estruturamos?

Na visão realista, como a de Tegmark (2008), a Matemática é a própria substância da realidade. Segundo o autor, “tudo o que existe é uma estrutura matemática, e nossas observações não fazem mais do que revelar diferentes aspectos dessa estrutura.” (Tegmark, 2008, p. 102, tradução nossa). Já em uma perspectiva construtivista ou instrumentalista, a Matemática seria uma criação humana extremamente eficaz para modelar regularidades percebidas na natureza, mas sem *status* ontológico próprio. Como afirma Bunge (2000, p. 141), “a Matemática

explicando fenômenos observáveis como a expansão das galáxias, a radiação cósmica de fundo e a abundância de elementos leves” (Ryden, 2017, p. 23–25, tradução nossa).

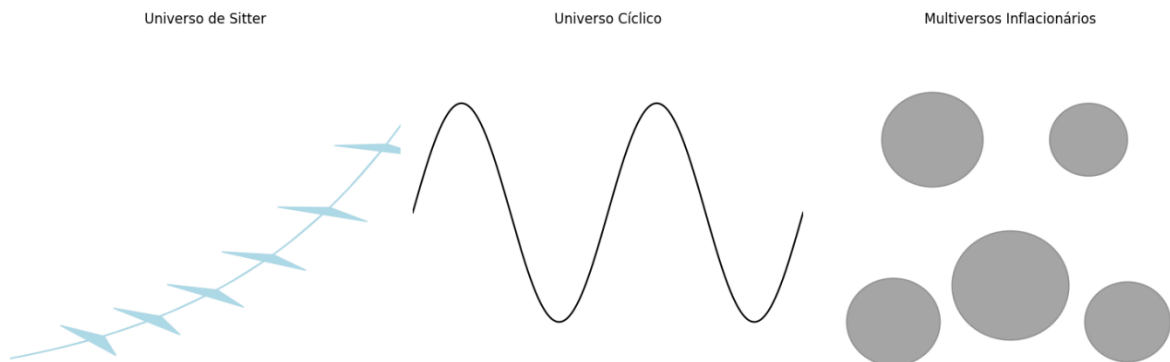
¹² Hipóteses teóricas que exploram limites da física observável, propondo modelos matemáticos sobre a origem e a estrutura fundamental do universo.

não nos diz como o mundo é, mas nos ajuda a pensar com clareza sobre aquilo que a ciência observa.”

Esse debate não é meramente filosófico – ele influencia retamente a forma como se constrói, valida e interpreta o conhecimento científico. Em se tratando da Cosmologia, diferentes modelos matemáticos – como o universo de Sitter, o universo cíclico, ou os multiversos inflacionários – modelos teóricos que descrevem diferentes possibilidades de evolução e geometria do cosmos, variando entre a expansão eterna, os ciclos sucessivos de contração e renascimento, e a coexistência de múltiplos universos gerados por processos inflacionários (Linde, 2014). Os modelos apresentam soluções consistentes, porém mutuamente excludentes, para as equações fundamentais.

A Figura 1 apresenta uma representação esquemática de três importantes modelos cosmológicos contemporâneos. À esquerda, o Universo de Sitter é ilustrado por uma curva de expansão contínua e acelerada, refletindo uma fase inflacionária marcada pela dominância da constante cosmológica. No centro, o Universo Cíclico é representado por uma curva oscilante, que simboliza a sucessão infinita de fases de expansão e contração do cosmos. À direita, o modelo dos Multiversos Inflacionários é mostrado por múltiplas “bolhas”, cada uma representando um universo distinto, surgindo a partir de flutuações quânticas durante o processo inflacionário. Essa figura sintetiza, de maneira visual, as diferentes perspectivas teóricas sobre a origem e evolução do universo.

Figura 1 – Esquema ilustrativo de três modelos cosmológicos: Universo de Sitter; Universo Cíclico e Multiversos Inflacionários



Fonte: Adaptado de Linde (2014)

Legenda: Diferentes perspectivas teóricas sobre a origem e evolução do universo.

Isso implica reconhecer que o critério de validade não se esgota na elegância matemática, mas exige articulação com os dados empíricos, com os limites de observação e com os compromissos teóricos adotados. Como observa Rovelli (2016):

A matemática é a linguagem com a qual formulamos as leis da física, mas, diferentemente da linguagem comum, ela não é arbitrária. Sua estrutura nos parece adequada para descrever o mundo porque o mundo parece estar organizado de acordo com estruturas matemáticas. (Rovelli, 2016, p. 45, tradução nossa).

Essa afirmação ressalta que a eficácia da Matemática não reside apenas na coerência lógica interna de seus sistemas, mas na sua surpreendente capacidade de capturar relações estruturais do real, mesmo quando estas se encontram além do alcance direto da experiência sensível.

Desse modo, compreender a Matemática como linguagem do universo exige reconhecer que linguagem, aqui, não é mero código, mas um modo de articulação entre o pensamento humano e a realidade que ele busca compreender. Tal compreensão implica admitir que toda formulação científica é, simultaneamente, reveladora e condicionada – abrindo possibilidades de conhecimento, mas delimitando os horizontes do que pode ser concebido.

Diante dessas implicações epistemológicas, é necessário considerar como tais concepções teóricas e linguísticas se manifestam no contexto educacional, particularmente no Ensino de Ciências. Se a Matemática organiza e estrutura a compreensão do universo em escalas cósmicas, é fundamental que essa articulação também esteja presente na formação básica dos estudantes. A presença da Astronomia, da Astrofísica e da Cosmologia nos documentos curriculares, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), exige uma abordagem interdisciplinar que considere não somente os conteúdos, mas as linguagens e modos de pensamento envolvidos.

Essa articulação será apresentada no capítulo seguinte, com base na Base Nacional Comum Curricular e Diretriz Curricular Nacional, visando as possibilidades didáticas de integração entre Ciência e Matemática no ambiente escolar.

3 A PRESENÇA DA ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NA BNCC E NAS DCN QUE ORIENTAM OS CONTEÚDOS DAS LICENCIATURAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, FÍSICA E MATEMÁTICA

O estudo de Astronomia no ambiente escolar brasileiro carrega uma importância que transcende o aspecto meramente informativo. Trata-se de uma oportunidade ímpar de desenvolver o pensamento científico, a capacidade de abstração e a compreensão do lugar do ser humano no universo. No cenário atual, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2017), constitui o principal documento normativo responsável por determinar as aprendizagens essenciais que os discentes devem desenvolver ao longo da Educação Básica¹³.

A BNCC explicita, entre suas dez Competências Gerais, que os estudantes devem “exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade” (Brasil, 2017, p. 9). Essa orientação dialoga diretamente com o Ensino de Astronomia, cujos fenômenos frequentemente exigem raciocínio abstrato, coleta e análise de dados e modelagem matemática.

Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011, p. 28), “a educação científica, ao tratar de questões do universo, possibilita ao aluno compreender a historicidade da ciência e a natureza de suas explicações”. Assim, incluir no currículo escolar conteúdos que abordem desde os movimentos celestes observáveis a olho nu até os modelos cosmológicos mais recentes significa ampliar a visão de mundo dos estudantes, permitindo que construam explicações fundamentadas e críticas sobre a realidade.

O desenvolvimento de competências relacionadas à investigação científica é potencializado quando as Ciências do espaço são trabalhadas de forma articulada com a Matemática, que atua como a linguagem estruturante de descrição e previsão de fenômenos. Isso possibilita que o ensino vá além de memorização de conceitos, favorecendo a construção de um pensamento interdisciplinar.

¹³ Educação Básica é o conjunto de etapas e modalidades da educação escolar que abrange a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio, conforme definido pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996). De acordo com o Art. 21 da LDB, a Educação Básica tem por finalidade “desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (Brasil, 1996).

A mera memorização de conceitos, leis e fórmulas, desvinculada de seu contexto e significado, não contribui para a formação científica do estudante. É preciso que os conhecimentos sejam construídos de forma integrada e interdisciplinar, possibilitando a compreensão e aplicação em diferentes situações (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011, p. 37)

Ao considerar essa perspectiva, a BNCC reforça que o Ensino de Ciências deve estar vinculado à resolução de problemas, à formulação de hipóteses e à interpretação de dados, de modo a aproximar os estudantes do fazer científico.

[...] Ao longo do Ensino Fundamental a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. Em outras palavras, apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania (Brasil, 2017, p. 321).

Conforme visto, a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017), destaca que o Ensino de Ciências não deve se restringir à mera transmissão de conteúdos, mas sim promover o desenvolvimento do letramento científico, entendendo-o como a capacidade de compreender e interpretar o mundo com base no pensamento científico. Ao integrar áreas como Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, o ensino se amplia significativamente, pois permite ao estudante questionar e compreender fenômenos naturais em escalas muito além da experiência cotidiana, ademais, conforme mencionado por diversas pesquisas, a Astronomia é capaz de instigar a curiosidade dos discentes, favorecendo o processo de aprendizagem (Bretones, 1999; Trevisan, 2011; Iachel, 2013).

Entender os fenômenos celestes são exemplos de como a Ciência pode inspirar o pensamento crítico, a curiosidade e a reflexão sobre o lugar da humanidade no cosmos. Assim, ao abordar essas áreas, o Ensino de Ciências torna-se uma fonte formativa essencial para o exercício da cidadania, ao estimular o conhecimento técnico, bem como, uma atitude investigativa, ética e transformadora diante dos desafios contemporâneos.

Nesse sentido, em se tratando da Astronomia, Astrofísica e da Cosmologia, essa abordagem demanda a articulação entre diferentes áreas do conhecimento – conforme apontado pela Competência Específica 2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio – permitindo que conceitos matemáticos, físicos, biológicos e tecnológicos sejam mobilizados para compreender os fenômenos da Ciência.

[...] origem da Vida; evolução biológica; registro fóssil; exobiologia; biodiversidade; origem e extinção de espécies; políticas ambientais; biomoléculas; organização celular; órgãos e sistemas; organismos; populações; ecossistemas; teias alimentares; respiração celular; fotossíntese; neurociência; reprodução e hereditariedade; genética mendeliana; processos epidemiológicos; espectro eletromagnético; modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos; astronomia; evolução estelar; gravitação; mecânica newtoniana; previsão do tempo; história e filosofia da ciência; entre outros. (Brasil, 2018, p. 556).

Assim, o processo de aprendizagem ultrapassa o caráter puramente informativo e se transforma em uma experiência formativa, em que o estudante participa ativamente da construção do conhecimento e desenvolve competências para interpretar criticamente o mundo.

3.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA BNCC E A INSERÇÃO DE ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A Base Nacional Comum Curricular é um marco normativo da educação brasileira que surge em resposta à necessidade de unificação e equidade no ensino. Seu desenvolvimento esteve vinculado às discussões sobre a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Brasil, 1996) e às políticas públicas que visavam consolidar uma formação mínima comum para todos os estudantes do país. Desde a primeira versão preliminar, publicada em 2015, até sua homologação final em 2018, a BNCC foi objeto de intensos debates acadêmicos e políticos, refletindo tensões entre diferentes concepções de currículo, de formação e de interdisciplinaridade. A compreensão de seu percurso histórico é fundamental para situar como Astronomia, Astrofísica e Cosmologia foram sendo gradualmente inseridas como temáticas relevantes no Ensino de Ciências.

A BNCC não surgiu de forma isolada, mas como resultado de um longo processo histórico de construção de políticas curriculares no Brasil. A Constituição Federal de 1988 já estabelecia, em seu artigo 210, “que serão fixados conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum” (Brasil, 1988, p. 209).

Essa determinação foi posteriormente regulamentada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, a Lei nº 9.394/1996, cujo artigo estabelece que “os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter

uma base nacional comum, a ser complementada por uma parte diversificada” (Brasil, 1996, p. 207).

No final da década de 1990 e início dos anos 2000, essa base comum começou a ser delineada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que, embora não tivessem caráter obrigatório, influenciaram significativamente o Ensino de Ciências ao propor a inclusão de conteúdos de Astronomia no eixo temático *Terra e Universo*. Segundo Langhi e Nardi (2010, p. 131), “os PCNs representaram um avanço ao reconhecer a importância da Astronomia no currículo, mas não garantiram sua efetiva implementação nas escolas”.

O processo de elaboração da BNCC iniciou formalmente em 2015, com a primeira versão disponibilizada para consulta pública. Após revisões e debates envolvendo professores, especialistas e a sociedade civil, a versão final para a Educação Infantil e Ensino Fundamental foi homologada em 2017, enquanto a do Ensino Médio foi publicada em 2018. Como observa Cury (2018, p. 46), “a BNCC é fruto de uma demanda histórica por um currículo que garanta o direito à aprendizagem e ao acesso a saberes fundamentais por todos os brasileiros”.

A BNCC incorpora a ideia de competências e habilidades, superando a lógica de um currículo meramente conteudista. No campo das Ciências da Natureza, o documento adota a interdisciplinaridade como princípio estruturante, reconhecendo que a compreensão de fenômenos complexos requer a integração de diferentes áreas do conhecimento – condição fundamental para abordar temas de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia de forma consistente. Em matéria da interdisciplinaridade, Fazenda (2011) compreende como sendo uma atitude de abertura, uma vez que promove a problematização dos assuntos que se destinam ao ensino e aprendizagem. “Interdisciplinaridade é uma nova atitude frente à questão do conhecimento, de abertura à compreensão de aspectos ocultos do ato de aprender e dos aparentemente expressos, colocando-os em questão” (Fazenda, 2011, p. 3).

Essa perspectiva demonstra que os conteúdos devem ser apresentados como partes integradas do cotidiano, uma vez que possibilita ao discente perceber a Ciência como parte ativa e próxima da vida social.

3.2 CIÊNCIA DO UNIVERSO NO CURRÍCULO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Ao delimitar as áreas do conhecimento, a BNCC organiza o Ensino de Ciências na Educação Básica em torno de unidades temáticas que articulam fenômenos naturais, experimentação e linguagem científica. Entre essas unidades, *Terra e Universo* se destaca por contemplar conteúdos relacionados à Astronomia, permitindo que os estudantes compreendam sua inserção no cosmos e a dinâmica dos corpos celestes. Nesse sentido, a presença da Matemática torna-se indissociável, seja no tratamento das escalas de tempo e distância, seja no entendimento de movimentos orbitais. Mais que uma listagem de conteúdos, a BNCC (Brasil, 2017), propõe uma abordagem contextualizada, em que o conhecimento científico deve se relacionar com a realidade do aluno, favorecendo uma aprendizagem crítica e interdisciplinar, nesse contexto, esta seção visa mostrar de que modo os conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia se apresentam no currículo da Educação Básica.

A BNCC contempla a Astronomia de maneira explícita nas unidades temáticas *Terra e Universo – Ensino Fundamental (EF)* e *Vida, Terra e Cosmos – Ensino Médio (EM)*, as quais estabelecem o estudo das interações entre os seres vivos, a Terra e o universo como elemento estruturante da formação científica. No EF, espera-se que o estudante seja capaz de “identificar, representar e explicar movimentos e fenômenos observáveis no céu, como a sucessão de dias e noites, fases da Lua e estações do ano” (Brasil, 2017, p. 341), além de compreender a posição da Terra no Sistema Solar e sua relação com outros corpos celestes.

Já no Ensino Médio, a abordagem se amplia para incluir conceitos ligados à origem e evolução do universo, à estrutura das galáxias e ao papel das leis físicas na organização cósmica. Ainda que os termos Astrofísica e Cosmologia não apareçam de maneira explícita, os conteúdos associados a essas áreas estão presentes. Segundo Longair (2006, p. 3, tradução nossa), “a Astrofísica busca aplicar leis conhecidas da Física à compreensão dos fenômenos celestes, enquanto a Cosmologia trata da totalidade do universo, partindo de pressupostos teóricos mais abrangentes”. Essa diferenciação, embora ausente no texto da BNCC, é essencial para orientar uma abordagem mais precisa e direcionada para a atual pesquisa.

Segundo a habilidade: “**(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente” (Brasil, 2018, p. 557), são conceitos fundamentais da Cosmologia e estão presentes de maneira implícita nas habilidades propostas,

especialmente ao tratar da origem e evolução do universo, da Terra e da vida. Mesmo sob a ótica de uma abordagem focada na Astronomia, a BNCC permite uma compreensão mais ampla das questões cosmológicas, conectando os estudantes com as teorias científicas atuais que buscam explicar a origem e a dinâmica do universo. Do ponto de vista astrofísico, pode-se notar:

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (Brasil, 2018, p. 557).

Por meio do trecho mencionado, percebe-se a importante presença da Astrofísica no currículo voltado ao EM, outrossim, faz-se necessário notar que a habilidade em questão, aborda o uso de representações e simulações, o que implica a ampliação de modelos matemáticos e físicos para entender e prever fenômenos astrofísicos.

Dessa forma, apesar do documento oficial apresentar tais conteúdos de forma contextualizada, nem sempre são explicitados os caminhos matemáticos que sustentam seu entendimento. Ao tratar de temas como os movimentos da Terra e dos Planetas ou as escalas do universo, a BNCC sugere implicitamente o uso de raciocínios geométricos, proporcionais e quantitativos, ainda que não os destaque de maneira clara.

Assim, investigar como a Matemática aparece nos artigos acadêmicos de Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia – foco desta pesquisa – torna-se um passo essencial, uma vez que é justamente na articulação entre fenômenos astronômicos e formalização matemática que se consolida o aprendizado significativo. Para Masini (2016, p. 70) “Aprendizagem significativa diz respeito à integração de novas informações em um complexo processo pelo qual, situado no tecido dos acontecimentos em suas ações, interações, retroações e determinações o aprendiz adquire conhecimento”.

Não obstante, a BNCC também enfatiza a necessidade de utilizar diferentes linguagens para a construção do conhecimento científico, incluindo a Matemática como ferramenta essencial. O documento afirma que “o pensamento computacional, a análise de dados e a modelagem matemática são competências fundamentais para o desenvolvimento científico” (Brasil, 2017, p. 477). Essa orientação abre espaço para

que o Ensino de Astronomia, seja tratado por meio de gráficos de curvas de luz, cálculos de distâncias estelares, modelagem de órbitas e simulação computacional de fenômenos astrofísicos.

Portanto, a BNCC oferece um arcabouço que, quando explorado em sua totalidade, permite que a Astronomia, a Astrofísica e a Cosmologia sejam integradas ao currículo escolar não apenas como conteúdos informativos, mas como instrumentos para o desenvolvimento de competências cognitivas, investigativas e críticas, preparando o estudante para compreender seu lugar no universo e sua relação com o conhecimento científico.

No caso da área de Ciências da Natureza, a BNCC estabelece um conjunto de habilidades que remetem diretamente ao entendimento de conceitos astronômicos, astrofísicos e cosmológicos. A título de exemplo, para o 9º ano do EF, a Base explicita:

(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).

(EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).

(EF09CI16) Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares.

(EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta (Brasil, 2017, p. 351).

Tais habilidades evidenciam a importância das Ciências do universo como áreas estruturantes do currículo, mas também revelam a centralidade da Matemática para que possam ser compreendidas de maneira consistente. A descrição da estrutura do Sistema Solar **(EF09CI14)**, exige o entendimento de escalas, proporções e distâncias astronômicas, algo que só é possível por meio de cálculos e modelagens matemáticas. Já a habilidade **(EF09CI15)**, embora destaque a diversidade cultural na leitura do céu, remete a conhecimentos geométricos e trigonométricos que historicamente foram aplicados em práticas de navegação e orientação espacial.

O desafio, contudo, reside na efetiva implementação desses conteúdos, considerando que pesquisas indicam a carência de formação específica em Astronomia por parte dos docentes (Langhi; Nardi, 2010). A pesquisa desenvolvida por Leite e Hosoume (2007, p. 50) corrobora com este cenário, uma vez que demonstram em seu estudo que:

Dos 17 professores entrevistados, 11 (65%) já trabalharam em suas aulas assuntos de Astronomia e, dentre eles, oito (73%) nunca haviam feito nenhum curso sobre o assunto. Provavelmente, esses professores aprenderam e ensinam Astronomia através do livro didático, que frequentemente apresenta uma Astronomia impositiva, fragmentada e, em muitos casos, com erros conceituais graves.

Estes resultados podem levar à superficialidade na abordagem e ao uso de exemplos pouco precisos, comprometendo o potencial didático da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Nesse sentido, é importante que essas Ciências estejam atreladas ao cotidiano do aluno, especialmente quando tratados em conjunto com a Matemática, pois conforme apontado por Gasperi e Pacheco (2007) “a Matemática pode ser trabalhada de forma contextualizada, conforme sua história e evolução da humanidade”, todavia, faz-se necessário um olhar atento a junção dessas Ciências, uma vez que pesquisas apontam que a Matemática, para a maioria dos educandos é um problema, por possuir caráter abstrato, além de requerer à compreensão dos enunciados e das operações matemáticas complexos (Tolentino; Leal, 2024).

Constata-se, portanto, que a BNCC contempla conteúdos que podem ser relacionados à Astronomia, à Astrofísica e à Cosmologia, ainda que não estabeleça distinções explícitas entre essas áreas. A literatura especializada também tende a tratar tais campos de forma unificada, sem classificá-los a partir das habilidades e competências descritas nos documentos oficiais (Langhi; Nardi, 2005; 2012). Essa lacuna reforça a pertinência desta dissertação, que se propõe a avançar na análise, distinguindo como esses campos do conhecimento podem ser identificados na BNCC e, em especial, de que modo a Matemática aparece como linguagem estruturante nos artigos de Ensino de Astronomia. Tal perspectiva, além de ampliar o debate, permite lançar um olhar crítico sobre as potencialidades e limitações do currículo nacional em sua interface com a produção acadêmica da área.

Diante do atual cenário, torna-se indispensável recorrer às Diretrizes Curriculares Nacionais (Brasil, 2001), pois elas orientam a estrutura curricular das licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Matemática, e à reflexão sobre o papel da Matemática na articulação dos conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. A análise das DCN permite entender não só os princípios que orientam o Ensino de Ciências no Brasil, mas as possibilidades de integração entre áreas do conhecimento, aspecto fundamental para avaliar se os artigos acadêmicos em Ensino de Astronomia dialogam de fato com as orientações oficiais.

3.2.1 Diretrizes Curriculares Nacionais para as Licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Matemática: Formação e Prática Docente

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) constituem o marco normativo que orienta a organização dos currículos das licenciaturas, definindo princípios e objetivos para a formação docente em todo o território nacional. A partir dessas diretrizes, torna-se possível analisar os conteúdos e a estrutura das grades curriculares dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, Física e Matemática, investigando como esses currículos contemplam a formação científica e pedagógica necessária para a prática docente. No campo das Ciências da Natureza, para a Educação Básica, a BNCC atribui à Astronomia, Astrofísica e Cosmologia um papel relevante na formação científica do discente, ainda que a presença desses temas ocorra, muitas vezes, de forma pontual e, por vezes, sem detalhamento do rigor matemático necessário para sua plena compreensão. Nas palavras de Sotisso, Farias e Oliveira (2014, p. 453) “a relação entre a Matemática e a Astronomia é pouco explorada no Ensino Fundamental e Ensino Médio”, podendo prejudicar o Ensino de Astronomia.

Conforme visto anteriormente, a BNCC aborda conteúdos de Astronomia em seus eixos temáticos, sugerindo abordagens que articulam observações, interpretações e explicações sobre fenômenos celestes, entretanto, embora haja menções à necessidade de empregar recursos matemáticos, as orientações não especificam a profundidade com que tais ferramentas devem ser exploradas, conforme pode ser observado na habilidade:

(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) (Brasil, 2018, p. 557).

Apesar da menção sobre o uso de cálculos voltados aos objetos astronômicos, apresenta-se uma ausência de diretrizes claras sobre o nível de formalização matemática na Astronomia escolar, o que pode levar a abordagens excessivamente descritivas, que pouco contribuem para o desenvolvimento de competências quantitativas no aluno.

Nesse viés, reconhecer a presença das orientações oficiais não é suficiente: é preciso considerar também as condições concretas de implementação em sala de

aula. Autores apontam que muitos professores ainda demonstram insegurança ao abordar conteúdos de Astronomia, sobretudo quando exigem cálculos ou modelagens mais sofisticadas (Langhi; Nardi, 2005; Fernandes, 2013; Borges Nascimento; Compiani, 2025). Nesses casos, artigos da área de Ensino de Astronomia tornam-se uma referência importante, não apenas como fonte de atualização, mas como apoio didático. Logo, a produção acadêmica assume uma função indireta de formação continuada, fornecendo recursos que integram a Matemática e as Ciências do universo de modo mais acessível ao docente.

Nesse íterim, faz-se necessária a análise das Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, Matemática e Física, uma vez que tais documentos orientam a formação inicial dos professores, que em sua maioria atuarão no Ensino Básico. Essa análise visa identificar se as disciplinas básicas previstas nessas diretrizes oferecem subsídios que fundamentem a preparação do professor para ministrar conteúdos relacionados à Astronomia. É nas DCN que se delineiam os conhecimentos e práticas formativas que devem preparar o futuro docente para trabalhar esses objetos de estudo. Assim, compreender como a Matemática, a Astronomia, a Astrofísica e a Cosmologia aparecem – ou deixam de aparecer – nas DCN desses cursos é fundamental para identificar possíveis lacunas entre a formação inicial do professor e as exigências curriculares da Educação Básica. Em outras palavras, ao analisar as DCN, é possível problematizar se os conteúdos da grade curricular da formação dos licenciados em Ciências Biológicas, Matemática e Física oferece subsídios adequados para o tratamento pedagógico de conteúdos que, embora previstos na BNCC, muitas vezes são inviabilizados na graduação.

Os Pareceres CNE/CES nº 1.304/2001 – Física, nº 1.301/2001 – Ciências Biológicas e nº 1.302/2001 – Matemática, aprovados pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) por meio da Câmara de Educação Superior, constituíram o marco normativo inicial das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para esses cursos de graduação, orientando tanto as licenciaturas quanto os bacharelados. Tais documentos explicitaram a organização do núcleo básico e dos conteúdos estruturantes da formação científica, definindo referenciais de conhecimento, competências e habilidades a serem desenvolvidas.

Posteriormente, especialmente no âmbito das licenciaturas, a estrutura normativa foi atualizada por resoluções do CNE/CP — com destaque para a Resolução CNE/CP nº 2/2019 — que passou a organizar a formação inicial docente

com base em competências e habilidades, sem explicitar a distribuição disciplinar dos cursos. Considerando que o recorte temporal desta pesquisa foi de 2018 a 2023, abrangendo o período imediatamente anterior e posterior a essa reformulação normativa, opta-se por utilizar os pareceres de 2001 como referência para a identificação do núcleo científico básico, uma vez que estes explicitam a organização de conteúdos estruturantes das áreas analisadas.

Embora as DCN para os cursos de Física estabeleçam parâmetros amplos para a formação do licenciado, observa-se a ausência de menções diretas a áreas como Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, conforme exposto pelo Quadro 1. Essa lacuna é significativa, uma vez que tais áreas não só compõem o patrimônio histórico da Ciência, mas representam campos fundamentais para a articulação entre Física e Matemática. O documento, no entanto, salienta a importância de “utilizar a matemática como uma linguagem para a expressão dos fenômenos naturais” (Brasil, 2011, p. 4), o que abre espaço para a inclusão indireta de temáticas astronômicas, profundamente matematizadas em sua essência.

Ainda que Astronomia, Astrofísica e Cosmologia não sejam citadas, é possível reconhecer que essas áreas se enquadram de maneira natural nesse perfil interdisciplinar, uma vez que exigem tanto a aplicação de teorias físicas quanto a integração de linguagens matemáticas complexas. Assim, o silêncio do documento pode ser interpretado como um espaço de invisibilidade curricular, mas, também, como uma abertura para iniciativas de pesquisa e ensino que promovam essa integração. O Quadro 1 apresenta os conteúdos do núcleo base de Física.

Quadro 1 – Núcleo comum das DCN em Licenciatura em Física

Núcleo	Conteúdos principais	Possível relação com Astronomia, Astrofísica e Cosmologia
A – Física Geral	Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Física Ondulatória	Movimento planetário, Dinâmica térmica estelar, radiação eletromagnética.
B – Matemática	Cálculo diferencial e integral, Geometria Analítica, Álgebra Linear, Equações diferenciais, Probabilidade e Estatística	Modelagem matemática em Astronomia e Cosmologia
C – Física Clássica	Mecânica Clássica, Eletromagnetismo e Termodinâmica	Leis de Kepler, Gravitação Newtoniana, radiação térmica estelar

D – Física Moderna e Contemporânea	Mecânica Quântica, Física Estatística, Relatividade	Estrutura estelar, evolução do universo, buracos negros
E – Disciplinas Complementares	Química, Biologia, Ciências Humanas, História da Ciência, Filosofia	História da Astronomia e Filosofia da Ciência

Adaptado de: Brasil (2001).

O Quadro 1 evidencia que, embora as DCN para o curso de Física apresentem um núcleo formativo robusto, com ênfase em conteúdos fundamentais e matemáticos, não há menções explícitas à Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Tais áreas aparecem apenas de forma indireta, como possíveis aplicações de tópicos clássicos e modernos da Física, o que pode contribuir para a sua segregação na formação inicial de professores. Cabe destacar que a terceira coluna do Quadro 01 foi elaborada pela pesquisadora e não consta no documento oficial, constituindo uma interpretação que busca evidenciar potenciais articulações entre os conteúdos prescritos e as áreas astronômicas em análise.

Outro aspecto relevante é a recomendação de que a formação do licenciado em física deve contemplar a compreensão da Ciência como processo histórico. O parecer orienta que o licenciando desenvolva “a consequente responsabilidade social, compreendendo a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sociopolíticos, culturais e econômicos” (Brasil, 2001, p. 4). Tal diretriz reforça que a Astronomia, mesmo que indiretamente, deveria ocupar lugar de destaque na formação docente, justamente por permitir articular Matemática, História da Ciência e cultura. No entanto, sua ausência explícita nas DCN de Física revela um hiato que precisa ser considerado quando se analisa a presença da Astronomia e áreas correlatas no currículo de Física. Não obstante, o Quadro 2 apresenta os conteúdos do núcleo comum para a licenciatura em Matemática.

Quadro 2 – Núcleo comum das DCN em Licenciatura em Matemática

Núcleo	Possível relação com Astronomia, Astrofísica e Cosmologia
A – Cálculo Diferencial e Integral	Modelar Leis do movimento planetário, dinâmica estelar e soluções cosmológicas.

B – Álgebra Linear	Aplicada em transformações de coordenadas, análise de órbitas e processamento de dados astronômicos.
C – Fundamentos de Análise	Base para rigor matemático em modelagens físicas e cosmológicas.
D – Fundamentos de Álgebra	Construção de simetrias e modelos matemáticos usados em Física Teórica e Cosmologia
E – Fundamentos de Geometria	Conexão com a Geometria do espaço-tempo e a estrutura do universo.
F – Geometria Analítica	Aplicada na descrição de órbitas, trajetórias e posicionamento astronômico.
G – Estágio e Atividades Complementares	Potencial para experiências didáticas envolvendo Astronomia no ensino básico.

Adaptado de: Brasil (2001).

O Quadro 2 indica que semelhante às DCN de Física, o núcleo comum de Matemática não apresenta qualquer menção explícita à Astronomia e às Ciências correlatas. Os conteúdos prescritos concentram-se em fundamentos matemáticos clássicos, essenciais à formação de professores da área. No entanto, é possível identificar relações potenciais entre esses tópicos e aplicações astronômicas, como demonstrado na segunda coluna do Quadro 2. É importante sublinhar que tais relações não constam no documento oficial, mas foram inseridas pela pesquisadora como forma de problematizar a ausência de explicitação das áreas astronômicas, destacando, ao mesmo tempo, a relevância da Matemática para sua compreensão. O Quadro 3 realiza a mesma análise, mas voltada ao núcleo base de Ciências Biológicas.

Quadro 3 – Núcleo das DCN de Licenciatura em Ciências Biológicas

Núcleo	Possível relação com Astronomia, Astrofísica e Cosmologia
Biologia Celular, Molecular e Evolução	Estudos evolutivos podem dialogar com a origem da vida em contextos astrobiológicos
Diversidade Biológica	Conexão indireta com hipóteses sobre a vida em outros planetas e exobiologia

Ecologia	Discussão sobre ciclos planetários, impactos ambientais globais e escalas de tempo geológico
Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra	Inclui Matemática, Física, Química, Estatística e Geologia, bases para Astronomia e Astrofísica
Fundamentos Filosóficos e Sociais	Reflexões históricas e epistemológicas que podem abranger debates sobre a Cosmologia e o lugar do ser humano no universo
Estágio e Atividades Complementares	Possibilidade de experiências didáticas em Educação em Ciências envolvendo Astronomia

Adaptado de: Brasil (2001).

O Quadro 3 mostra que, nas DCN de Ciências Biológicas, assim como nas de Física e Matemática, não há menções explícitas à Astronomia, Astrofísica ou Cosmologia. Os conteúdos previstos concentram-se em torno da Biologia, com articulações às Ciências Exatas e da Terra em caráter auxiliar. Entretanto, observa-se que alguns pontos podem abrir brechas para aproximações interdisciplinares com a Astronomia, como o estudo da evolução (Astrobiologia), da ecologia em escalas planetárias e do uso das Ciências Exatas como suporte conceitual. Assim, a ausência direta desses campos reforça a marginalização da Astronomia nos documentos oficiais, mas também evidencia espaços potenciais de integração que podem ser explorados na prática docente.

A análise conjunta das Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Física, Matemática e Ciências Biológicas permite constatar um padrão: em nenhum dos documentos há menções explícitas à Astronomia, à Astrofísica ou à Cosmologia. Embora esses campos tenham desempenhado papel central na própria constituição histórica da Ciência Moderna, sua presença nos currículos de formação docente aparece apenas de forma indireta, diluída em conteúdos mais amplos — como a Relatividade, a Física Ondulatória ou os Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra.

Os quadros elaborados nesta seção manifestam justamente esse movimento: ao mesmo tempo em que tais áreas permanecem invisibilizadas nos documentos oficiais, suas possibilidades de articulação emergem quando se reconhece a Matemática como linguagem estruturante, capaz de sustentar discussões

interdisciplinares. Essa carência, portanto, não deve ser entendida apenas como lacuna, mas também como ponto de tensão que reforça a importância de pesquisas como a presente, que investigam a presença da Matemática nos artigos de Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia e suas relações com a educação básica.

Ainda, sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais a Resolução CNE/CEB nº2/2012, destaca-se a necessidade de que os estudantes compreendam fenômenos e processos por meio de “linguagens próprias de cada área” (Brasil, 2012, p. 5). Essa formulação inclui, de forma implícita, a linguagem matemática como linguagem estruturante de análise e interpretação na Física e na Astronomia. Um trecho do documento que sintetiza essa concepção:

O domínio das linguagens específicas das áreas do conhecimento, incluindo a linguagem matemática e suas representações, é essencial para que o estudante possa compreender, modelar e intervir sobre fenômenos naturais, sociais e tecnológicos, fundamentando suas ações em conhecimentos sólidos e atualizados (Brasil, 2012, p. 6)

O trecho evidencia que a Matemática não é tratada unicamente como disciplina autônoma, mas como um meio necessário para o avanço no entendimento de conteúdos científicos complexos, como aqueles que envolvem a alçada astronômica. Partindo desse pressuposto, a aplicação desses conteúdos no ambiente escolar, exige habilidades matemáticas que vão além das operações básicas, abrangendo funções, trigonometria, geometria analítica, álgebra e cálculo básico.

Apesar dessa relação intrínseca, pesquisas mostram que a Matemática subjacente aos conteúdos astronômicos nem sempre é explorada nos currículos escolares. De acordo com Pasachoff e Filippenko (2019, p. 12, tradução nossa), “o ensino de Astronomia em nível introdutório frequentemente evita o uso intensivo de cálculos, o que pode limitar a compreensão plena dos conceitos físicos envolvidos”. Esse fator reforça a relevância de investigações que analisam como a Matemática é efetivamente mobilizada no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Deste modo, as DCN e a BNCC oferecem um arcabouço que reconhece a importância da linguagem matemática na abordagem de conteúdos científicos, mas deixam margem para diferentes interpretações quanto à sua profundidade e aplicação prática. Essa lacuna justifica o presente estudo, que se propõe a examinar como a Matemática se manifesta – ou não – nas publicações voltadas ao Ensino de Astronomia, buscando compreender se o material acadêmico propalado está alinhado com a concepção de

Ciência que integra de forma consistente teoria, observação e modelagem matemática.

A análise da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), apresenta que o Ensino de Ciências não se sustenta apenas em descrições fenomenológicas, mas exige um alicerce conceitual capaz de articular observações e modelos. Entretanto, não existe nas DCN menções diretas à Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, o que revela uma preocupação na formação docente e no planejamento curricular, comprometendo a abordagem integrada e contextualizada desses campos fundamentais para a compreensão do universo e para o desenvolvimento do pensamento científico. Não obstante, ainda assim, a Matemática emerge como elemento central, funcionando como linguagem formal das Ciências, e de forma mediadora entre teoria e prática no contexto educacional. Assim, ao se discutir a presença desses conteúdos, torna-se necessário refletir sobre o papel da Matemática como instrumento estruturante do conhecimento astronômico.

Em síntese, a análise das DCN para os cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, Física e Matemática, revela uma contradição importante: ao mesmo tempo em que enfatizam a Matemática como linguagem indispensável e ressaltam a necessidade de uma formação interdisciplinar e historicamente contextualizada, deixam de contemplar explicitamente áreas como a Astronomia, Astrofísica e a Cosmologia. Essa omissão não apenas reduz a visibilidade de campos historicamente centrais, para o desenvolvimento científico, como também repercute na formação dos futuros docentes, que muitas vezes ingressam na sala de aula sem referências curriculares claras sobre como articular tais conteúdos com a Matemática. “Estes professores pouco sabem sobre os conceitos científicos envolvidos nos estudos sobre as estrelas, galáxias, o Universo, ou até mesmo sobre o Sistema Solar, pois, em sua formação, conhecimentos dessa natureza não fizeram parte do currículo escolar” (Leite; Hosoume, 2007, p. 48).

Diante disso, torna-se fundamental tensionar a distância entre os conteúdos propostos para a formação inicial dos licenciados em Ciências Biológicas, Física e Matemática prevista nas DCN e as demandas efetivas da BNCC, que reconhece a relevância dessas áreas para a Educação Básica.

3.2.1.1 A Matemática como elo estruturante do Ensino de Astronomia

A presença da Matemática no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia constitui um elemento indispensável para a construção de explicações científicas e para a compreensão dos fenômenos naturais. Na escola, essa mediação se manifesta, sobretudo na necessidade de trabalhar com grandezas, escalas, proporções e modelos, sem os quais os fenômenos celestes permaneceriam apenas como descrições qualitativas ou observações fragmentadas. Estudos de Langhi e Nardi (2005), já apontavam que o Ensino de Astronomia precisa ir além da simples contemplação do céu, exigindo ferramentas que permitem ao aluno compreender, de forma lógica e estruturada, a natureza dos fenômenos observados.

No contexto da Educação Básica, a BNCC enfatiza a importância de modelos explicativos e representações matemáticas como centrais para o aprendizado de Ciências (Brasil, 2018). Rizzuti (2017), ao discutir o Ensino de Astronomia, ressalta que a escassez de mediação matemática pode reduzir a disciplina a um conjunto de curiosidades desconexas, sem contribuir efetivamente para o desenvolvimento do raciocínio científico dos estudantes. Essa observação mostra que o estudo da Astronomia e das áreas correlatas não se deve restringir à memorização de nomes de planetas ou constelações, mas deve engajar os alunos em processos de raciocínio quantitativo, como cálculos de distâncias, estimativas e interpretações gráficas.

Pesquisas em Ensino de Ciências apontam que muitas concepções alternativas dos estudantes decorrem justamente da ausência de tratamento matemático adequado. Segundo Langhi (2011), as concepções alternativas em Astronomia correspondem a ideias formadas com base no senso comum, muitas vezes incoerentes com o conhecimento científico, mas que fazem sentido para quem as formula. Essas concepções são comuns entre alunos e até mesmo entre professores, que costumam ser resistentes à mudança, mesmo após o ensino formal.

Arruda e Teixeira (2003), ao investigar representações do Sistema Solar, observaram que os alunos frequentemente constroem modelos nos quais as órbitas dos planetas aparecem muito próximas entre si ou em tamanhos desproporcionais. Esse resultado está relacionado à dificuldade de lidar com escalas e proporções, aspecto que só pode ser superado com a incorporação explícita da Matemática nas práticas pedagógicas.

De acordo com o documento oficial, os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental desenvolvem, ou deveriam desenvolver, habilidades relacionadas a escalas e proporções, incluindo:

(EF09MA08) Resolver e elaborar problemas que envolvam relações de proporcionalidade direta e inversa entre duas ou mais grandezas, inclusive escalas, divisão em partes proporcionais e taxa de variação, em contextos socioculturais, ambientais e de outras áreas (Brasil, 2017, p. 317).

Essa limitação observada por Arruda e Teixeira (2003) reforça a importância de um trabalho pedagógico interdisciplinar, no qual a Matemática esteja integrada ao Ensino de Ciências, especialmente em temas como a Astronomia. A compreensão adequada de representações em escala – fundamentais para o entendimento do Sistema Solar – depende diretamente da apropriação de conteúdos matemáticos, como proporcionalidade e grandezas. Nesse sentido, a BNCC reconhece essas demandas ao propor habilidades específicas voltadas para o desenvolvimento do pensamento proporcional nos anos finais do Ensino Fundamental. Conforme apontado:

(EF09MA18) Reconhecer e empregar unidades usadas para expressar medidas muito grandes ou muito pequenas, tais como distância entre planetas e sistemas solares, tamanho de vírus ou de células, capacidade de armazenamento de computadores, entre outros (Brasil, 2017, p. 319).

Essas diretrizes indicam que o trabalho com escalas e medidas astronômicas já é previsto no currículo, o que reforça a viabilidade de abordagens que articulem Matemática e Astronomia para promover uma compreensão mais precisa do universo e seus fenômenos.

Além das questões geométricas e de escala, a Matemática também é vital na interpretação de fenômenos periódicos. A previsão de eclipses, a determinação das fases da Lua e o cálculo do tempo sideral envolvem raciocínio algébrico e trigonométrico que, ao serem trabalhados de forma articulada, contribuem para desenvolver competências tanto em Ciências quanto em Matemática.

(EM13MAT306) Resolver e elaborar problemas em contextos que envolvem fenômenos periódicos reais (ondas sonoras, fases da lua, movimentos cíclicos, entre outros) e comparar suas representações com as funções seno e cosseno, no plano cartesiano, com ou sem apoio de aplicativos de álgebra e geometria (Brasil, 2017, p. 536).

A habilidade **(EM13MAT306)** destaca como os conceitos matemáticos e astronômicos podem ser abordados em conjunto. A relação entre os objetos permite que os alunos compreendam não apenas os movimentos cíclicos dos corpos celestes,

mas que desenvolvam uma interpretação matemática para eventos astronômicos recorrentes, como o cálculo do tempo sideral. Essa aglutinação entre Matemática e Ciências, portanto, além de enriquecer o entendimento dos fenômenos do céu; também fortalece a capacidade analítica dos estudantes em relação a situações do cotidiano. Vernier (2009) defende que a periodicidade dos fenômenos astronômicos constitui um campo privilegiado para a aplicação de funções matemáticas, tornando a aprendizagem mais significativa.

Outro aspecto de relevância refere-se à noção de incerteza e erro experimental. Estimativas de distâncias astronômicas, como a determinação da Unidade Astronômica (UA)¹⁴ a partir de trânsitos planetários, exigem o uso da estatística, análise de dados e geometria. Essa dimensão aproxima os estudantes da prática científica real, na qual resultados não são absolutos, mas dependem de margens de erro. Barbosa e Lima (2014) examinam que a Matemática, nesse contexto, não é só uma ferramenta para o cálculo, mas um meio de introduzir os alunos ao caráter provisório e testável do conhecimento científico.

Conjuntamente é necessário considerar os desafios formativos dos professores. Langhi (2011), ao analisar a realidade do Ensino de Astronomia no Brasil, aponta que a falta de preparo específico em Astronomia e em estratégias quantitativas limita a atuação docente, resultando em abordagens predominantemente descritivas. Esse quadro reforça a necessidade de formação continuada que contemple não apenas conteúdos astronômicos, também metodologias matemáticas aplicadas.

Em síntese, a Matemática, ao mediar o Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, contribui para transformar a observação em compreensão, e a curiosidade em raciocínio científico. Essa arbitragem aproxima os estudantes da natureza das Ciências, reafirmando o caráter estruturante da Matemática como linguagem do universo. Wigner (1960) já havido defendido que a surpreendente eficácia da linguagem matemática na formulação das leis da física constitui um dom fundamental para a Ciência Moderna.

Ao mostrar que fenômenos aparentemente distantes podem ser compreendidos por meio de equações, funções e relações geométricas, a escola cumpre o papel de integrar saberes, promovendo um aprendizado crítico, reflexivo e

¹⁴ Unidade Astronômica (UA) é a medida de distância média entre a Terra e o Sol, equivalente a aproximadamente 149.597.870,7 quilômetros. É utilizada com frequência na Astronomia para expressar distâncias dentro do Sistema Solar de forma mais prática.

epistemologicamente fundamentado. Essa articulação não se limita ao campo pedagógico, mas reflete a própria constituição histórica da Astronomia como ciência, cuja estrutura explicativa se desenvolveu em íntima relação com a Matemática. Conforme discute Ros (2013) ao abordar a harmonia e a modelização matemática do cosmos, a compreensão dos fenômenos celestes está ancorada em estruturas formais que permitem interpretar regularidades e prever movimentos. Do mesmo modo, os algoritmos sistematizados por Meeus (1998) evidenciam que o cálculo matemático constitui elemento central na determinação de posições, eclipses e ciclos astronômicos. A Matemática, portanto, não se apresenta como recurso acessório, mas como linguagem estruturante da própria inteligibilidade do universo.

3.2.1.2 Limites e potencialidades para a integração curricular

A análise conjunta da BNCC e das DCN revela tanto as conquistas quanto as fragilidades na inserção de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia no currículo da Educação Básica. Se, por um lado, há um reconhecimento crescente da importância desses campos para a formação científica e cultural dos estudantes, por outro, persistem desafios ligados à formação docente, disponibilidade de materiais didáticos e à própria articulação entre Matemática e Ciências no Universo. Sobre a formação docente, Bretones (2014), lembra-nos que:

Muitas vezes, a simples presença de conteúdos de Astronomia na educação básica fica à mercê da formação do professor. Em razão da falta de obrigatoriedade da presença de conteúdos astronômicos na formação inicial de professores, estes não se sentem preparados para lecionar o assunto. Contudo, não se pode negar a existência de esforços dos mais variados tipos para oferecer formação continuada a professores, no que concerne a conteúdos e metodologias de ensino. (Bretones, 2014, p. 401)

Nesse sentido, a falta de preparo docente ao longo da formação, aliada à escassez de materiais voltados ao Ensino de Astronomia em conjunto com a Matemática, evidencia limites e capacidades que esta pesquisa busca identificar. Tal análise se torna fundamental para embasar o próximo passo da dissertação: investigar de que maneira a Matemática se manifesta nos artigos acadêmicos sobre o Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia e em que medida esses trabalhos dialogam com as orientações oficiais e com os pressupostos epistemológicos que fundamentam a Ciência.

Partindo dessa interface, apesar da ausência de menções sobre Astrofísica e Cosmologia na BNCC, esta aponta os conteúdos da alçada astronômica como fundamentais na formação científica escolar, com o intuito de que o aluno seja capaz de “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” (Brasil, 2017, p. 553).

No entanto, sua implementação tem enfrentado fricções práticas – muitas vezes decorrentes da formação docente insuficiente ou da escassez de recursos didáticos estruturados. Conforme Langhi e Nardi (2005), muitos professores possuem dificuldades metodológicas ao ensinar Astronomia e recorrem a materiais inadequados, como livros com erros conceituais, ou limitam-se ao uso de conteúdos restritos da BNCC, sem fundamentação matemática consistente. Isso gera um hiato entre o prescrito curricular e a prática em sala de aula.

Ademais, relatos empíricos apontam que a abordagem da Astronomia tende a permanecer descritiva, com escassa exploração de escalas, proporcionalidades, incertezas e modelagem matemática – fatores que dificultam o desenvolvimento de uma compreensão integrada do fenômeno astronômico. Esse entrave implica que os estudantes acabam assimilando a Astronomia como um conjunto de fatos isolados e visualmente curiosos, sem perceberem suas conexões com os princípios físicos e matemáticos que estruturam o conhecimento científico. Consequentemente, reduz-se o potencial formativo dessa área no desenvolvimento do pensamento abstrato, da alfabetização científica e da capacidade de modelar fenômenos naturais.

Chevallard (2005), menciona em seu trabalho que a “desincretização do saber” ocorre quando um determinado objeto do saber é apresentado aos alunos de modo separado, estudando elementos de forma isolada e, em alguns casos, parte-se de um elemento/conteúdo mais simples e evolui ao complexo. Nesse viés, ensinar Astronomia, Astrofísica e Cosmologia de forma descritiva, pode acarretar uma aprendizagem deficitária aos alunos.

Nesse contexto, os artigos acadêmicos sobre o Ensino de Astronomia têm assumido um papel estratégico. Eles servem como uma fonte confiável de práticas, sequências didáticas e reflexões teóricas, muitas vezes substituindo a carência na formação docente. Pode-se mencionar o trabalho de Ribeiro (2021), que destaca a

interdisciplinaridade entre Astronomia e Matemática como convite ao pensamento crítico e pedagógico amplo.

Por outro lado, quando a Matemática é inadequadamente mobilizada ou subutilizada na mediação dos conteúdos astronômicos, ela pode se tornar um obstáculo ao Ensino – complexificando, em vez de esclarecer, o entendimento dos estudantes. Isso ocorre especialmente quando os conceitos astronômicos são apresentados sem projeções, escalas claras ou modelos quantitativos, gerando bloqueios cognitivos e conceituais.

Dessa forma, torna-se essencial investigar empiricamente como a Matemática está realmente presente nos artigos de Ensino de Astronomia, para entender se as propostas acadêmicas estão alinhadas com as demandas expressas pela BNCC, ou se mantêm o caráter superficial observado nas práticas escolares. Para Leite e Hosoume (2007, p. 66):

A Astronomia quando trabalhada no Ensino Fundamental, é desenvolvida de forma tradicional e apenas conceitual, e as representações dos elementos constituintes são abordadas, geralmente, apenas em forma de texto ou de imagens bidimensionais. Temos consciência de que a metodologia de aula não pode mais ser indicada tradicionalmente nos livros didáticos, pois ela já se revelou ser insuficiente. Devido à natureza abstrata do tema, ele deve, na medida do possível, ser vivenciado de forma prática e concreta. As propostas de ensino deste tema devem indicar a importância do conhecimento dos conceitos construídos intuitivamente, pois eles são a maneira de pensar das pessoas e deve, ser incorporados à estrutura e à metodologia das propostas de ensino (Leite; Hosoume, 2007, p. 66).

Por conseguinte, a Matemática aparece com uma dupla face no Ensino de Astronomia: quando bem articulada, constitui um instrumento de clareza e precisão conceitual; quando apresentada de forma abstrata e descolada do fenômeno, pode se transformar em obstáculo à aprendizagem. Essa ambivalência reforça a importância da presente pesquisa, que se propõe a examinar de que modo os artigos científicos de Ensino de Astronomia mobilizam a Matemática – e até que ponto essa mobilização dialoga com as orientações da BNCC e das diretrizes curriculares e a própria Ciência.

Em síntese, a análise desses artigos não se reduzirá à descrição dos conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, mas buscará compreender como a Matemática entra – ou não – como linguagem estruturante para tais Ciências. Essa investigação permitirá evidenciar tendências, lacunas e caminhos que aproximem a teoria curricular da prática pedagógica escolar.

Essa reflexão conduz naturalmente à próxima etapa da pesquisa, o capítulo 3, que é dedicado à metodologia adotada para identificar, analisar e interpretar

qualitativamente os artigos selecionados, utilizando a Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (2011) como referencial teórico-metodológico para traduzir discurso em diagnóstico crítico da presença ou ausência da Matemática nas publicações que se destinam ao Ensino de Astronomia.

4 CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A discussão empreendida nos capítulos anteriores, incluindo o percurso histórico da constituição da Astronomia enquanto campo científico intrinsecamente articulado à Matemática, permitiu pensar e refletir de que maneira a Astronomia, a Astrofísica e a Cosmologia são contempladas nos documentos educacionais normativos nacionais, como a BNCC para a Educação Básica e as DCN para a formação docente. Esse movimento evidenciou tanto a relevância desses campos do conhecimento para a Educação Básica quanto as lacunas existentes entre as prescrições curriculares e a prática pedagógica. Desse modo, torna-se necessário examinar como tais áreas vêm sendo abordadas na produção acadêmica em Ensino de Ciências, particularmente no que se refere à presença da Matemática como linguagem estruturante nos artigos de Ensino de Astronomia. É a partir dessa preocupação que se delineia a metodologia da presente pesquisa.

A presente pesquisa é de natureza qualitativa e bibliográfica. De acordo com Marconi e Lakatos (2014), a pesquisa bibliográfica pode se desenvolver a partir da análise de jornais, livros, periódicos e outros materiais escritos, permitindo o contato direto com o objeto de investigação por meio das fontes já publicadas. Sob essa ótica, este trabalho toma como *corpus* artigos científicos da área de Ensino de Ciências que abordam Astronomia, Astrofísica e Cosmologia em articulação com a Matemática, possibilitando uma aproximação crítica e sistematizada do tema a partir da literatura existente.

Além do caráter qualitativo, a investigação também se caracteriza como bibliográfica. Por ser qualitativa, busca interpretar e compreender significados presentes nos discursos acadêmicos. Como ressaltam Bogdan e Biklen (1994, p. 50), “a investigação qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o investigador como instrumento principal”. Assim, não se trata de mensurar quantitativamente a produção, mas de compreender de que forma a Matemática é mobilizada nos artigos, em quais contextos aparece e quais sentidos lhe são atribuídos no âmbito do Ensino de Ciências.

A seleção dos periódicos que compõem o *corpus* desta pesquisa apoia-se nos referenciais de Assai, Arrigo e Broietti (2018), que sublinham a importância da escolha criteriosa das fontes quando se trata de mapear produções científicas em áreas

específicas. Foram, assim, selecionados cinco periódicos consolidados na área de Ensino de Ciências: *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF); *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* (RELEA); *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC); *Física na Escola* (FnE) e *Educação Matemática Pesquisa* (EMP). A escolha desses periódicos justifica-se por sua relevância na disseminação de estudos que articulam o ensino de Ciências, Física e Matemática com a Astronomia. A RBEF e a FnE constituem espaços tradicionais de publicação de propostas didáticas e reflexões sobre o ensino de Astronomia em diferentes níveis de ensino. A RELEA, por sua vez, é o principal periódico latino-americano dedicado especificamente à Educação em Astronomia, reunindo pesquisas teóricas e empíricas da área. Já a RBPEC e a EMP ampliam o escopo da análise ao incluir abordagens interdisciplinares e investigações sobre formação docente, contribuindo para compreender como os conteúdos astronômicos são incorporados nas práticas pedagógicas e nos currículos de Ciências.

É importante reconhecer que a escolha metodológica de analisar artigos publicados apenas em cinco periódicos pode implicar certas limitações. Outras revistas, tanto nacionais quanto internacionais, também produzem pesquisas relevantes na interface entre Matemática e Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Contudo, a opção por esses periódicos foi intencional, pois se tratam de revistas consolidadas na área, amplamente reconhecidas pela comunidade acadêmica. Nesse sentido, embora o *corpus* não abarque toda a produção existente, ele representa um recorte suficientemente robusto para sustentar as análises propostas.

A seleção dos artigos ocorreu entre o período de 2018 e 2023. Justifica-se o recorte temporal definido para este estudo por dois fatores principais. Em primeiro lugar, a homologação da Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio que ocorreu em 2018, marco que redefiniu orientações para o Ensino de Ciências no Brasil. Além disso, o recorte escolhido assegura a análise de uma produção recente, que dialoga diretamente com as demandas curriculares.

Ao todo, foram revisados 2.016 artigos, publicados em diferentes edições desses periódicos. Após a leitura dos títulos, resumos e, em casos específicos, dos textos completos, foram selecionados 97 artigos que se enquadravam nos objetivos da investigação, isto é, que abordavam o Ensino de Astronomia, Astrofísica ou Cosmologia e, simultaneamente, apresentavam alguma articulação com a

Matemática. Inicialmente, foram lidos os títulos e resumos de todos os trabalhos disponíveis nos cinco periódicos analisados. Nos casos em que havia dúvida quanto à pertinência do conteúdo em relação aos objetivos desta pesquisa, realizou-se a leitura completa do artigo para verificar sua adequação. Já os artigos selecionados foram analisados integralmente, de modo a assegurar que nenhuma menção à Matemática ou às temáticas de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia fosse negligenciada. Esse procedimento garantiu maior precisão e confiabilidade ao *corpus* constituído. A Figura 2 apresenta as etapas para a seleção do corpus.

Figura 2 – Etapas de Construção e Análise do *corpus* da Pesquisa

1. Definição dos periódicos científicos a serem investigados, com base em sua consolidação e relevância acadêmica para o Ensino de Ciências: RELEA, RBEF, FnE, RBPEC e EMP.

2. Delimitação temporal do *corpus*, abrangendo publicações entre 2018 e 2023, a fim de contemplar a publicação acadêmica recente no campo da Educação em Astronomia e áreas correlatas.

3. Acesso individual a cada periódico e leitura integral dos índices de volumes e números, sem a aplicação de filtros automáticos, assegurando uma varredura abrangente e não tendenciosa.

4. Leitura analítica dos títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos, com seleção inicial daqueles que apresentavam potencial relação entre Astronomia, Astrofísica, Cosmologia e Matemática.

5. Realização da leitura completa dos artigos pré-selecionados, com uso de marca-texto digital para grifar expressões, conceitos e termos relevantes às categorias de investigação.

6. Registro sistemático dos artigos em planilha eletrônica, contendo informações como: título, autores, periódico, volume, número, ano, palavras-chave e conteúdos matemáticos presentes nos artigos.

7. Organização e armazenamento digital dos artigos selecionados em diretório específico, garantindo rastreabilidade, integridade e facilidade de consulta durante a análise qualitativa.

8. Categorização dos 97 artigos que compuseram o *corpus* final, segundo os eixos analíticos: (I) presença de cálculos ou modelagens; (II) complexidade matemática; (III) finalidade pedagógica; (IV) nível de ensino previsto pela BNCC; e (V) conteúdos astronômicos, astrofísicos e cosmológicos abordados.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Legenda: Fundo azul claro e azul escuro. Com escritos em preto:

Forma esquemática da construção e do processo do *corpus* da pesquisa

A Figura 2 apresenta, de forma esquemática, as etapas que compuseram o processo de construção e análise do *corpus* de pesquisa, organizado a partir de uma abordagem sistemática e criteriosa. O fluxograma evidencia as sucessivas fases adotadas, desde a definição dos periódicos a serem examinados até a categorização final dos artigos selecionados, permitindo visualizar o encadeamento lógico que sustentou a constituição do material empírico.

A primeira etapa refere-se à definição dos periódicos científicos que fundamentaram a análise. Foram selecionadas cinco revistas consolidadas na área de Ensino de Ciências — RELEA, RBEF, FnE, RBPEC, EMP — em razão de sua relevância acadêmica e continuidade editorial.

Em seguida, observa-se a delimitação temporal do *corpus*, compreendendo publicações entre os anos de 2018 e 2023. Esse recorte temporal teve por objetivo abarcar produções contemporâneas que refletem as tendências no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, bem como suas possíveis articulações com a Matemática.

A terceira e quarta etapas ilustram o acesso e leitura inicial dos periódicos, sem a utilização de filtros automáticos. Todos os volumes e números foram inspecionados manualmente, assegurando uma varredura abrangente e não tendenciosa. A leitura dos títulos, resumos e palavras-chave permitiu uma triagem preliminar dos artigos que apresentavam relação potencial com os objetivos da pesquisa.

Na sequência, a Figura 2 indica a leitura integral e análise detalhada dos artigos pré-selecionados, durante a qual foram empregados marca-textos digitais para destacar termos e expressões-chave. Paralelamente, procedeu-se ao registro sistemático das informações em uma planilha eletrônica, contemplando dados como título, autores, periódico, volume, número, ano de publicação, palavras-chave, conteúdos astronômicos abordados e natureza da abordagem matemática.

As etapas seguintes retratam a organização e armazenamento digital dos artigos em um diretório próprio, medida que visou garantir a rastreabilidade e a integridade do material analisado. Por fim, a última fase do fluxograma evidencia o

processo de categorização analítica, em que os 97 artigos que compuseram o *corpus* final foram classificados segundo cinco eixos principais.

Assim, a Figura 2 sintetiza visualmente a metodologia de construção do *corpus*, tornando explícitos os critérios, instrumentos e decisões que nortearam a seleção e análise dos artigos. Sua estrutura hierarquizada contribui para a compreensão do rigor metodológico adotado, evidenciando o percurso investigativo que sustenta os resultados discutidos nos capítulos subsequentes.

4.1 REFERENCIAL TEÓRICO-ANALÍTICO DA PESQUISA

O procedimento analítico-metodológico adotado para o tratamento do *corpus* foi a Análise de Conteúdo (AC), conforme sistematizada por Bardin (2011). A AC desenvolve-se em três etapas fundamentais: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados com inferência e interpretação.

Inicialmente, realizou-se o levantamento de 2.016 artigos publicados entre 2018 e 2023 nos cinco periódicos selecionados. Esse conjunto constituiu o universo inicial da pesquisa. A partir desse total, procedeu-se à etapa de pré-análise, que envolveu leitura exploratória dos títulos, resumos, palavras-chave e, quando necessário, do texto integral, com o objetivo de identificar artigos que abordassem conteúdos de Astronomia, Astrofísica ou Cosmologia.

Somente após essa primeira triagem temática iniciou-se o processo de seleção com base na presença da Matemática. Os artigos identificados como pertencentes ao campo das Ciências do Espaço foram analisados quanto à mobilização de elementos matemáticos, sendo classificados conforme apresentassem Matemática de forma explícita, por meio de cálculos, equações, modelagens ou representações formais; de forma implícita, quando sustentavam raciocínios quantitativos ou estruturas conceituais sem formalização desenvolvida; ou de forma ausente. Esse procedimento resultou na constituição do *corpus* final de 97 artigos.

Definiu-se como unidade de análise cada artigo selecionado. A unidade de registro foi composta pelas ocorrências da Matemática ao longo do texto, identificadas de maneira detalhada durante a leitura integral dos artigos. A codificação foi realizada artigo por artigo, permitindo mapear não apenas a presença da linguagem matemática, mas também seu grau de formalização, sua complexidade e sua função no interior das propostas. As categorias analíticas não foram estabelecidas a priori.

Elas emergiram progressivamente a partir das leituras sucessivas e da codificação sistemática, sendo refinadas à medida que padrões recorrentes se tornavam evidentes.

Conforme descrito, a unidade de análise correspondeu a cada artigo selecionado para compor o *corpus*. Já a unidade de registro foi definida como as ocorrências da Matemática ao longo do texto, identificadas de forma minuciosa durante a leitura integral de cada artigo. Essas ocorrências incluíam a presença de cálculos, equações, modelagens, representações gráficas, raciocínios quantitativos ou estruturas conceituais que mobilizassem conhecimentos matemáticos, ainda que sem formalização explícita.

A partir dessas unidades de registro, foram construídos indicadores analíticos, tais como: grau de formalização matemática, nível de complexidade dos conteúdos mobilizados, finalidade pedagógica da Matemática no contexto do artigo e nível de ensino ao qual a proposta se destinava. Esses indicadores permitiram estabelecer índices de recorrência e padrões internos ao *corpus*, possibilitando a identificação de aproximações e distanciamentos entre os artigos analisados.

As categorias analíticas, por sua vez, não foram previamente definidas, mas emergiram do contato sucessivo com o material, sendo refinadas à medida que a leitura avançava e que regularidades se tornavam evidentes. Esse movimento permitiu organizar os dados de maneira estruturada, articulando os registros empíricos ao referencial teórico adotado.

As inferências foram construídas a partir da interpretação desses padrões, buscando compreender não apenas a frequência das ocorrências, mas os sentidos atribuídos à Matemática nas produções analisadas e as formas pelas quais ela estrutura — ou não — as discussões sobre Astronomia, Astrofísica e Cosmologia no âmbito do Ensino de Ciências.

Em diálogo com a literatura da área e com as questões orientadoras da pesquisa, os registros foram organizados nas categorias apresentadas no Quadro 4, que sintetizam as dimensões estruturantes da análise.

Na etapa final, os dados foram tratados e interpretados à luz do referencial teórico adotado, permitindo compreender não apenas a frequência das ocorrências, mas os significados atribuídos à Matemática nas produções investigadas e as interfaces mais recorrentes entre Matemática e Ciências do Espaço no contexto do Ensino.

Quadro 4 – Categorias emergentes na AC do *corpus*

Categoria	Descrição
I	Presença explícita de cálculos, modelagens ou representações matemáticas.
II	Nível de complexidade matemática mobilizada (geométrica, algébrica, diferencial, estatística).
III	Finalidade pedagógica da Matemática (ilustração, desenvolvimento de competências, avaliação de dados).
IV	Nível de ensino previsto pela BNCC para o conteúdo matemático mobilizado.
V	Conteúdos astronômicos, astrofísicos e cosmológicos mobilizados nos artigos.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

As categorias apresentadas no Quadro 4 foram definidas com base na pré-análise dos artigos selecionados e no referencial teórico da pesquisa. Cada uma delas busca dar conta de aspectos específicos relacionados à presença e ao papel da Matemática nas propostas didáticas que envolvem conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. A categorização foi aplicada de forma sistemática a todos os artigos do *corpus*, permitindo identificar recorrências, padrões e particularidades na utilização da Matemática nesses contextos. A inclusão do nível de ensino segundo a BNCC, como uma das categorias, visa alinhar a análise aos documentos curriculares vigentes, permitindo avaliar a adequação das propostas ao contexto da Educação Básica brasileira. Dessa forma, as categorias funcionam como operadores analíticos que estruturam a leitura dos textos e sustentam a interpretação dos dados na etapa posterior da pesquisa.

A construção dessas categorias busca justamente evidenciar de que modo a Matemática aparece nos artigos de Ensino de Astronomia, indo além de trabalhos anteriores que se limitaram a identificar menções pontuais à disciplina. Embora estudos como Marrone Júnior e Trevisan (2009), Batista, Siemsen e Lorenzetti (2017), Fusinato e Oliveira (2018), Silva Gonçalves, Viveiro e Bretones (2023), tenham traçado o perfil da pesquisa em Ensino de Astronomia, poucos investigam de forma aprofundada como a Matemática se insere nessas discussões – especialmente à luz das orientações da BNCC e das DCN, diferencial central da presente dissertação. Logo, o presente trabalho pretende analisar os significados e as funções atribuídas à

Matemática, ressaltando sua presença como elemento estruturante da própria produção acadêmica em Ensino de Astronomia.

A escolha da AC, nesse sentido, justifica-se por sua capacidade de revelar padrões e lacunas no discurso, permitindo estabelecer relações entre a produção acadêmica e os documentos oficiais – BNCC e DCN. Conforme observa Bardin (2011, p. 41):

A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e/ou recepção dessas mensagens (Bardin, 2011, p. 41).

Trata-se, portanto, de um método adequado para mapear como o discurso acadêmico em Ensino de Ciências incorpora – ou negligencia – a Matemática em suas discussões sobre Astronomia, Astrofísica e Cosmologia.

Além do tratamento qualitativo, serão utilizados recursos descritivos, como tabelas e gráficos, de modo a apresentar a distribuição dos artigos por periódico, ano de publicação e categorias identificadas. Essa estratégia não se confunde com uma abordagem quantitativa, mas contribui para tornar mais visíveis as tendências, padrões e lacunas observadas no *corpus*. Dessa maneira, a análise dos 97 artigos selecionados busca não apenas responder à questão central da pesquisa, mas também oferecer subsídios para a formação docente e para a reflexão crítica sobre os modos de articular Matemática e Astronomia na Educação Básica. Os artigos que compõem o *corpus* foram codificados de forma alfanumérica – A01 a A97 – com o objetivo de facilitar a referência cruzada durante a análise e preservar a fluidez da escrita. A lista completa com os códigos e referências dos artigos encontra-se no Apêndice A. A Tabela 1 mostra o número de artigos selecionados com relação ao total de publicações por periódico entre 2018 e 2023.

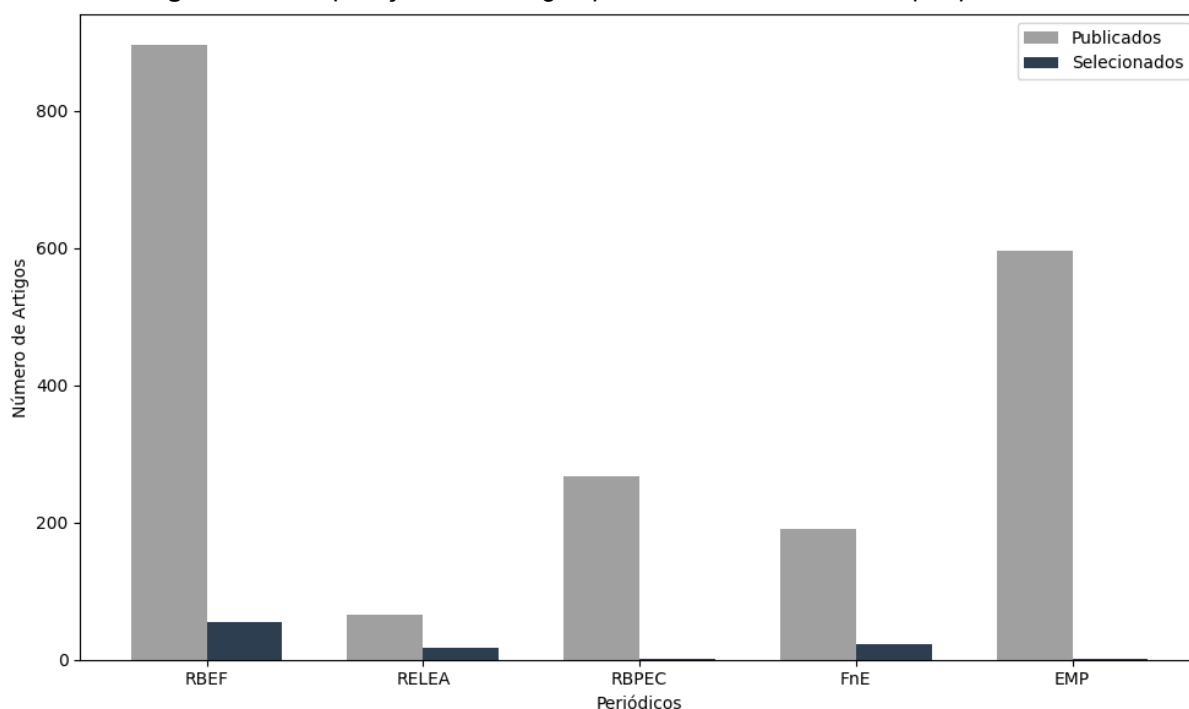
Tabela 1 – Artigos publicados, selecionados e percentual de aproveitamento por periódico

Periódico	Quantidade de artigos publicados	Quantidade de artigos selecionados	Percentual de aproveitamento
RBEF	896	54	6,02%
RELEA	66	17	25,75%
RBPEC	268	1	0,37%
FnE	190	23	12,10%
EMP	596	2	0,33%
Total	2016	97	4,81%

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

A Tabela 1 apresenta a distribuição dos artigos analisados por periódico, permitindo visualizar a representatividade de cada fonte na composição do *corpus*. Observa-se que a RBEF concentra a maior parte dos artigos publicados, dos quais 56 foram selecionados para esta pesquisa, correspondendo a 6,02% de aproveitamento. Embora o percentual seja relativamente baixo, a RBEF destaca-se por sua tradição na área e pelo volume expressivo de publicações. Em contraste, a RELEA, apesar de possuir apenas 66 artigos no período considerado, apresentou o maior índice proporcional de seleção 25,75%, evidenciando seu alinhamento temático com os objetivos desta pesquisa. Já os periódicos como a RBPEC e a EMP, mesmo com número considerável de artigos publicados, 268 e 596, respectivamente, tiveram aproveitamento mínimo, com apenas 0,37% e 0,33% dos artigos selecionados, o que sugere que a abordagem direta da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia ainda é pouco frequente nesses veículos. A FnE, por sua vez, apresentou um índice intermediário, com 12,10% de seleção, indicando relevância na divulgação de propostas didáticas voltadas ao Ensino de Astronomia.

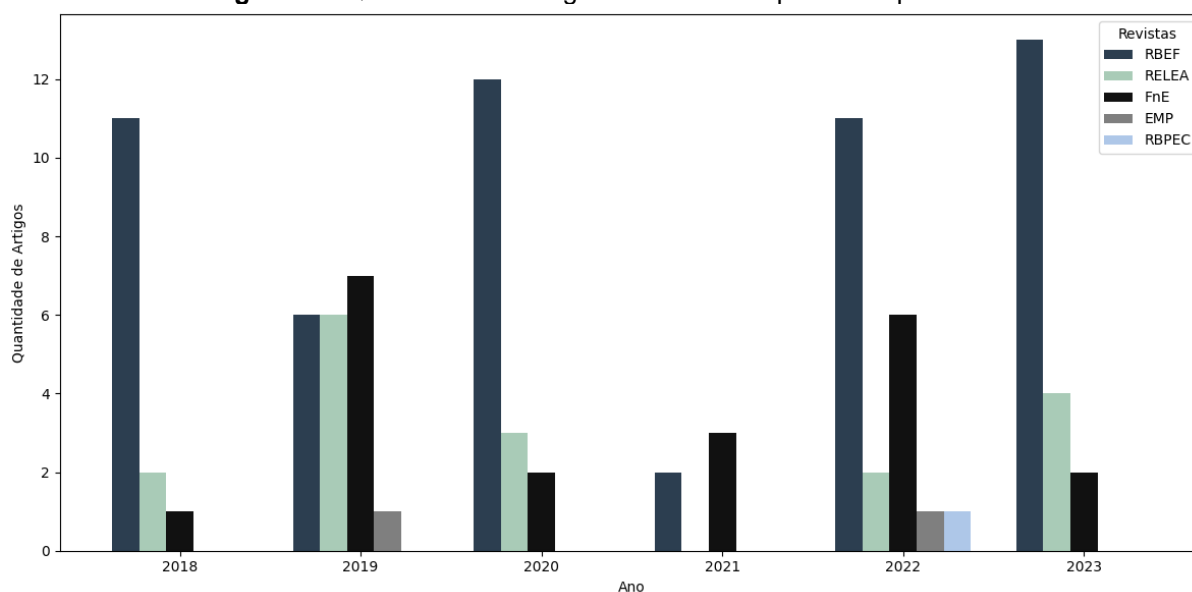
De modo geral, os dados reforçam a ideia de que a produção acadêmica sobre Astronomia e áreas correlatas, quando associada à Matemática, encontra espaço privilegiado em periódicos especializados como a RELEA, mas ainda aparece de forma restrita em revistas de caráter mais amplo na área de Ensino de Ciências e Matemática. A Figura 3, compara visualmente os totais publicados e os artigos selecionados, destacando a discrepância entre volume de publicação e relevância temática para os objetivos deste estudo.

Figura 3 – Comparação entre artigos publicados e selecionados por periódico

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Legenda: Relação da quantidade de artigos publicados e selecionados por periódico.

A Figura 3 compara o número total de artigos publicados por cada periódico no período em que a garimpagem dos dados foi realizada, evidenciando o número de artigos efetivamente selecionados para compor o *corpus* desta pesquisa. Observa-se que, embora a RBEF e a EMP apresentem altos volumes de publicação no período, a taxa de seleção foi relativamente baixa. Por outro lado, a RELEA, com apenas 66 artigos publicados, teve um percentual de aproveitamento significativamente maior, o que sugere uma maior aderência temática aos critérios definidos para esta investigação. Essa elevada taxa de aproveitamento está diretamente relacionada ao escopo da revista, que é voltada especificamente para a divulgação de pesquisas em ensino e popularização da Astronomia – área que constitui o cerne desta dissertação. Assim, a presença expressiva da RELEA no *corpus* reflete a convergência entre os objetivos editoriais do periódico e o recorte temático adotado na seleção dos artigos analisados.

Figura 4 – Quantidade de artigos selecionados por ano e periódico

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Legenda: Relação de artigos publicados por ano e periódico.

A Figura 4 ilustra a distribuição do número de artigos publicados entre os anos de 2018 e 2023 em cinco periódicos da área de Ensino de Ciências. Nota-se que a RBEF apresenta a maior concentração de publicações ao longo de todo o período, com destaque para o ano de 2020 com 12 artigos. Após uma redução em 2019, com 6 artigos, e uma queda mais acentuada em 2021, com 3 artigos, repara-se uma retomada em 2022 e 2023, indicando manutenção da centralidade do periódico no conjunto analisado.

A RELEA apresentou maior incidência em 2019, com 6 artigos, seguida por oscilações nos anos posteriores e ausência de publicações em 2021. Nos anos seguintes, verifica-se discreta retomada, ainda que sem atingir o patamar observado em 2019. Já a FnE apresentou comportamento variável ao longo do período, com maior número de publicações em 2019, quando registrou 7 artigos, e novo crescimento em 2022, com 6 artigos. Nos demais anos, os números mantiveram-se mais moderados, revelando certa irregularidade na distribuição.

Os periódicos EMP e RBPEC tiveram participação mais discreta no *corpus* analisado. A EMP registrou publicações apenas nos anos de 2019 e 2022, enquanto a RBPEC apresentou uma única ocorrência em 2022. Essa distribuição sugere menor incidência de trabalhos que articulam Matemática e Ciências do Espaço nesses periódicos, ao menos no recorte temporal considerado. De forma geral, os dados revelam concentração significativa das publicações na RBEF, seguida pela RELEA e pela FnE, o que evidencia a centralidade desses periódicos como principais veículos

de divulgação de pesquisas que envolvem Astronomia, Astrofísica e Cosmologia articuladas à Matemática no período analisado.

Nesse cenário, a metodologia aqui descrita forneceu os fundamentos para a construção do *corpus* e para a definição das categorias analíticas que orientam a investigação. Ao articular procedimentos qualitativos com recursos descritivos, buscou-se construir uma base sólida para compreender de que modo a Matemática é mobilizada nos artigos de Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Esse percurso metodológico permitiu não apenas organizar os dados de maneira sistemática, mas evidenciar tendências, lacunas e especificidades da produção acadêmica recente na área.

Faz-se necessário reconhecer que toda escolha metodológica implica limites, ainda assim, a opção por periódicos consolidados garante rigor e relevância ao *corpus*, favorecendo análises que dialogam diretamente com os debates mais atuais em Ensino de Ciências. Essa delimitação, portanto, deve ser vista não como restrição, mas como estratégia para dar profundidade à análise.

Concluída a etapa metodológica, o próximo capítulo será dedicado à análise dos dados obtidos. Nessa etapa, serão aplicadas as categorias construídas por meio da Análise de Conteúdo, de modo a identificar padrões, recorrências e singularidades na presença da Matemática nos artigos selecionados. A análise permitirá não apenas discutir em que medida a produção acadêmica tem contribuído para articular a Matemática ao Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, mas também observar como esses conteúdos são distribuídos entre os periódicos e em quais níveis de ensino se concentram, distinguindo a Educação Básica do Ensino Superior.

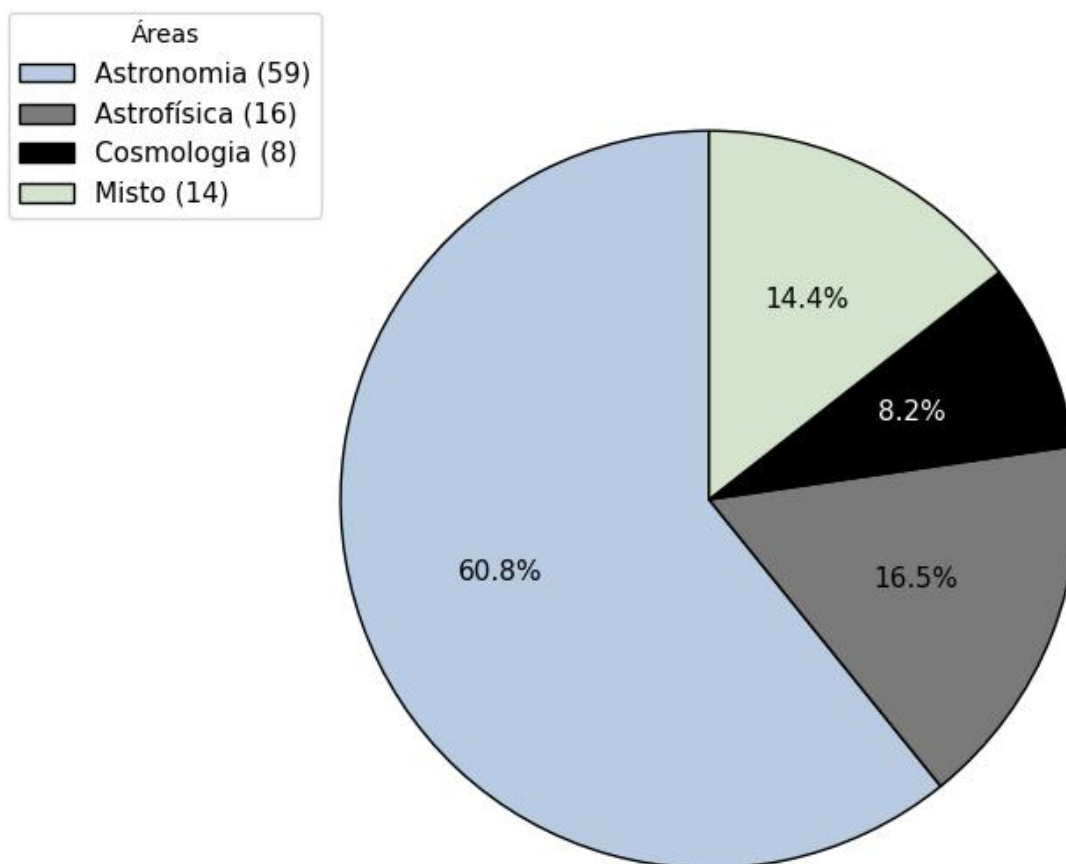
Ademais, será realizada a classificação dos conteúdos em Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, destacando o papel que a Matemática assume em cada uma dessas áreas e em que medida dialoga com as habilidades previstas pela BNCC. Esse movimento analítico busca, ao mesmo tempo, identificar as tendências e lacunas da produção científica, bem como avaliar de que forma os artigos podem auxiliar professores em sua prática, especialmente diante das conhecidas dificuldades de articular conteúdos matemáticos a fenômenos astronômicos. Assim, o capítulo seguinte propõe uma reflexão crítica e sistematizada que visa não apenas descrever, mas também problematizar os modos como a Matemática tem sido mobilizada no Ensino de Astronomia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos a partir da Análise de Conteúdo do *corpus* selecionado, composto por 97 artigos publicados entre 2018 e 2023 em cinco periódicos nacionais da área de Ensino de Ciências. Conforme o referencial metodológico adotado (Bardin, 2011), a análise foi organizada em três etapas — pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados — permitindo a construção de categorias que sistematizam os modos pelos quais a Matemática é mobilizada nos artigos de Ensino de Astronomia.

A apresentação dos resultados busca não somente descrever a frequência de ocorrência de elementos matemáticos, mas, sobretudo, interpretar padrões, tendências e lacunas na produção acadêmica, evidenciando como a Matemática é integrada — ou marginalizada — nos estudos sobre Ensino de Astronomia. Para tanto, os dados são organizados em eixos analíticos que contemplam: a caracterização geral do *corpus*, a presença e os tipos de linguagem matemática mobilizados, as funções atribuídas à Matemática, a relação com os níveis de ensino previstos na BNCC e os conteúdos astronômicos abordados. Essa organização permite articular os achados empíricos com as discussões teóricas e curriculares desenvolvidas nos capítulos anteriores.

Como primeiro movimento analítico, optou-se por caracterizar o *corpus* da pesquisa a partir da distribuição dos artigos segundo as áreas temáticas de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Essa escolha justifica-se por permitir uma visão panorâmica da natureza dos conteúdos abordados nas publicações, evidenciando em que medida cada uma dessas áreas tem sido contemplada no campo do Ensino de Astronomia. Tal caracterização inicial possibilita identificar tendências, assimetrias e possíveis concentrações temáticas, funcionando como base para as análises subsequentes relativas à presença e ao papel da Matemática nos artigos. Além disso, essa etapa contribui para problematizar a visibilidade — ou segregação — da Astrofísica e da Cosmologia em relação à Astronomia, aspecto que dialoga diretamente com as discussões realizadas nos capítulos anteriores acerca dos documentos oficiais e da formação docente.

Figura 5 – Distribuição de artigos por área temática

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Legenda: Quantificação dos artigos por área temática.

Os dados apresentados na Figura 5 evidenciam uma predominância expressiva de artigos classificados na área de Astronomia, que totalizam 59 trabalhos, correspondendo à maior parcela do *corpus* analisado. Em contraste, a Astrofísica aparece com 16 artigos e a Cosmologia com apenas 8, o que revela uma presença consideravelmente mais restrita dessas áreas nas publicações voltadas ao Ensino de Ciências. Ademais, identificaram-se 14 artigos classificados como mistos, nos quais conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia são abordados de forma articulada, sem que seja possível enquadrá-los de maneira exclusiva em uma única categoria.

Essa distribuição indica que a Astronomia, especialmente em sua dimensão mais observacional e descritiva, ocupa um espaço mais consolidado no contexto educacional e na produção acadêmica voltada ao ensino. Por outro lado, a menor incidência de artigos em Astrofísica e, sobretudo, em Cosmologia, sugere que essas áreas permanecem menos exploradas no campo do Ensino de Ciências, o que pode estar associado tanto à maior complexidade conceitual e matemática envolvida quanto à forma como esses conteúdos são tratados — de maneira implícita ou diluída — nos documentos oficiais, como a BNCC e as Diretrizes Curriculares Nacionais, que não explicitam tais campos como áreas específicas do conhecimento escolar.

Cabe ressaltar que a classificação adotada nesta pesquisa se fundamenta em distinções conceituais amplamente reconhecidas na literatura entre Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. De modo geral, a Astronomia é compreendida como a área voltada à observação e descrição dos corpos celestes e de seus movimentos; a Astrofísica dedica-se à interpretação física dos fenômenos astronômicos, mobilizando modelos e leis da Física para explicar propriedades e processos dos astros; e a Cosmologia, por sua vez, ocupa-se do estudo do universo em grande escala, abordando sua origem, estrutura e evolução (Aguiar, 2018; Alves-Brito; Cortesi, 2021).

Assim, foram considerados como trabalhos de Astronomia aqueles centrados majoritariamente em fenômenos como movimentos aparentes, Sistema Solar, fases da Lua e constelações. Os artigos classificados como Astrofísica enfatizam processos físicos associados aos corpos celestes, tais como evolução estelar, espectros, radiação, energia e propriedades físicas de estrelas e galáxias. Já os trabalhos enquadrados em Cosmologia são aqueles voltados à compreensão do universo em grande escala, incluindo temas como Big Bang, expansão do universo, matéria escura e energia escura. Os artigos classificados como mistos, por sua vez, evidenciam a interpenetração dessas áreas, articulando diferentes níveis de abordagem — observacional, física e cosmológica — em um mesmo trabalho.

Nesse sentido, a presença reduzida de artigos em Astrofísica e Cosmologia, quando comparada à Astronomia, reforça a percepção de que essas áreas, embora centrais para a compreensão contemporânea do universo, ainda ocupam um lugar secundário nas pesquisas voltadas ao Ensino. Esse resultado sugere uma possível lacuna entre os avanços científicos nessas áreas e sua incorporação sistemática nos currículos escolares e nas produções acadêmicas voltadas à formação docente.

Subsequentemente, investigou-se a distribuição dos artigos por área temática em cada periódico, com o objetivo de identificar em quais revistas se concentram as produções em Astronomia, Astrofísica, Cosmologia e aquelas de caráter misto. Esse cruzamento permite tanto mapear tendências editoriais, quanto problematizar o papel de cada periódico na difusão de conteúdos relacionados às ciências do espaço, contribuindo para orientar docentes e pesquisadores quanto às principais fontes de publicação e consulta em cada uma dessas áreas.

Tabela 2 – Distribuição dos artigos do corpus por área temática e periódico

Periódico	Astronomia	Astrofísica	Cosmologia	Misto	Total
RBEF	22	14	8	10	54
RELEA	13	2	0	2	17
FnE	21	0	0	2	23
EMP	2	0	0	0	2
RBPEC	1	0	0	0	1

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

A análise da Tabela 2 evidencia diferenças significativas entre os periódicos quanto à ênfase atribuída às áreas de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. A *Revista Brasileira de Ensino de Física* concentra o maior número de artigos do *corpus*, totalizando 54 trabalhos, sendo também o único periódico que apresenta produções em todas as categorias temáticas. Destacam-se, nesse conjunto, os artigos classificados como Astrofísica e Cosmologia, além de 21 trabalhos em Astronomia e 10 classificados como Misto. Esse resultado indica que a RBEF se configura como um espaço privilegiado para a publicação de pesquisas que transitam nas fronteiras entre Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, o que pode estar relacionado ao perfil editorial da revista e ao público a que se destina, majoritariamente vinculado à área da Física.

Esse padrão suscita a indagação sobre em que medida a concentração desses temas na RBEF está associada ao tipo de abordagem adotada nos artigos, especialmente no que se refere ao uso da linguagem matemática, questão que será aprofundada nas análises subsequentes, quando se examinará de forma mais sistemática a complexidade e as funções atribuídas à Matemática nos diferentes periódicos.

A *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, por sua vez, apresenta um total de 17 artigos no *corpus*, com predominância de trabalhos em Astronomia, presença reduzida de artigos em Astrofísica e dois trabalhos classificados

como Misto. A ausência de artigos classificados como Cosmologia sugere que, embora a revista seja especializada em Educação em Astronomia, há uma menor exploração de conteúdos cosmológicos, possivelmente em função do maior nível de abstração conceitual e do formalismo matemático frequentemente associados a essa área.

No caso da revista *Física na Escola*, nota-se forte concentração em Astronomia, totalizando 21 artigos, com ausência total de trabalhos classificados como Astrofísica e Cosmologia, além de apenas dois artigos na categoria Misto. Esse perfil sugere uma maior ênfase em conteúdos tradicionalmente associados ao Ensino de Ciências na Educação Básica, nos quais a Astronomia aparece com maior recorrência, enquanto temas como Astrofísica e Cosmologia tendem a ser menos explorados. Tal resultado levanta a hipótese de que essas áreas permanecem menos incorporadas às práticas e às pesquisas voltadas para a escola básica, questão que será discutida à luz da análise da Matemática mobilizada nos artigos.

A revista *Educação Matemática Pesquisa* apresenta apenas dois artigos no *corpus*, ambos classificados como Astronomia, o que revela uma presença bastante reduzida de conteúdo das Ciências do espaço na produção da área de Educação Matemática. Esse resultado sugere que, embora a Matemática seja reconhecida como linguagem estruturante das Ciências do espaço, a temática ainda ocupa um lugar marginal nas pesquisas publicadas nesse periódico.

Por fim, a *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* apresentou apenas 1 artigo que atendeu aos critérios do *corpus*, classificado como Astronomia. Esse dado reforça a baixa visibilidade das temáticas de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, articuladas à Matemática, no conjunto mais amplo das pesquisas em Ensino de Ciências.

De modo geral, os dados revelam que a distribuição temática dos artigos não é homogênea entre os periódicos, concentrando-se especialmente na RBEF quando se trata de Astrofísica e Cosmologia, e na FnE e na RELEA quando se trata de Astronomia. Esses padrões levantam questões relevantes sobre os critérios editoriais, os públicos-alvo das revistas e os tipos de abordagem privilegiados em cada espaço. Assim, ao invés de assumir previamente diferenças no grau de formalização matemática, a presente análise toma esses resultados como ponto de partida para investigar, de forma sequencial, de que modo a Matemática é efetivamente mobilizada

nos artigos e se há relações entre área temática, periódico e complexidade da linguagem matemática.

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos artigos por área temática e nível de ensino, permitindo visualizar tanto a concentração de cada área quanto sua inserção nos diferentes níveis educacionais. A inclusão dos totais por área e por nível de ensino possibilita uma análise comparativa, evidenciando padrões e assimetrias na produção acadêmica.

Tabela 3 – Distribuição dos artigos por área temática e nível de ensino

Área temática	Educação Básica	Ensino Superior	Formação de professores	Múltiplos níveis	Não especificado	Total
Astronomia	16	3	5	14	20	58
Astrofísica	4	4	2	1	5	16
Cosmologia	1	3	1	1	2	8
Misto	2	6	0	4	2	15
Total	23	16	8	20	29	97

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

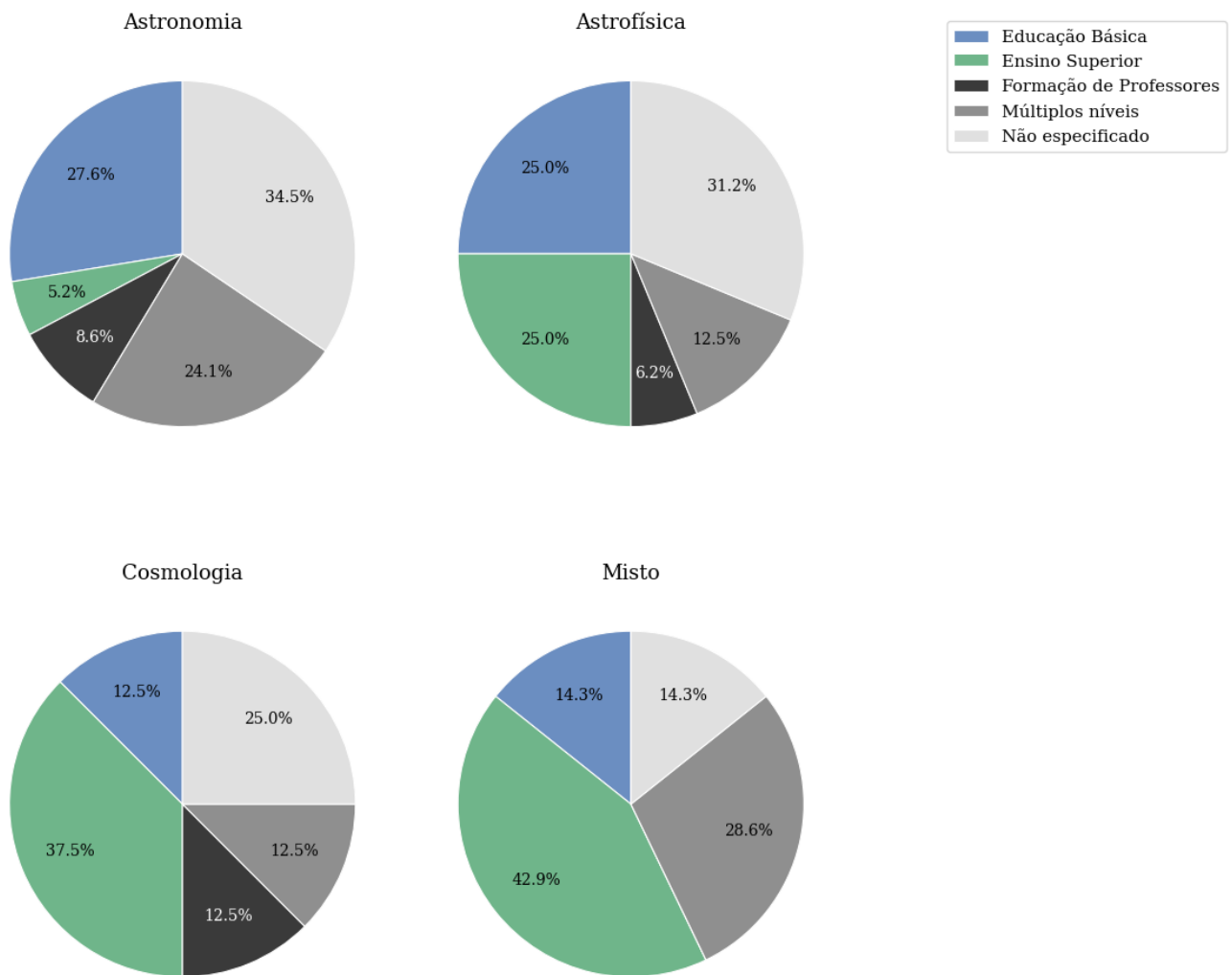
A análise da distribuição dos artigos por área temática e nível de ensino apresentada na Tabela 3 revela padrões consistentes que permitem compreender como a produção acadêmica em Ensino de Ciências tem situado a Astronomia, a Astrofísica e a Cosmologia em diferentes contextos formativos. Observa-se, de modo geral, uma clara assimetria entre essas áreas no que se refere ao público-alvo dos trabalhos, indicando que não apenas os conteúdos, mas também seus níveis de complexidade conceitual e matemática, influenciam diretamente sua inserção nos diferentes níveis educacionais.

No caso da Astronomia, que concentra 58 artigos, nota-se uma presença expressiva na Educação Básica, contabilizando 23 trabalhos, bem como uma forte incidência de artigos classificados como “múltiplos níveis” e “não especificado” contabilizando 49 artigos. Esse resultado reforça o papel historicamente atribuído à Astronomia como área privilegiada para a introdução de temas científicos no contexto escolar, frequentemente associada ao caráter observacional, à contextualização com fenômenos do cotidiano e ao potencial motivador que o céu e os corpos celestes exercem sobre estudantes (Langhi; Nardi, 2012; Canalle; Trevisan, 2010). A maior inserção da Astronomia na Educação Básica também dialoga com as orientações da BNCC, que contempla conteúdos relacionados à observação do céu, ao Sistema Solar e à posição da Terra no universo, favorecendo abordagens introdutórias e conceituais.

Em contraste, os 16 artigos classificados como Astrofísica e os 8 de

Cosmologia apresentam maior concentração no Ensino Superior e menor incidência na Educação Básica. No caso da Astrofísica, observa-se equilíbrio entre trabalhos voltados à Educação Básica e ao Ensino Superior, além de dois artigos voltados à formação de professores. Contudo, destaca-se a categoria “não especificado”, que contabiliza 5 artigos, o que sugere que parte dessas produções pode estar direcionada a um público mais especializado, ainda que isso não seja explicitado pelos autores. Já a Cosmologia apresenta predominância mais clara no Ensino Superior, totalizando 3 trabalhos, com presença residual de apenas 1 artigo na Educação Básica e 1 voltado à formação de professores. Esses resultados demonstram que conteúdos de Astrofísica e, sobretudo, de Cosmologia permanecem majoritariamente vinculados a contextos acadêmicos e universitários, possivelmente em função do maior grau de abstração conceitual e da dependência de modelos matemáticos e físicos mais sofisticados, conforme discutido na literatura sobre transposição didática no Ensino de Ciências (Ostermann; Moreira, 2000; Pietrocola, 2002).

Figura 6 – Distribuição e quantificação de artigos por área temática



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Legenda: Distribuição e quantificação de artigos por área temática.

A Figura 6 permite visualizar de modo mais imediato essas assimetrias, evidenciando a concentração da Astronomia em contextos mais próximos da Educação Básica e a predominância relativa da Astrofísica e da Cosmologia no Ensino Superior. A representação gráfica também torna evidente o peso da categoria “não especificado”, que atravessa todas as áreas temáticas, sugerindo uma fragilidade recorrente na delimitação do público-alvo das pesquisas. Esse dado revela uma fragilidade na caracterização das produções, indicando que parte significativa da literatura não explicita se os trabalhos se destinam à Educação Básica, ao Ensino Superior ou à formação de professores. Tal ausência de especificação pode dificultar a apropriação pedagógica dos resultados, uma vez que compromete a identificação

do contexto educacional ao qual as propostas e análises se dirigem, limitando seu potencial de aplicação didática (Bogdan; Biklen, 1994).

A categoria “múltiplos níveis” indica, por sua vez, uma tentativa de articulação entre diferentes contextos formativos, sugerindo que parte dos autores busca dialogar simultaneamente com a Educação Básica, o Ensino Superior e a formação de professores. Embora tal movimento possa ser interpretado como positivo, por favorecer uma visão integrada do processo formativo, ele também pode ocultar especificidades importantes de cada nível, especialmente no que se refere às exigências curriculares, às condições de ensino e ao papel da Matemática como linguagem mediadora dos conteúdos astronômicos.

Particularmente relevante para esta pesquisa é a baixa incidência de artigos voltados explicitamente à formação de professores. Esse dado evidencia uma lacuna significativa, considerando que a inserção qualificada de conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia na Educação Básica depende, em grande medida, da formação inicial e continuada dos docentes. Estudos na área de Ensino de Ciências têm apontado que fragilidades na formação específica em Astronomia e em Física Moderna constituem fatores recorrentes que limitam a abordagem desses temas na escola (Langhi; Nardi, 2007; Ostermann; Moreira, 2000). Nesse sentido, a escassez de trabalhos direcionados à formação docente pode contribuir para a manutenção de práticas que privilegiam conteúdos mais tradicionais, em detrimento de abordagens que integrem conceitos mais avançados e suas relações com a Matemática.

Os resultados apresentados sugerem, portanto, que a menor presença da Astrofísica e da Cosmologia na Educação Básica não pode ser compreendida apenas como consequência natural da complexidade desses campos, mas deve ser problematizada à luz das políticas curriculares, das diretrizes de formação docente e da própria produção acadêmica. Ao restringir majoritariamente esses conteúdos ao Ensino Superior, corre-se o risco de reforçar uma fragmentação entre o conhecimento científico contemporâneo e o currículo escolar, limitando o acesso dos estudantes da Educação Básica a discussões fundamentais sobre a estrutura e a evolução do universo.

Após a análise da distribuição dos artigos por área temática e por nível de ensino, torna-se necessário aprofundar a investigação para além do mapeamento quantitativo e descritivo do *corpus*. Embora esses primeiros resultados permitam compreender em que campos do conhecimento e em quais contextos educacionais

os trabalhos se concentram, eles ainda não evidenciam de modo direto como a Matemática é efetivamente mobilizada no interior dos artigos. Nesse sentido, faz-se imprescindível avançar para uma análise mais qualitativa, centrada no papel atribuído à Matemática, uma vez que é justamente essa dimensão que constitui o eixo central desta pesquisa.

5.1 A PRESENÇA DA MATEMÁTICA NOS ARTIGOS DO *CORPUS*

Nesta subseção, busca-se elucidar de forma sistemática como a Matemática se faz presente nos artigos que compõem o *corpus* da pesquisa, identificando não apenas sua ocorrência, mas as funções que lhe são atribuídas nos diferentes contextos de Ensino de Astronomia. Para tanto, os trabalhos foram examinados à luz de categorias que permitem distinguir entre diferentes formas de mobilização da linguagem matemática, tais como a presença explícita de cálculos, equações e modelagens, o uso implícito da Matemática por meio de gráficos, escalas, proporções e representações, bem como abordagens predominantemente conceituais, nas quais o formalismo matemático é minimizado ou ausente.

Essa análise possibilita compreender em que medida a Matemática atua como linguagem estruturante dos conteúdos científicos ou, ao contrário, assume um papel secundário, o que tem implicações diretas para a articulação entre esses campos do saber e para os desafios didáticos envolvidos em sua transposição para os diferentes níveis de ensino. O Quadro 5 apresenta a distribuição da Matemática nos artigos de Ensino de Astronomia.

Quadro 5 – Presença da Matemática nos artigos do *corpus*

Categoria	Frequência	Percentual	Artigos
Matemática explícita	58	58,34%	A01; A02; A03; A04; A05; A06; A07; A09; A10; A11; A12; A13; A14; A15; A16; A17; A18; A20; A21; A22; A23; A24; A26; A27; A28; A29; A30; A31; A32; A34; A35; A36; A39. A40; A43; A44; A45; A46; A47; A48; A49; A50; A51; A52; A57; A61; A62; A63; A64; A65; A66; A67; A70; A71; A84; A89; A95.
Matemática implícita	22	22,68%	A33; A38; A41; A53; A58; A60; A68; A69; A72; A73; A74; A76; A77; A78; A79; A80; A81; A83; A86; A87; A90; A94.

Matemática ausente	18	18,55%	A08; A19; A25; A37; A42; A54; A55; A56; A59; A75; A82; A85; A88; A91; A92; A93; A96; A97.
Total	97	100%	

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O Quadro 5 sistematiza a presença da Matemática nos 97 artigos que compõem o *corpus* da pesquisa, permitindo uma primeira aproximação quantitativa e qualitativa sobre o modo como essa linguagem científica é mobilizada nas produções analisadas. Observa-se que a maioria dos trabalhos, correspondente a 58 artigos, apresenta Matemática de forma explícita, isto é, com a presença direta de cálculos, equações, modelagens, gráficos, tabelas quantitativas ou procedimentos matemáticos claramente identificáveis no desenvolvimento do texto.

Esse resultado frisa que, em parcela significativa da produção acadêmica sobre Ensino de Astronomia, a Matemática não aparece apenas como um recurso periférico, mas como componente central para a construção dos argumentos, para a formalização dos conceitos e para a explicitação de modelos explicativos. Tal achado reforça a compreensão da Matemática como linguagem estruturante dessas áreas, conforme discutido na fundamentação teórica, na medida em que permite traduzir fenômenos físicos e astronômicos em representações formais que possibilitam maior precisão conceitual e rigor científico.

Por outro lado, identifica-se um conjunto expressivo de 22 artigos, nos quais a Matemática se faz presente de forma implícita. Nesses casos, embora não haja necessariamente o uso direto de fórmulas, equações ou procedimentos matemáticos explícitos, os textos mobilizam conceitos que pressupõem raciocínios matemáticos subjacentes, tais como noções de escala, proporção, grandezas, variação, ordem de magnitude ou relações quantitativas, sem que esses elementos sejam formalizados matematicamente. Essa forma de mobilização sugere uma tentativa de tornar os conteúdos mais acessíveis, especialmente em contextos educativos, ao mesmo tempo em que mantém uma base conceitual ancorada em estruturas matemáticas.

A presença significativa de Matemática implícita aponta para uma tensão recorrente no Ensino de Ciências: a busca por equilibrar a precisão conceitual com a necessidade de adequação didática aos diferentes níveis de ensino. Em muitos desses trabalhos, observa-se que a Matemática é utilizada como suporte conceitual, mas não é tematizada como objeto de ensino, o que pode contribuir para uma

abordagem mais qualitativa dos fenômenos, ainda que fundamentada em relações quantitativas subjacentes.

Por sua vez, 18 artigos foram classificados como apresentando Matemática ausente, isto é, sem a mobilização explícita ou implícita de procedimentos, conceitos ou estruturas matemáticas. Nesses trabalhos, predominam abordagens descritivas, históricas, conceituais ou pedagógicas, nas quais os fenômenos astronômicos, astrofísicos ou cosmológicos são discutidos prioritariamente por meio de narrativas qualitativas, analogias, descrições fenomenológicas ou reflexões didáticas, sem recorrer à formalização matemática.

Esse dado é particularmente relevante, pois evidencia que, mesmo em áreas cuja constituição epistemológica está fortemente ancorada em modelos matemáticos, há uma parcela não desprezível da produção acadêmica que opta por excluir a Matemática de suas análises e propostas didáticas. Tal resultado pode estar associado tanto a estratégias de simplificação pedagógica quanto a concepções que tendem a dissociar os conteúdos científicos de sua base formal, o que pode contribuir para uma fragmentação entre o ensino conceitual e o ensino matemático.

De modo geral, a distribuição apresentada no Quadro 8 revela que, embora a Matemática explícita seja predominante, há uma diversidade significativa de formas de mobilização dessa linguagem nos artigos analisados. Essa heterogeneidade sugere que não há um padrão único de integração entre Matemática e Ensino de Astronomia, mas sim diferentes concepções sobre o papel que a Matemática deve desempenhar nesses contextos educativos.

Assim, os resultados indicam a necessidade de aprofundar a análise, não somente considerando a presença ou ausência da Matemática, mas também investigando quais tipos de objetos matemáticos são mobilizados e quais funções essa linguagem assume nos artigos. Essa perspectiva permite avançar da dimensão meramente quantitativa para uma compreensão mais qualitativa e interpretativa, alinhada aos pressupostos da AC e aos objetivos desta pesquisa.

Ainda que o Quadro 8 permita visualizar a frequência e a forma geral de presença da Matemática nos artigos selecionados, essa classificação ainda não explicita quais tipos de conteúdos matemáticos são mobilizados nas produções analisadas. Considerando que a Matemática não constitui um bloco homogêneo, mas envolve diferentes objetos, procedimentos e níveis de formalização, torna-se

necessário aprofundar a análise, discriminando as naturezas específicas dos conteúdos matemáticos empregados.

Nesse sentido, o Quadro 6 apresenta a categorização dos tipos de Matemática identificados nos artigos, permitindo examinar com maior precisão se predominam, por exemplo, conteúdos algébricos, geométricos, estatísticos, trigonométricos, de proporcionalidade, entre outros. Essa etapa analítica possibilita mapear a diversidade dos recursos matemáticos mobilizados, e compreender como esses diferentes tipos de Matemática se articulam com os objetivos didáticos e epistemológicos dos artigos, contribuindo para uma caracterização mais refinada das relações entre Matemática e Ensino de Astronomia.

Quadro 6 – Tipos de objetos e procedimentos matemáticos identificados nos artigos de Ensino de Astronomia

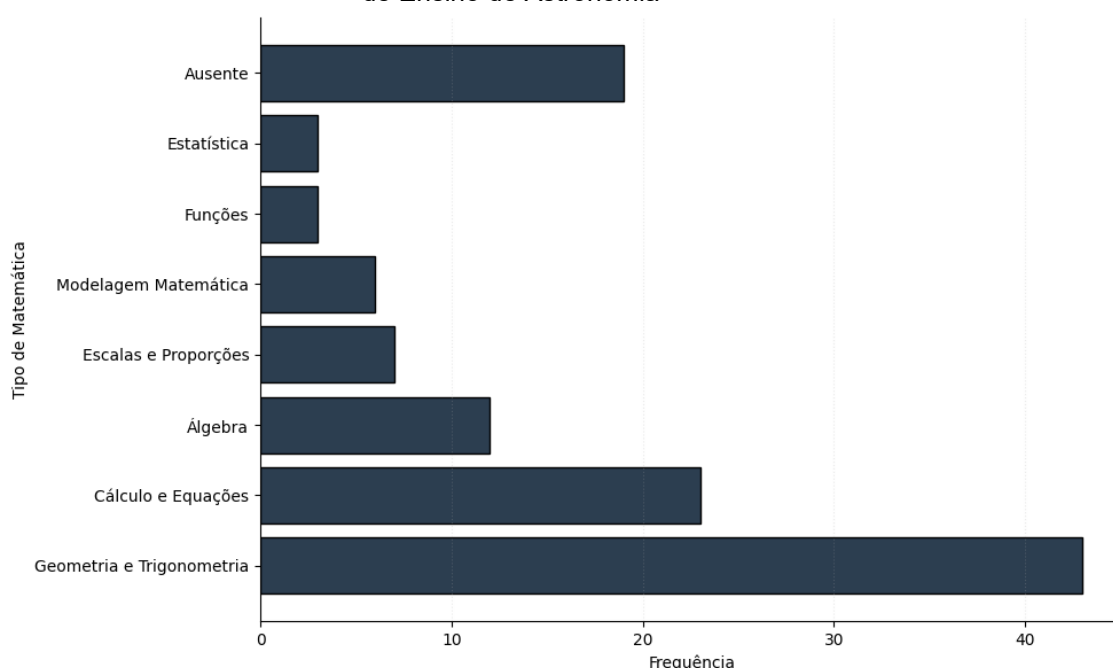
Tipo de Matemática	Frequência	Percentual	Artigos codificados
Escalas e proporções	7	6,03%	A01; A30; A32; A44; A73; A78; A87.
Álgebra	12	10,34%	A11; A20; A21; A30; A32; A50; A63; A69; A71; A73; A74; A83.
Geometria e Trigonometria	43	37,06%	A02; A03; A04; A07; A09; A14; A15; A16; A18; A23; A27; A28; A32; A34; A36; A39; A41; A43; A46; A47; A49; A51; A52; A53; A57; A61; A63; A64; A65; A66; A67; A68; A69; A71; A72; A76; A77; A79; A80; A83; A89; A94; A95.
Funções	3	2,58%	A10; A24; A45.
Estatística	3	2,58%	A35; A44; A86.
Cálculo e Equações	23	19,82%	A05; A06; A09; A12; A13; A17; A21; A22; A24; A26; A29; A30; A31; A33; A37; A40; A48; A50; A57; A58; A67; A68; A69.
Modelagem Matemática	6	5,17%	A21; A33; A60; A62; A70; A81.
Ausente	19	16,37%	A08; A19; A25; A37; A42; A54; A55; A56; A59; A75; A82; A85; A88; A90; A91; A92; A93; A96; A97.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O Quadro 6 aprofunda a análise da presença da Matemática no *corpus* ao discriminar os tipos de objetos e procedimentos matemáticos mobilizados nos artigos de Ensino de Astronomia. Cabe destacar, desde já, que as categorias não são mutuamente exclusivas, de modo que um mesmo artigo pode mobilizar mais de um tipo de Matemática, o que explica o fato de a soma das frequências ultrapassar o total

de artigos do *corpus*. Essa característica reflete a natureza integrada das práticas matemáticas no ensino de Astronomia, em que diferentes objetos e procedimentos frequentemente coexistem em uma mesma proposta didática ou investigação. A Figura 7 complementa o Quadro 9 ao representar graficamente a distribuição das categorias, evidenciando de forma visual a predominância e a assimetria em relação aos tipos de Matemática.

Figura 7 – Distribuição dos tipos de objetos e procedimentos matemáticos identificados nos artigos de Ensino de Astronomia



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Legenda: Distribuição dos tipos de Matemática e frequência nos artigos de Ensino de Astronomia

Observa-se uma forte predominância de Geometria e Trigonometria, presentes em 43 ocorrências, correspondendo a 37,06% das classificações. Esse resultado apresenta o papel estruturante desses domínios matemáticos na Astronomia, especialmente no tratamento de conceitos relacionados à representação espacial, ângulos, coordenadas celestes, paralaxe, movimentos aparentes dos astros, fases da Lua e estações do ano. Tal centralidade corrobora a literatura que aponta a Geometria como um eixo histórico e epistemológico fundamental da Astronomia, tanto no campo científico quanto em sua transposição para o contexto escolar (Kovacevic, 2019).

Em segundo lugar, destacam-se os conteúdos de Cálculo e Equações, com 23 ocorrências, 19,82%. Essa presença significativa sugere a mobilização de formalismos matemáticos mais densos, frequentemente associados a propostas

voltadas ao Ensino Superior ou a abordagens que incorporam modelizações físico-matemáticas mais sofisticadas. A recorrência dessa categoria indica uma aproximação mais direta com a tradição da Astrofísica e da Cosmologia, nas quais equações, relações funcionais e expressões matemáticas constituem ferramentas centrais para a descrição e explicação dos fenômenos.

A Álgebra aparece com 12 ocorrências, 10,34%, geralmente articulada a relações proporcionais, resolução de equações e formalização simbólica de leis e modelos. Seu uso revela o papel da Álgebra como linguagem intermediária entre a descrição qualitativa dos fenômenos astronômicos e sua formalização matemática, funcionando como instrumento de generalização e sistematização conceitual.

A categoria Escalas e Proporções, com 7 ocorrências, 6,03%, assume particular relevância conceitual no Ensino de Astronomia, ainda que com menor frequência relativa. A literatura aponta que a compreensão das escalas espaciais e temporais constitui um dos principais desafios epistemológicos da área, dada a discrepância entre a experiência cotidiana e as dimensões astronômicas (Comins, 2010; Barnett; Moran, 2002). Assim, a presença dessa categoria indica esforços didáticos para lidar com um obstáculo conceitual central, embora sua incidência relativamente reduzida sugira que esse aspecto ainda não é explorado de forma sistemática no *corpus* analisado.

As categorias Funções e Estatística apresentam baixa frequência, com 3 ocorrências cada, correspondendo a 2,58%. No caso das Funções, a presença limitada pode indicar uma exploração ainda restrita de relações dinâmicas entre variáveis astronômicas, apesar de seu potencial para modelar fenômenos periódicos, variações de luminosidade e relações temporais. A baixa incidência de Estatística é particularmente significativa, considerando que a Astronomia contemporânea é fortemente baseada na análise de dados, tratamento de incertezas e inferência estatística. Esse resultado sugere uma possível defasagem entre as práticas científicas atuais da Astronomia e sua transposição didática para o ensino.

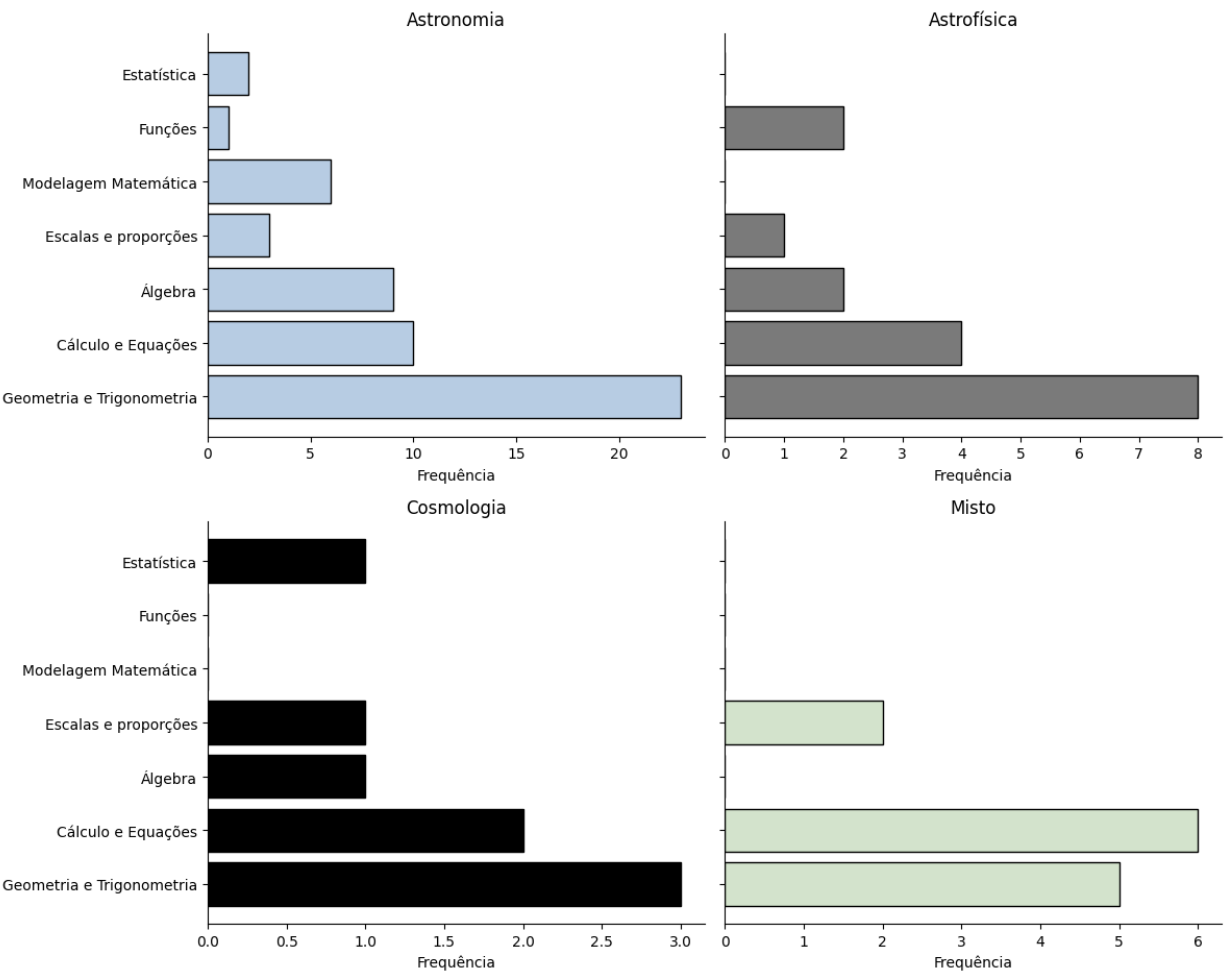
A Modelagem Matemática aparece em 6 ocorrências, totalizando 5,17%, indicando iniciativas que buscam integrar de forma mais explícita a construção e exploração de modelos. Ainda que sua presença seja relevante do ponto de vista epistemológico e didático, sua frequência ainda limitada sugere que a modelagem, enquanto estratégia estruturante para o ensino de Ciências, não ocupa um papel central nas propostas analisadas.

Por fim, a categoria Ausente, com 19 ocorrências, 16,37%, reafirma que uma parcela expressiva dos artigos não mobiliza explicitamente objetos ou procedimentos matemáticos, mesmo quando tratam de conteúdos de Astronomia. Esse dado suscita uma questão central para a área: em que medida o Ensino de Astronomia vem sendo desenvolvido de forma conceitualmente dissociada da Matemática, e quais são as implicações dessa separação para a compreensão aprofundada dos fenômenos astronômicos? Tal cenário pode refletir tanto opções pedagógicas por abordagens mais qualitativas quanto dificuldades históricas de integração curricular entre Matemática e Ciências (D'Ambrosio, 2001; Ponte; Brocardo; Oliveira, 2003).

Em conjunto, os dados do Quadro 9 revelam que, embora a Matemática esteja amplamente presente no *corpus*, ela se concentra fortemente em domínios tradicionais — especialmente Geometria, Trigonometria, Cálculo e Equações —, enquanto outros campos, como Estatística, Funções e Modelagem, permanecem sub-representados. Esse padrão insinua não apenas escolhas didáticas, mas concepções implícitas sobre quais tipos de Matemática são considerados mais “naturais” ou legítimos no Ensino de Astronomia, abrindo espaço para reflexões críticas sobre a ampliação e diversificação das abordagens matemáticas na área.

Com o objetivo de aprofundar a análise das relações entre área temática e complexidade matemática mobilizada, a Figura 8 apresenta o cruzamento entre os tipos de objetos e procedimentos matemáticos identificados nos artigos e sua classificação em Astronomia, Astrofísica, Cosmologia e Misto. Essa visualização visa salientar possíveis padrões diferenciados no uso da Matemática entre essas áreas, permitindo investigar se a Astrofísica e a Cosmologia tenderiam a mobilizar formas mais formais, abstratas e matematicamente sofisticadas do que a Astronomia, tradicionalmente associada a abordagens mais descritivas e observacionais. Ao organizar esses dados de forma comparativa, o gráfico não somente sintetiza informações já apresentadas no Quadro 9, mas opera como um instrumento analítico, favorecendo a identificação de tendências, contrastes e zonas de sobreposição entre as diferentes áreas.

Figura 8 – Distribuição dos tipos de matemática mobilizados segundo a área temática dos artigos



Fonte: Elaborado pela autora (2025)
Legenda: Gráficos produzidos a partir do cruzamento entre o Quadro 6 – Tipos de objetos e procedimentos matemáticos – e a classificação temática dos artigos.

A averiguação da Figura 8 expõe padrões consistentes e teoricamente relevantes na distribuição dos tipos de Matemática mobilizados entre Astronomia, Astrofísica, Cosmologia e artigos classificados como Misto. Mesmo que a Astronomia concentre numericamente a maior parte dos artigos do *corpus*, os dados denotam que essa área não se caracteriza exclusivamente por abordagens descritivas ou por uma Matemática de baixa complexidade. A presença expressiva de Geometria e

Trigonometria, bem como de Cálculo e Equações, revela que mesmo em trabalhos classificados como Astronomia há uma mobilização sistemática de instrumentos matemáticos formais, particularmente associados à determinação de posições, movimentos aparentes, relações angulares e interpretações quantitativas de fenômenos observacionais.

No caso da Astrofísica, o gráfico confirma a expectativa de uma maior densidade matemática, evidenciada pela presença significativa de categorias como Álgebra, Cálculo e Equações e Modelagem Matemática. Esse padrão é coerente com a natureza epistemológica da área, na qual a interpretação de dados, a formulação de modelos físicos e a inferência de propriedades de objetos celestes dependem fortemente de formalismos matemáticos mais elaborados. Apesar disso, a recorrência de Geometria e Trigonometria sinaliza que a Astrofísica articula diferentes níveis de formalização, combinando representações geométricas com ferramentas analíticas mais abstratas.

A Cosmologia, por sua vez, expressa um perfil ainda mais concentrado em categorias associadas a maior grau de abstração, especialmente Cálculo e Equações e Modelagem Matemática. Tal configuração reforça a interpretação de que conteúdos cosmológicos, por lidarem com escalas extremas, modelos teóricos e estruturas conceituais altamente abstratas, permanecem fortemente ancorados em formalismos matemáticos sofisticados. Essa decorrência dialoga diretamente com a menor inserção da Cosmologia na Educação Básica, conforme evidenciado no Quadro 7, sugerindo que a complexidade matemática constitui um dos principais fatores que mediam sua circulação nos diferentes níveis de ensino.

Os artigos classificados como Misto devem ser interpretados, nesse contexto, não como produções que apresentam maior complexidade matemática por transitarem entre áreas, mas principalmente porque mobilizam, de forma recorrente, conteúdos característicos da Astrofísica e da Cosmologia. A elevada incidência de Cálculo e Equações nesses artigos indica que o peso da Matemática decorre, sobretudo, da natureza dos objetos de conhecimento abordados, e não da articulação entre domínios. Assim, a categoria Misto opera, analiticamente, como um indicador indireto da presença de conteúdos astrofísicos e cosmológicos, os quais demandam maior formalização matemática.

Essa leitura consente compreender que a maior densidade matemática observada nos artigos Misto não se deve primariamente à interdisciplinaridade interna

entre Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, mas à incorporação de temáticas cuja explicação científica está estruturalmente vinculada a modelos matemáticos, equações diferenciais, relações funcionais e procedimentos de modelagem. Desse modo, o gráfico sinaliza que é a natureza epistemológica dos conteúdos — e não apenas sua classificação temática — que atua como principal determinante do nível de complexidade matemática mobilizado.

De forma mais ampla, a Figura 8 contribui para problematizar a dicotomia frequentemente implícita entre uma Astronomia supostamente mais descritiva e uma Astrofísica ou Cosmologia intrinsecamente matematizadas. Os dados evidenciam que, embora existam tendências claras, há sobreposições relevantes, com artigos de Astronomia também recorrendo a procedimentos matemáticos formais. Ainda assim, a concentração mais acentuada de Cálculo, Equações e Modelagem Matemática na Astrofísica, na Cosmologia e nos artigos Mistos reforça a interpretação de que essas áreas se constituem, no interior do Ensino de Ciências, como espaços nos quais a Matemática assume papel ainda mais central e estruturante.

Por fim, é fundamental destacar que um mesmo artigo pode ser classificado simultaneamente em mais de uma categoria de tipo de Matemática, o que explica por que as frequências não correspondem a uma partição exclusiva do *corpus*. Esse fator constitui um resultado analítico relevante, pois manifesta o caráter multifuncional da Matemática nessas produções, atuando simultaneamente como linguagem formal, ferramenta operacional e fundamento teórico-modelador. Tal sobreposição reforça a tese central do estudo: a Matemática não só acompanha os conteúdos astronômicos, astrofísicos e cosmológicos, mas também estrutura as formas de explicação, modelagem e produção de sentido científico.

5.1.1 Função pedagógica da Matemática no Ensino de Astronomia

Nesse momento, torna-se necessário avançar da dimensão dos conteúdos matemáticos para a compreensão das funções pedagógicas, epistemológicas e metodológicas atribuídas à Matemática no Ensino de Astronomia.

É nesse contexto que se insere o Quadro 7, que sistematiza as diferentes funções desempenhadas pela Matemática nos artigos examinados, permitindo esquadriñar a compreensão do papel que ela assume na organização dos

conteúdos, na explicação dos fenômenos e na estruturação das práticas de ensino e pesquisa.

Quadro 7 — Funções atribuídas à Matemática nos artigos analisados

Função da Matemática	Frequência	Artigos codificados
Ilustração contextual	32	A01; A02; A03; A04; A05; A06; A07; A11; A12; A16; A20; A21; A22; A23; A24; A32; A35; A38; A44; A46; A51; A61; A62; A63; A64; A65; A68; A71; A80; A82; A87; A90.
Ferramenta operacional de cálculo	16	A07; A12; A18; A39; A40; A41; A45; A52; A53; A57; A58; A67; A70; A72; A73; A77.
Linguagem formal de explicação científica	43	A01; A03; A04; A05; A06; A07; A09; A10; A11; A12; A13; A14; A15; A16; A17; A18; A21; A22; A23; A24; A26; A27; A28; A29; A30; A31; A34; A35; A36; A39; A43; A46; A47; A49; A50; A51; A62; A65; A66; A79; A84; A89; A95.
Fundamento teórico-modelador	50	A02; A03; A04; A05; A06; A07; A09; A10; A11; A12; A13; A14; A15; A16; A17; A18; A20; A21; A23; A24; A26; A27; A28; A29; A30; A31; A33; A34; A35; A36; A39; A40; A45; A47; A49; A50; A52; A57; A58; A60; A64; A65; A66; A67; A71; A79; A84; A85; A89; A95.
Presença marginal/implícita	22	A32; A38; A41; A44; A48; A53; A63; A68; A69; A70; A72; A74; A76; A77; A78; A80; A81; A85; A86; A87; A90; A94.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Para a construção do Quadro 7, foram considerados unicamente os artigos nos quais se identificou a presença explícita ou implícita de Matemática, sendo excluídos aqueles classificados na categoria Matemática ausente, uma vez que, nesses casos, não há elementos suficientes para analisar as funções atribuídas à Matemática no desenvolvimento das propostas.

A exploração do Quadro 7 prova, de forma consistente, que a Matemática assume múltiplas funções nos artigos investigados, não se restringindo a um papel único ou pontual. Ao contrário, os dados apresentam uma mobilização simultânea e articulada da Matemática, o que reforça sua condição de linguagem estruturante das produções em Ensino de Astronomia. Ressalta-se, desde já, que um mesmo artigo pode ser classificado em mais de uma categoria, uma vez que as funções atribuídas à Matemática não são excludentes, mas frequentemente coexistem no interior de uma mesma proposta ou discussão teórica.

A categoria Fundamento teórico-modelador, que apresenta a maior frequência, destaca-se como a função predominante atribuída à Matemática. Esse fruto indica que, na maior parte dos artigos, a Matemática não é só utilizada como instrumento

auxiliar, mas constitui o próprio arcabouço conceitual e formal a partir do qual os fenômenos astronômicos, astrofísicos e cosmológicos são descritos, modelados e compreendidos. Nessa perspectiva, a Matemática opera como base para a construção de modelos teóricos, equações e formalizações que sustentam a explicação científica, corroborando a ideia de que essas áreas do conhecimento são intrinsecamente dependentes da linguagem matemática para sua própria existência enquanto campos científicos.

De modo articulado, a elevada frequência da categoria Linguagem formal de explicação científica reforça esse papel estruturante. A existência expressiva dessa função realça que a Matemática é constantemente mobilizada como meio de explicitação conceitual, sendo utilizada para explicar fenômenos, estabelecer relações entre grandezas e conferir rigor às interpretações apresentadas. Assim, a Matemática não aparece exclusivamente como um recurso técnico, mas como linguagem científica propriamente dita, por meio da qual os argumentos são construídos, legitimados e comunicados no âmbito da produção acadêmica.

A categoria Ilustração contextual, com 32 ocorrências, sinaliza que a Matemática também é manuseada como recurso para contextualizar, exemplificar ou tornar mais inteligíveis determinados conceitos. Nesses casos, gráficos, esquemas, cálculos simples ou relações quantitativas são empregados para apoiar a compreensão dos fenômenos, aproximando o discurso científico de situações didáticas ou explicativas. Ainda que essa função possa parecer, à primeira vista, secundária, sua recorrência mostra que a Matemática inclusive exerce função fundamental na mediação entre conceitos abstratos e sua apresentação em contextos educativos.

A função Ferramenta operacional de cálculo, identificada em 16 ocorrências, esclarece o uso da Matemática como instrumento para a realização de procedimentos técnicos, tais como cálculos numéricos, conversões de unidades, aplicação direta de fórmulas ou resolução de equações. Apesar de menos frequente que as categorias estruturais, essa função salienta a participação da Matemática em sua dimensão mais operacional, reforçando seu papel na operacionalização de modelos e na obtenção de resultados quantitativos.

Por fim, a categoria Presença marginal/implícita, com 22 ocorrências, aponta para situações em que a Matemática está presente de forma subentendida, não explicitada diretamente por meio de equações ou procedimentos formais, mas

incorporada ao discurso científico, às unidades de medida, às noções de escala ou às relações quantitativas implícitas. Esse resultado é particularmente pertinente, pois sugere que, mesmo quando não tematizada de forma explícita, a Matemática permanece subjacente à construção do conhecimento, funcionando como um pano de fundo conceitual que sustenta as explicações apresentadas.

O conjunto desses resultados revela que a Matemática não desempenha um papel único nos artigos analisados, mas é mobilizada de maneira multifuncional e sobreposta. A recorrência simultânea das categorias fundamento teórico-modelador, linguagem formal de explicação científica e ilustração contextual revela que a Matemática atua, ao mesmo tempo, como base conceitual, como linguagem explicativa e como recurso didático. Esse padrão reforça empiricamente a tese de que a Matemática não pode ser compreendida como mero instrumento a serviço das Ciências do espaço, mas como componente estrutural da produção e da comunicação do conhecimento astronômico, astrofísico e cosmológico.

Do ponto de vista do Ensino de Ciências, esses achados também permitem problematizar o modo como a Matemática é incorporada nas propostas analisadas. Mesmo que sua centralidade seja evidente, observa-se que, em muitos casos, a Matemática é mobilizada como pressuposto, sem que seus elementos sejam explicitamente tematizados como objeto de ensino. Tal aspecto aponta uma tensão entre o papel epistemológico central da Matemática e sua abordagem pedagógica, indicando que, apesar de sua indissociabilidade científica, sua dimensão didática nem sempre é explorada de forma sistemática, o que pode representar um desafio para a formação docente e para a transposição didática desses conteúdos.

Os resultados apresentados ao longo desta seção realçam que a Matemática ocupa um papel estrutural e multifacetado nos artigos de Ensino de Astronomia analisados, configurando-se não somente como um recurso instrumental, mas como linguagem constitutiva da produção de significados científicos nesses campos. A análise integrada das categorias facultou averiguar padrões consistentes quanto à presença, aos tipos de objetos matemáticos mobilizados, às incumbências, à Matemática e à articulação desses elementos com as áreas temáticas e os níveis de ensino, revelando regularidades e assimetrias que possuem implicações relevantes para o Ensino de Ciências.

De modo geral, observou-se que a Astronomia apresenta maior inserção na Educação Básica, enquanto a Astrofísica e, sobretudo, a Cosmologia concentram-se

predominantemente no Ensino Superior. Esse modelo dialoga com as orientações da BNCC, que contempla, no componente curricular de Ciências e na área de Ciências da Natureza, conteúdos relacionados à observação do céu, ao Sistema Solar, aos movimentos da Terra e a fenômenos astronômicos de caráter mais descritivo e introdutório, especialmente nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio (Brasil, 2018). Tais diretrizes favorecem a inserção da Astronomia como campo privilegiado para a contextualização de conceitos científicos e para o desenvolvimento do interesse dos estudantes, o que contribui para explicar sua maior presença nos artigos voltados à Educação Básica.

Em contrapartida, os resultados indicam que conteúdos de Astrofísica e Cosmologia permanecem fortemente associados a contextos acadêmicos e universitários, nos quais se observa maior mobilização de objetos matemáticos relacionados a Cálculo, Equações Diferenciais, Álgebra e Modelagem Matemática. Esse achado sugere que a complexidade conceitual e o grau de formalização matemática, característicos dessas áreas, atuam como fatores que restringem sua inserção em níveis escolares, o que pode reforçar a percepção de que tais conteúdos pertencem prioritariamente ao domínio da formação superior. Tal configuração levanta questões importantes acerca dos limites e das possibilidades de transposição didática desses saberes para a Educação Básica, especialmente considerando que a própria BNCC enfatiza a necessidade de articulação entre conhecimentos científicos, raciocínio matemático e compreensão de modelos explicativos no Ensino de Ciências (Brasil, 2018).

A análise dos tipos de Matemática mobilizados revelou ainda a predominância de Geometria e Trigonometria, seguidas por Cálculo e Equações, o que indica que a abordagem de fenômenos astronômicos, astrofísicos e cosmológicos recorre predominantemente a representações espaciais, relações angulares, escalas e modelos matemáticos formais. Esse molde reforça o caráter profundamente geométrico e escultor dessas áreas, ao mesmo tempo em que enfatiza que a Matemática não aparece de forma homogênea, mas distribuída de acordo com a natureza dos fenômenos abordados e com os objetivos pedagógicos dos artigos.

No que se refere às funções atribuídas à Matemática, os resultados apontam para uma sobreposição significativa de categorias, indicando que, em grande parte dos artigos, a Matemática atua simultaneamente como linguagem formal de explicação científica, fundamento teórico-modelador e recurso de ilustração

contextual. Essa multiplicidade de funções insinua que a Matemática é mobilizada de modo integrado, não podendo ser reduzida a um papel meramente operacional ou acessório. Ao contrário, os dados assinalam que ela se constitui como elemento indissociável da construção dos conceitos e da explicação dos fenômenos, especialmente nos trabalhos que tratam de Astrofísica e Cosmologia.

Esse conjunto de indícios autoriza problematizar a relação entre a presença da Matemática e a repartição temática e institucional dos artigos. A centralização de produções em Astrofísica e Cosmologia em periódicos mais próximos da área da Física, bem como sua maior associação ao Ensino Superior, propõe que a Matemática pode funcionar, concomitantemente, como condição de possibilidade e como barreira para a circulação desses conteúdos em contextos escolares. Tal tensionamento designa para desafios cruciais no campo do Ensino de Ciências, no que diz respeito à formação de professores e à elaboração de propostas didáticas que possibilitem a abordagem de conteúdos mais abstratos e formalizados sem comprometer a compreensão conceitual dos estudantes.

Outrossim, o expressivo volume de artigos que não explicitam o nível de ensino a que se destinam reforça a necessidade de maior clareza, por parte dos autores, quanto ao público-alvo e aos contextos formativos de suas propostas. Essa ausência de especificação pode dificultar a apropriação pedagógica dos trabalhos por professores da Educação Básica, especialmente no que se refere à adequação do nível de complexidade matemática às orientações curriculares e às condições reais de sala de aula, conforme preconizado pela BNCC (Brasil, 2018).

Dessa forma, os resultados desta pesquisa revelam que a Matemática não somente estrutura o modo como os conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia são apresentados, todavia, contribui para delimitar os espaços institucionais e os níveis de ensino nos quais esses saberes circulam. Ao evidenciar os padrões de mobilização da Matemática e suas articulações com as áreas temáticas, esta análise oferece subsídios para refletir sobre os desafios da integração entre Matemática e Ciências no Ensino, bem como sobre a necessidade de estratégias formativas que ampliem as possibilidades de inserção de conteúdos astrofísicos e cosmológicos na Educação Básica, em consonância com as diretrizes curriculares nacionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação foi estruturada em quatro capítulos, organizados de modo a conduzir o leitor do problema de pesquisa à síntese analítica dos resultados. O primeiro capítulo — *A Matemática como linguagem estruturante do conhecimento científico* — discutiu a centralidade da Matemática na constituição epistemológica da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, salientando que a matematização não representa mero recurso instrumental, mas condição histórica e conceitual de possibilidade da ciência moderna. O segundo capítulo — *A presença da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia na BNCC e nas DCN que orientam os conteúdos das licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Matemática* — analisou a inserção das Ciências do universo nos documentos curriculares e nas diretrizes de formação docente, enfatizando convergências e tensões entre prescrição normativa e efetiva organização formativa. Essa análise documental constituiu um referencial interpretativo fundamental para a leitura dos dados empíricos, ao evidenciar que, embora a BNCC contemple habilidades relacionadas à Astronomia — frequentemente articulando conteúdos de Astrofísica e Cosmologia sem explicitá-los nominalmente —, as DCN não apresentam menções diretas a esses campos, ao mesmo tempo em que privilegiam a Matemática como eixo estruturante, o que permitiu problematizar como tais aspectos se refletem na produção acadêmica analisada. O terceiro capítulo — *Caminhos metodológicos da pesquisa* — elucidou os fundamentos da Análise de Conteúdo segundo Bardin (2011), detalhando as etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento e interpretação dos dados, garantindo rigor analítico e sistematicidade na construção das categorias. O quarto capítulo — *Resultados e discussão* — sistematizou os dados obtidos a partir das categorias construídas, articulando-os ao referencial teórico adotado. A pesquisa partiu de um levantamento inicial de 2.016 artigos publicados entre 2018 e 2023 em cinco periódicos nacionais consolidados na área — *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF), *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* (RELEA), *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC), *Física na Escola* (FnE) e *Educação Matemática Pesquisa* (EMP). O recorte temporal decorre, sobretudo, da delimitação do *corpus* a esses periódicos em suas edições atuais, buscando captar tendências

contemporâneas da produção acadêmica nacional. A inclusão da revista EMP — vinculada ao campo específico da Educação Matemática — foi decisiva para a configuração do recorte, pois possibilitou averiguar a interface entre Matemática e Ciências do Espaço a partir de um periódico cujo foco é a discussão didático-epistemológica da Matemática. A partir da aplicação de critérios rigorosos de inclusão e exclusão, o *corpus* final foi constituído por 97 artigos que articulavam conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia com elementos matemáticos passíveis de análise sistemática, o que permitiu uma leitura aprofundada das formas de mobilização da linguagem matemática nessas produções.

O objetivo central consistiu em analisar como a Matemática é articulada nessas produções, identificando seus modos de presença, os tipos de objetos matemáticos acionados e as funções atribuídas a ela no desenvolvimento das propostas. A justificativa da pesquisa assentou-se na compreensão de que a Matemática constitui linguagem estruturante das Ciências do Espaço — condição reconhecida tanto na epistemologia da ciência quanto na literatura do Ensino de Ciências (Koyré, 1981; Kuhn, 1997; Pietrocola, 2002). Nesse horizonte, a Matemática não é concebida como adorno formal ou técnica auxiliar, mas como sistema simbólico que organiza, modela e confere inteligibilidade aos fenômenos astronômicos. Apesar dessa centralidade, não foi possível identificar, na produção acadêmica recente da área, um mapeamento sistemático que tornasse explícita a forma como a Matemática se manifesta nas produções de Ensino de Astronomia; nesse sentido, a análise realizada nesta pesquisa buscou contribuir para o preenchimento dessa lacuna, oferecendo uma tipologia analítica que evidencia padrões recorrentes e funções estruturais.

Os resultados demonstram que a Matemática está presente na maioria dos artigos analisados, seja de forma explícita — por meio de equações, modelagens, relações geométricas e formalizações —, seja de modo implícito, sustentando raciocínios quantitativos e estruturas conceituais. A categoria *linguagem formal de explicação científica* apresentou elevada incidência, indicando que a Matemática opera como eixo organizador da argumentação e da construção conceitual. A categoria *fundamento teórico-modelador* reforça esse achado, revelando que, especialmente em trabalhos relacionados à Astrofísica e à Cosmologia, a formalização matemática constitui a própria estrutura explicativa dos fenômenos abordados, não sendo dissociável do conteúdo científico tratado.

A predominância de objetos vinculados à Geometria e à Trigonometria, seguida por Cálculo e Equações Diferenciais, mostra-se coerente com a natureza dos conteúdos das Ciências do Espaço, que envolvem movimentos orbitais, escalas astronômicas, relações espaciais e processos físicos descritos matematicamente. Esses resultados confirmam que a Matemática funciona como espinha dorsal da organização conceitual desses campos, sustentando desde descrições geométricas elementares até modelagens mais sofisticadas, e evidenciam que diferentes níveis de formalização coexistem nas propostas investigadas.

Ao mesmo tempo, a análise revelou assimetrias significativas. A Astronomia apresenta maior presença na Educação Básica, enquanto Astrofísica e Cosmologia concentram-se predominantemente no Ensino Superior. Essa organização sugere que o grau de formalização matemática exigido por determinadas temáticas influencia imediatamente sua circulação curricular e didática. Essa confirmação conversa com a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), que enfatiza competências investigativas e modelagem nas Ciências da Natureza, mas cuja operacionalização, no cotidiano escolar, nem sempre contempla conteúdos de maior densidade matemática ligados às fronteiras contemporâneas da ciência.

A análise dos currículos de Física, Matemática e Biologia reforça esse quadro. Observou-se forte presença da Matemática como eixo estruturante da formação científica, especialmente nos cursos de Física e Matemática, o que ressalta a solidez da base formal na formação inicial. Entretanto, conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia não aparecem de modo consistente na formação docente. Esse descompasso ajuda a compreender a dificuldade de consolidação dessas áreas na Educação Básica, não apenas por ausência de base matemática, mas pela fragilidade da formação específica em Ciências do Espaço. A questão que emerge não é a falta de Matemática nos currículos, mas a insuficiente articulação entre essa base matemática e os conteúdos astronômicos na formação dos professores, indicando a necessidade de integração curricular mais intencional e estruturada.

Nesse viés, os dados obtidos nesta pesquisa indicam a existência de uma tensão significativa entre a produção acadêmica em Ensino de Astronomia e as condições curriculares da Educação Básica. Observou-se que, sobretudo nos trabalhos vinculados à Astrofísica e à Cosmologia, a Matemática mobilizada apresenta elevado grau de formalização, constituindo a própria estrutura explicativa dos fenômenos abordados. Tal característica reafirma o estatuto epistemológico da

Matemática como linguagem constitutiva das Ciências do Espaço. Entretanto, essa densidade formal nem sempre encontra correspondência nos conteúdos previstos para a Educação Básica, seja no âmbito das Ciências da Natureza, seja na organização da Matemática escolar, e menos ainda na articulação integrada entre ambas.

Desse modo, o desafio não reside simplesmente na ampliação da presença de Astrofísica e Cosmologia nas licenciaturas, mas na reflexão sobre como mediar, didaticamente e curricularmente, a distância entre a estrutura matemática da ciência contemporânea e as possibilidades concretas de sua abordagem na escola. Embora os artigos analisados possam servir como referência teórica e fonte de aprofundamento para docentes, sua complexidade formal ilustra a urgência de processos de tradução pedagógica que tornem essa ciência acessível sem descaracterizar sua base conceitual.

Ou seja, a centralidade da Matemática, apresentada nos artigos analisados, demonstra que há base conceitual para tal integração; o desafio reside em transformá-la em prática formativa e curricular, superando a fragmentação entre saber disciplinar e saber pedagógico.

Como limitações, reconhece-se o recorte temporal de 2018 a 2023 e a concentração em periódicos específicos, fatores que delimitam o alcance das conclusões apresentadas e não esgotam a totalidade da produção nacional. Ainda assim, o estudo abre possibilidades para investigações que esquadrinhem a compreensão das articulações entre Matemática e Ensino de Astronomia, especialmente no que se refere às implicações formativas, às escolhas didáticas e às dinâmicas curriculares que atravessam a formação docente.

Em suma, esta dissertação demonstra, com base em análise sistemática e fundamentada teoricamente, que a Matemática ocupa posição estruturante no Ensino de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia na produção acadêmica analisada. Ao evidenciar padrões, assimetrias e lacunas, o estudo contribui para o campo do Ensino de Ciências ao oferecer subsídios para a reflexão curricular e para a formação de professores, especialmente no que se refere à tensão entre a estrutura matemática constitutiva das Ciências do Espaço e as condições concretas de sua abordagem na Educação Básica. Simultaneamente, reafirma o caráter epistemologicamente indissociável entre formalização matemática e compreensão dos fenômenos do universo, revelando que o desafio pedagógico não consiste em atenuar essa

formalização, mas em construir mediações que tornem possível sua tradução didática sem descaracterizar a natureza da ciência envolvida.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Ricardo Rechi. Tópicos de astronomia, astrofísica e cosmologia na 1ª série do ensino médio como parte integrante de um projeto curricular diferenciado de Física. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 25, p. 51–70, 2018.
- ALVES-BRITO, Alan; CORTESI, Ariane. Complexidade em Astronomia e Astrofísica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, n. Suppl 1, p. e20200418, 2021.
- ARRUDA, S. M.; TEIXEIRA, O. P. Representações do sistema solar por alunos do ensino fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 85-100, 2003.
- ASSAI, Natany Dayani de Souza; ARRIGO, Viviane; BROIETTI, Fabiele Cristiane Dias. Uma proposta de mapeamento em periódicos nacionais da área de ensino de ciências. **Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 150-166, 2018.
- BARBOSA, J. A.; LIMA, M. E. A. O uso da incerteza e erro experimental no ensino de Física e Astronomia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1402, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BARNETT, Michael; MORRAN, Judy. Addressing children's alternative frameworks of the moon's phases and eclipses. **International journal of science education**, London, v. 24, n. 8, p. 859-879, 2002.
- BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polonia Altoé; DE OLIVEIRA, Aline Alves. Astronomia nos livros didáticos de ciências do ensino fundamental I. **Ensino & Pesquisa**, Maringá, v. 16, n. 3, 2018.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BORGES DO NASCIMENTO, F.; COMPIANI, M. Significados da formação contextualizada no ensino da astronomia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 24, n. 1, 2025.
- BOYER, C. B. **História da Matemática**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher. 2012.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 dez.

1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES nº 1.301/2001, de 6 de novembro de 2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas, bacharelado e licenciatura. Brasília, DF: MEC, 2001. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES nº 1.302/2001, de 6 de novembro de 2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Matemática, bacharelado e licenciatura. Brasília, DF: MEC, 2001. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES13022.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES nº 1.304/2001, de 6 de novembro de 2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física, bacharelado e licenciatura. Brasília, DF: MEC, 2001. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

BRETONES, P. S. A formação de professores e o ensino de Astronomia: desafios e perspectivas. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 18, p. 397-411, 2014.

BRETONES, Paulo Sergio. **Disciplinas introdutórias de astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. 187 f. Dissertação (Mestrado em Educação Aplicada à Geociências) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. 1999. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1590499>. Acesso em: 24 dez. 2024.

BUNGE, Mario Augusto. **Epistemologia: curso de atualização**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1987.

BURTON, D. M. **A History of Mathematics: An Introduction**. 6. Ed. New York: McGraw-Hill, 1985.

BURTT, E. A. **As bases metafísicas da ciência moderna**. Universidade de Brasília, 1983.

CANALLE, João Batista Garcia; TREVISAN, Ruy César. Ensino de Astronomia no Brasil: panorama atual e desafios. In: LONGHINI, Marcos Daniel (Org.). **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Átomo & Alínea, 2010. p. 19–42.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** 2. Ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHATTERJEE, R. Fundamental Concepts of History of Mathematics. **Research Review**, Ahmedabad, v.6, n.7, p.43-59, 2021.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: Del Saber Sábido Al Saber Enseñado**. Tradução de Claudia Gilman, 3.ed. Buenos Aires: Aique grupo Editor, 2005.

CLAGETT, Marshall. **Ancient Egyptian science: a source book**. Philadelphia: American Philosophical Society, 1989.

COHEN, I. Bernard; DA COSTA, Maria Alice Gomes. **O nascimento de uma nova física**. Lisboa: Gradiva, 1988.

COMINS, Neil F.; KAUFMANN III, William J. **Descobrimdo o universo**. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CURY, C. R. J. A base nacional comum curricular: desafios e possibilidades. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 39, n. 142, p. 45-64, 2018.

DA PONTE, João Pedro; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações matemáticas na sala de aula**. São Paulo: Autêntica Editora, 2003.

DA SILVA GONÇALVES, Paula Cristina; VIVEIRO, Alessandra Aparecida; BRETONES, Paulo Sergio. Um panorama institucional das pesquisas sobre educação em astronomia no Brasil. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 125-151, 2023.

D'AMBROSIO, Ubiratan. In my opinion: What is ethnomathematics, and how can it help children in schools?. **Teaching children mathematics**, Reston, v. 7, n. 6, p. 308-310, 2001.

DE ARAÚJO, Mariana. Leis de Kepler. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 2, n. 1, 2014.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DOLL JR, William E. **A post-modern perspective on curriculum**. New York: Teachers College Press, 1993.

EVANS, J. **The History and Practice of Ancient Astronomy**. New York: Oxford University Press, 1998.

FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. São Paulo: Loyola, 2011.

FERNANDES, Telma Cristina Dias. **O ensino de astronomia em uma vertente investigativa a partir de histórias problematizadoras: o que emerge da fala de professores após experiência em sala de aula**. 2013. 293 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13916> . Acesso em: 20 fev. 2025.

FORÇA, Ana Claudia et al. A evolução dos instrumentos de observação astronômica e o contexto histórico-científico. **Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-9, 2007.

GALILEI, Galileu. **Il Saggiatore: Edição anotada editada por Michele Camerota e Franco Giudice**. Milano: HOEPLI EDITORE, 2023.

GAMA, Leandro Daros; HENRIQUE, AB de. Astronomia na sala de aula: por quê. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, v. 9, n. 6, 2010.

GARMS, Marco Antonio; CALDAS, Iberê Luiz. Síntese das leis de Kepler. **Revista Brasileira de ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. e2316, 2018.

GASPERI, Wlasta N. H. de; PACHECO, Edilson Roberto. A história da matemática como instrumento para a interdisciplinaridade na educação básica. Curitiba: Secretaria de Estado da Educação do Paraná, 2007. (Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE). Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/701-4.pdf>. Acesso em: 26 out. 2025.

HEATH, T. L (Ed.). **The thirteen books of Euclid's Elements**. New York: Dover Publications, 1956.

IACHEL, Gustavo. **Os caminhos da formação de professores e da pesquisa em ensino de astronomia**. 2013. 201 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências, Bauru, 2013. Disponível em: [Os caminhos da formação de professores e da pesquisa em ensino de astronomia](#). Acesso em: 17 nov. 2025.

JÚNIOR, J. M.; TREVISAN, Rute Helena. 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**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p. 547-574, 2009.

KOVACEVIC, MILENKO SCHIAVETTI BASILIO. Geometria esférica: um estudo da interposição entre Matemática e Astronomia. **Revista de Produção Discente em Educação Matemática**, São Paulo, v. 8, n. 1, 2019.

KOYRÉ, A. **Do mundo fechado ao Universo Infinito**. Tradução de José A. de F. Garcia. São Paulo: Editora Itatiaia, 1981.

KOYRE, A. **Estudos de história do pensamento científico**. São Paulo: Forense Universitaria, 1982.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LAKATOS, I. **A metodologia dos programas de pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1978.

LANGHI, R. Concepções alternativas em Astronomia: diagnóstico e implicações para o ensino. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 11, p. 31-48, 2011.

LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 2, p. 75-91, 2005.

LANGHI, R.; NARDI, R. Educação em Astronomia: repensando a formação de professores. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 14, p. 1-18, 2012.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia: repensando a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 131-146, 2010.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino de Astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4402-1–4402-11, 2009.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Trajetórias formativas docentes: buscando aproximações na bibliografia sobre formação de professores. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 7-28, 2012.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 4, p. 47-68, 2007.

LEITE, Cristina; HOSOUME, Yassuko. Erros conceituais em livros didáticos de Ciências: o caso da Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 3, p. 295–308, 1999

LINDE, Andrei. **Inflationary cosmology after Planck 2013**. arXiv, 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1402.0526>. Acesso em: 24 fev. 2026.

LONGAIR, M. S. **Theoretical Concepts in Physics: An Alternative View of Theoretical Reasoning in Physics**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa na escola**. Curitiba: CRV, 2017.

MASOLA, Wilson de Jesus; ALLEVATO, Norma Suely Gomes. **Matemática: o “calcanhar de Aquiles” de alunos ingressantes na Educação Superior**. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul, 2014.

MEEUS, Jean. **Astronomical algorithms**. 2. ed. Richmond, VA: Willmann-Bell, Inc., 1998.

MITRA, A. N. Mathematics: the language of science. **Current Science**, Bengaluru, v. 103, n. 11, p. 1262-1267, 2012.

NASA. Dictionary. Goddard Space Flight Center. **Imagine the Universe!** Disponível em: https://imagine.gsfc.nasa.gov/resources/dict_ad.html. Acesso em: 09 jul. 2025.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Science: Universe Glossary** Disponível em: <https://science.nasa.gov/universe/glossary/a-g/>. Acesso em: 09 jul. 2025.

NEUGEBAUER, Otto. **The exact sciences in antiquity**. New York: Dover Publications, 1969.

NEWTON, Isaac. **Philosophiae naturalis principia mathematica**. London: G. Brookman, 1833.

NORTH, John. **Cosmos: an illustrated history of astronomy and cosmology**. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. A física moderna e contemporânea no ensino médio: desafios e possibilidades. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 267–285, 2000.

PASACHOFF, J. M.; FILIPPENKO, A. V. **The Cosmos: Astronomy in the New Millennium**. 5. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 119–136, 2002.

PIMENTEL, Ronaldo; MOREIRA-DOS-SANTOS, Frederik. Sobre a efetividade da matemática nas ciências naturais: uma abordagem pragmática estruturalista. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, p. e20190297, 2020.

RIZZUTI, C. B. Ensino de Astronomia: mediação matemática como eixo estruturante. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 23, p. 65–77, 2017.

ROS, Rosa Maria. **La música de las esferas: Astronomía y matemáticas**. Barcelona: RBA Coleccionables, S.A., 2010. ISBN 978-84-473-6979-9.

ROVELLI, C. **A realidade não é o que parece: a estrutura elementar das coisas**. São Paulo: Planeta Brasil, 2016.

RYDEN, Barbara. **Introduction to Cosmology**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

SIEMSEN, Giselle Henequin; LORENZETTI, Leonir. Pesquisa em ensino de astronomia para o ensino médio. **Actio: docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 185–207, 2017.

SILVA, Wender da Rocha. **Astronomia: motivando o ensino da matemática**. Orientador: Flavio Antônio dos Santos. 2009. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Câmpus Cora Coralina, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, GO, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.ueg.br/jspui/handle/riueg/3355>. Acesso em 13 ago. 2025.

SOSTISSO, Alessandra Fabian; DE FARIAS, Aline Gonçalves; DE OLIVEIRA, Michele Cristina. **A matemática no ensino da astronomia**. In: EREMATSUL — Encontro Regional dos Estudantes de Matemática da Região Sul, 2010, Porto Alegre. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em:

<https://ebooks.pucrs.br/edipucrs/acessolivre/anais/erematsul/minicursos/matematica/noensinodaastronomia.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2026.

TEGMARK, M. The mathematical universe. **Foundations of Physics**, Estados Unidos, v. 38, n. 2, p. 101-150, 2008.

THORNE, K. S. **A guerra dos buracos negros**. Rio de Janeiro: Record, 2017.

TOLENTINO, R. S.; LEAL, D. A. A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA NA VIDA DO SER HUMANO. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. 463–478, 2024.

TREVISAN, R. H. Atuação do grupo de Astrofísica da UEL e sua ampliação na criação da comissão de ensino de Astronomia junto a SAB. In: **I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – SNEA 2011**, 2011, Rio de Janeiro. Anais Rio de Janeiro: Sociedade Astronômica Brasileira, 2011. p. 1–15. Disponível em:

https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011_M1_Trevisan.pdf. Acesso em: 24 fev. 2026.

VERNIER, J. Astronomical periodic phenomena and mathematical functions: educational perspectives. **International Journal of Science Education**, London, v. 31, n. 12, p. 1635-1652, 2009.

VIANA NUNES, M.; ALMOULOU, S.; GUERRA, R. B. O contexto da História da Matemática como organizador prévio. **Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 23, n. 35B, p. 537-562, 2010.

WIGNER, E. P. The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences. **Communications in Pure and Applied Mathematics**, Hoboken, v. 13, n. 1, p. 1-14, 1960.

**APÊNDICE A – CODIFICAÇÃO E REFERÊNCIA DOS ARTIGOS CONSTITUINTES
DO CORPUS**

Código	Referência do artigo	Área Temática
A01	LIMA, José Ademir Sales; SANTOS, Rose Clivia. 100 anos da cosmologia relativística (1917–2017). parte i: Das origens à descoberta da expansão universal (1929). Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, 2018.	Cosmologia
A02	COSTA, Ivan Ferreira da; MAROJA, Armando de Mendonça. Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local. Revista brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 1, p. e1501, 2018.	Astronomia
A03	CATELLI, Francisco; GIOVANNINI, Odilon; HOFFMANN, Paula. Um problema didático: como determinar ângulos de paralaxe trigonométrica. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 1, p. e1306, 2018.	Misto
A04	COSTA, Francisco Ernandes Matos. Compreendendo o universo numa perspectiva newtoniana. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 2, p. e2308, 2018.	Cosmologia
A05	SILVA, Gival Pordeus da. Estimando parâmetros cosmológicos a partir de dados observacionais. Revista	Cosmologia

	Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 2, p. e2318, 2018.	
A06	MARTINS, Flavio Avila Correia; ZANOTELLO, Marcelo. Mecanica celeste e a teoria dos sistemas dinamicos: uma revisao do problema circular restrito de tres corpos. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 2, p. e2310, 2018.	Astronomia
A07	GARMS, Marco Antonio; CALDAS, Iberê Luiz. Síntese das leis de Kepler. Revista Brasileira de ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 2, p. e2316, 2018.	Astronomia
A08	ARTHURY, Luiz HM; TERRAZZAN, Eduardo A. A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 3, p. e3403, 2018.	Astronomia
A09	ANTUNES, Camila A.; GALHARDI, Vinícius B.; HERNASKI, Carlos A. As leis de Newton e a estrutura Espaço-temporal da Mecânica Clássica. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 3, p. e3311, 2018.	Astronomia
A10	FLOQUET, Sergio et al. C^* -Álgebras e a Descrição da Mecânica Quântica. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, n. 3, p. e3303, 2018.	Astrofísica
A11	AMORIM, Ronni Geraldo Gomes de et al. Uma abordagem física dos números perplexos. Revista Brasileira de Ensino	Astronomia

	de Física, São Paulo, v. 40, p. e3309, 2018.	
A12	MACEDO, Gabriel da Silva; ROBERTO JUNIOR, Artur Justiniano. Aplicação do Problema Restrito de Três Corpos no estudo do movimento de astros do sistema solar. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 40, p. e4311, 2018.	Astronomia
A13	SANTANA, Ademir Eugenio de. Espaço, tempo e estruturas das teorias do movimento. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 41, n. 1, p. e20180145, 2019.	Astronomia
A14	VELÁSQUEZ-TORIBIO, Alan Miguel; OLIVEIRA, Marcos Venícios. Primeiro modelo matemático da cosmologia: as esferas concêntricas de Eudoxo. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 41, n. 2, p. e20180096, 2019.	Cosmologia
A15	BANDECCHI, M.; HORVATH, J. E.; BRETONES, P. S. O equilíbrio estelar e a existência de uma massa máxima para as estrelas. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 41, n. 3, p. e20180250, 2019.	Astrofísica
A16	SOUZA, Alexandre Araujo de; VALIO, Adriana. Estudo da atividade estelar da Kepler-289 a partir da modelagem de trânsitos planetários. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 41, n. 4, p. e20180323, 2019.	Astrofísica

A17	RIBEIRO, Eduardo VS; CUADROS-MELGAR, Bertha; CARDOSO, Flavia R. Geração de soluções exatas em Relatividade Geral através do Método de Kerr-Schild. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 41, n. 4, p. e20180350, 2019.	Misto
A18	BANDECCHI, M.; BRETONES, P. S.; HORVATH, J. E. O equilíbrio e a estrutura estelar em uma abordagem simples: a Seqüência Principal. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 41, n. 4, p. e20190031, 2019.	Astrofísica
A19	ALMEIDA, Carla R. A pré-história dos buracos negros. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20200197, 2020.	Misto
A20	HORVATH, Jorge Ernesto. Alguns conceitos no ensino da Cosmologia que quase sempre levam a confusão. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20200130, 2020.	Cosmologia
A21	LEITE, Ibson José Maciel et al. Análise de crateras lunares como ferramenta alternativa para o ensino de física e astronomia. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20190158, 2020.	Astronomia
A22	SILVA-OLIVEIRA, Walas; SALES, Dinalva A.; LAZO, Matheus J. Astronomia como ferramenta lúdica para o ensino de física: teoria cinética dos gases através de aglomerados de estrelas. Revista	Misto

	Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 42, p. e20190054, 2020.	
A23	VELÁSQUEZ-TORIBIO, Alan Miguel; OLIVEIRA, Marcos. Discutindo o modelo de Ptolomeu e sua equivalência com o modelo de Copérnico. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20190293, 2020.	Astronomia
A24	SANTOS, Wytler Cordeiro dos; MAGALHÃES, Rafael dos Santos. Efeito Doppler gravitacional na órbita da estrela S2 em torno do buraco negro massivo Sgr A* no centro da Via Láctea. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20200336, 2020.	Astrofísica
A25	FERREIRA, Marcello et al. Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 43, p. e20210157, 2021.	Astrofísica
A26	ADERALDO, Vinicius S.; GONÇALVES, Victor P. Uma introdução à evolução do Universo segundo sua geometria e composição. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20200050, 2020.	Misto
A27	GONCALVES, Victor Paulo; LAZZARI, Lucas da Silva. Uma introdução às estrelas estranhas. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20200032, 2020.	Astrofísica

A28	SANTOS, Caio Matheus Fontinele dos et al. Uma proposta didático-matemática para o uso da escala de Planck: dos fótons aos buracos negros. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20190350, 2020.	Astrofísica
A29	ACEÑA, Andrés. Una estrella bien simple. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 42, p. e20200332, 2020.	Astrofísica
A30	HORVATH, J. E. Subsídios para uma discussão da formação das estrelas na sala de aula. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 43, p. e20210237, 2021.	Astrofísica
A31	ALVES-BRITO, Alan; CORTESI, Ariane. Complexidade em Astronomia e Astrofísica. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 43, n. Suppl 1, p. e20200418, 2021.	Misto
A32	SOUZA, Cícero Jailton de Moraes; MONTEIRO, Mario Antonio Alves; MACIEL, Ibson José. A teoria lunar de Ptolomeu e a determinação da posição da Lua e sua distância à Terra. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20220092, 2022.	Astronomia
A33	LIMA, Nathan Willig; ALVES-BRITO, Alan; NASCIMENTO, Matheus Monteiro. Da Lei de Titius-Bode ao embate entre a Matéria Escura e a Dinâmica de Newton Modificada: uma trajetória epistemológica pela Astronomia. Revista Brasileira de	Astronomia

	Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20210382, 2022.	
A34	MENEZES, L. P. G.; BATISTA, M. C. Entre considerações físicas e geométricas: um estudo sobre as hipóteses astronômicas na primeira parte da obra <i>Astronomia Nova</i> de Johannes Kepler. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20220048, 2022.	Astronomia
A35	REIS, Patrício DC dos et al. Estudo do Universo de Friedmann partindo de conceitos Newtonianos. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20220196, 2022.	Cosmologia
A36	DA SILVA, W. F.; BERTUOLA, Alberto C.; S FILHO, Victo. Fotografias de Io, seu diâmetro e sua distância de Júpiter. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20220023, 2022.	Astronomia
A37	GONÇALVES, Paula Cristina da Silva; HORVATH, Jorge Ernesto; BRETONES, Paulo Sergio. Levantamento de Recursos Didáticos para o ensino e aprendizagem de Cosmologia. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20210184, 2022.	Cosmologia
A38	PAULUCCI, L. et al. Levantamento de recursos e uma avaliação atual do Ensino de Astrofísica Estelar. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20210226, 2022.	Astrofísica

A39	NASCIMENTO, Nicolas LNS; CUZINATTO, Rodrigo R. Ondas gravitacionais de buracos negros coalescentes: um estudo quantitativo a partir de física básica. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20220004, 2022.	Astrofísica
A40	AZEVEDO, Levi OA et al. Revisitando o Experimento de Eratóstenes: medida do raio de Terra. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20210354, 2021.	Astronomia
A41	SILVA, Matheus Navi dos Santos; PEDERSEN, Fernando Augusto; DE CARVALHO, João Teles. Stellector: um explorador do céu noturno guiado por laser para o ensino de astronomia. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20220034, 2022.	Astronomia
A42	DE OLIVEIRA, Mário J. Theories of motion and matter from Aristotle to Galileo. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 44, p. e20220236, 2022.	Misto
A43	HORVATH, J. E. Como se formaram as galáxias?. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20230237, 2023.	Astrofísica
A44	LEITE, Viviane B.; ANDRADE-NETO, Antônio V. Conceitos de espaço, tempo e movimento na Mecânica Clássica e na Teoria da Relatividade. Revista	Astronomia

	Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20220321, 2023.	
A45	DIAS, Penha Maria Cardozo. Isaac Newton's early documents on circular motion: can the dynamic reasoning in the "Principia" be found in them?. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20230263, 2023.	Astronomia
A46	XIMENES, Samuel Jorge Carvalho; AGUIAR, Carlos Eduardo. Matéria Escura no Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20220334, 2023.	Cosmologia
A47	BEZERRA SOBRINHO, Jeremias; LEÃO, João Rodrigo Souza. O Céu Noturno é Realmente Escuro?. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20230144, 2023.	Astrofísica
A48	SILVA, Ana Paula Bispo da; GOMES, Maria Gabriela Ferreira Siqueira Amaral. O Sistema de Mundo de Newton e as geometrias não-euclidianas no século XIX: relações possíveis?. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20220289, 2023.	Misto
A49	ALENCAR, G. et al. Paradoxos da Relatividade. Revista Brasileira de Ensino de Física , v. 45, p. e20230058, 2023.	Misto
A50	GARMS, Marco A.; GRIME, Gabriel C.; CALDAS, Iberê L. Precessão da órbita da estrela S2 em torno do buraco negro Sagitário A. Revista Brasileira de	Astrofísica

	Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20230182, 2023.	
A51	GOMES, Tuan M.; MARQUES, Ivo A. Reinventando o método de Eratóstenes. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20220307, 2023.	Astronomia
A52	NUNES, Isabella RS; GONÇALVES, Alessandro LV; MENDES, Raissa FP. Simuladores de órbitas relativísticas como apoio ao ensino de Relatividade Geral em nível médio e superior. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20230294, 2023.	Misto
A53	JÁCOME, H. R. P.; ECHER, E.; MARQUES, M. S. Uma introdução à interação eletrodinâmica entre Júpiter e os satélites Galileanos. Revista Brasileira de Ensino de Física , São Paulo, v. 45, p. e20220278, 2023.	Astronomia
A54	DO NASCIMENTO PIRES, Larissa; PEDUZZI, Luiz OQ. Pulsating stars: o contexto histórico de pós-detecção dos pulsares no campo da física e da astronomia. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências , São Paulo, v. 22, p. 1-27, 2022.	Astronomia
A55	AZEVEDO, S.; SCHRAMM, D.; SOUZA, M. Material pedagógico inclusivo: Trabalhando com maquetes tátil-visuais do modelo geocêntrico e do heliocêntrico. Física na Escola , São Paulo, v. 16, n. 1, p. 30-34, 2018.	Astronomia

A56	SANZOVO, Daniel Trevisan; QUEIROZ, Vanessa; ROMANZINI, Juliana; LATTARI, Cleiton J. Benetti; BRUNO, Andressa Trevisan; TREVISAN, Rute Helena. Construção da concepção egípcia de universo numa caixa de sapatos. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 17, n. 1, p. 24-28, 2019.	Astronomia
A57	ALES NETO, Gildo Luiz de; COELHO, Marcelo Nunes. É possível efeito Doppler mesmo sem movimento relativo entre fonte e observador. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 17, n. 1, p. 35-38, 2019.	Misto
A58	KOHATSU, Doris; MURAMATSU, Mikiya. Eclipse em escala. A Física na Escola , São Paulo, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2019.	Astronomia
A59	SOGA, Diogo; FAES, Daniel Moser; MURAMATSU, Mikiya. Simulação experimental do eclipse solar de Sobral em 1919: Uma comprovação da Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein. A Física na Escola , São Paulo, v. 17, n. 1, p. 4-8, 2019.	Astronomia
A60	SCHAPPO, Marcelo Girardi. Discutindo a curvatura da Terra em sala de aula. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 17, n. 2, p. 20-23, 2019.	Astronomia
A61	ANDRADE-NETO, A. V.; CARNEIRO, Brenda Pinheiro; PAIXÃO, Maíra. Espalhamento Rayleigh e efeito Tyndall: Explicando e simulando o azul do céu.	Astronomia

	Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 17, n. 2, p. 24-29, 2019.	
A62	SANZOVO, Daniel Trevisan; LABURÚ, Carlos Eduardo. Uma proposta de ensino das estações do ano com base na diversidade representacional. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 17, n. 2, p. 6-13, 2019.	Astronomia
A63	MARRANGHELLO, Guilherme F.; FALCÃO, Jéssica V.; AVEIRO, Thauã L. B.; LUCAS, Wesley M. O uso do smartphone para a simulação do método de trânsito em sala de aula. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 18, n. 1, p. 9-13, 2019.	Astronomia
A64	BEZERRA, Evaldo Victor Lima; DANTAS, Sérgio Carrazedo. Terraplanistas vs. globalistas: utilizando o Stellarium em favor do status quo. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 18, n. 2, p. 15-24, 2020.	Astronomia
A65	SILVA, Rodrigo José da; GONZAGA, Edson Pereira. Demonstrações matemáticas como fator de aprimoramento para o ensino de astronomia. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 19, n. 2, p. 85-89, 2021.	Astronomia
A66	MACHADO, R.R.; TORT, A.C.; ZARRO, C.A.D. O princípio da equivalência: uma introdução à relatividade geral. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 19, n. 1, p. 3-14, 2020.	Misto

A67	NOGUEIRA, Renata De Lima; SAMPAIO, Thiago Alves de Sá Muniz. Utilizando o Stellarium e o Google Earth para estudar a rotação e a circunferência da Terra. Física na Escola (Online) , São Paulo, v. 19, n. 2, p. 28-32, 2021.	Astronomia
A68	RODRIGUES, Francisco Leandro de Oliveira; SOUZA, Oséas Araújo de. A Lua e os fenômenos físicos envolvidos: Uma proposta de ensino sobre os pressupostos da Sequência Fedathi. Física na Escola , São Paulo, v. 20, n. 1, p. 220603, 2022.	Astronomia
A69	GOMES, André Luiz Sartori; HEUSY, Felype; Zanon, Ricardo Antonio de Simone; ROCHA, Carlos Raphael. Construção de aparato de baixo custo para a visualização de curvaturas do espaço-tempo. Física na Escola , São Paulo, v. 20, n. 1, p. 210202, 2022.	Astronomia
A70	SOBRINHO, Rodrigo da Silva; OLIVEIRA, Luciano Luiz Alencar de. Exoplanetas e sistemas extrassolares: uma sequência didática para o ensino da gravitação universal no Ensino Médio. Física na Escola , São Paulo, v. 20, n. 1, p. 201213, 2022.	Astronomia
A71	COSTA, Felipe Sérvulo Maciel. Projeto Eratóstenes: relato de uma experiência de ensino e divulgação da Astronomia no Estado da Paraíba. Física na Escola , São Paulo, v. 20, n. 1, p. 210205, 2022.	Astronomia

A72	OLIVEIRA, Camila Muniz de; ALMEIDA JUNIOR, Edson Ribeiro de Britto de; ALVES, Néryla Vayne JUSTINO; Viscovini, Ronaldo Celso. Sistema Solar em escala realista com display gráfico e Arduíno Uno. Física na Escola , São Paulo, v. 20, n. 1, p. 220103, 2022.	Astronomia
A73	NEVES, Joice Martins; MARRANGHELLO, Guilherme Frederico. Videoanálise da chegada do rover Perseverance em Marte: aplicação no estudo da cinemática. Física na Escola , São Paulo, v. 20, n. 1, p. 210802, 2022.	Astronomia
A74	SALDANHA, Thaiana Magna Moura; SAADE, Jamil. Bingo TRE: uma alternativa para o ensino da Teoria da Relatividade Especial. Física na Escola , São Paulo, v. 20, n. 1, p. 211202, 2022.	Astronomia
A75	SITKO, Camila Maria; BATISTA, Michel Corci; DOS SANTOS, Oscar Rodrigues. Constelações 3D: proposta didática na formação continuada de professores. A Física na Escola , São Paulo, v. 21, p. 230042-1-230042-7, 2023.	Astronomia
A76	BEZERRA, Pablo Henrique Eugênio; SCHIVANI, Milton. Marte: sistema de RPG com base em inteligências múltiplas. A Física na Escola , São Paulo, v. 21, p. 230035-1-230035-9, 2023.	Astronomia
A77	DE MATOS, Ana Patrícia; DO ESPÍRITO SANTO, Marco Aurélio; SOUZA, Paulo Victor Santos. Simulações	Astronomia

	Computacionais do software GeoGebra para o ensino das leis de Kepler. A Física na Escola , São Paulo, v. 21, p. 230001-1-230001-7, 2023.	
A78	AGUIAR, Ricardo Rechi; HOSOUME, Yassuko. Tópicos de astronomia, astrofísica e cosmologia na 1ª série do ensino médio como parte integrante de um projeto curricular diferenciado de física. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 25, p. 51-70, 2018.	Misto
A79	MONTEIRO, Mário Antonio Alves et al. Um Novo Olhar Para O MÉTODO de Ptolomeu de DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA Terra-Lua. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 25, p. 25-37, 2018.	Astronomia
A80	PACHECO, Hualan Patrício. PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONFIGURAÇÕES PLANETÁRIAS EM SALA DE AULA. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 27, p. 93-108, 2019.	
A81	DE CARVALHO, Hermano Ribeiro; DO NASCIMENTO, Lucas Albuquerque. Copérnico e a Teoria Heliocêntrica: contextualizando os fatos, apresentando as controvérsias e implicações para o ensino de ciências. Revista Latino-Americana de Educação em	Astronomia

	Astronomia , São Carlos, n. 27, p. 7-34, 2019.	
A82	ORTIZ, Adriano José et al. Representações sociais de alunos do final do ensino médio sobre astronomia. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 27, p. 79-91, 2019.	Astronomia
A83	ERTHAL, João Paulo Casaro; DA SILVA VIEIRA, Andriele. Vinte anos de oba: uma análise da Evolução do exame ao longo dos anos. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 27, p. 35-54, 2019.	Astronomia
A84	MACHADO, Daniel Iria. Estrelas variáveis no contexto educacional: uma proposta envolvendo a observação de cefeidas clássicas no ensino médio. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 28, p. 7-25, 2019.	Astrofísica
A85	PACHECO, Mayara Hilgert; ZANELLA, Marli Schmitt. Panorama de pesquisas em ensino de astronomia nos anos iniciais: um olhar para teses e dissertações. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 28, p. 113-132, 2019.	Astronomia
A86	FERREIRA, Carlos Augusto; BISCH, Sérgio Mascarello. Qual é o tamanho do universo? Uma proposta de sequência de ensino investigativo sobre os métodos de	Astronomia

	eratóstenes e aristarco para medir os tamanhos da Terra e da Lua. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 28, p. 27-46, 2019.	
A87	DA SILVA, Thiago Pereira; BISCH, Sérgio Mascarello. Nossa posição no Universo: uma proposta de sequência didática para o ensino médio. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 29, p. 27-49, 2020.	Misto
A88	CESTARI, Thiago Nunes; SANTOS, Marcio Gabriel dos; AMARAL, Rafael Aislan. Uma proposta de ensino de fundamentos de Astronomia e Astrofísica via ensino sob medida. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 29, p. 7–25, 2020.	Misto
A89	MARTINS, Alessandro et al. Cálculo do valor da unidade astronômica: como o trânsito de Mercúrio nos indica a nossa distância ao Sol. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 30, p. 51-64, 2020.	Astronomia
A90	CATELLI, Francisco et al. A SOMBRA DE UM GNÔMON AO LONGO DO ANO EM DIFERENTES LUGARES DO PLANETA. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 34, p. 39-59, 2022.	Astronomia

A91	LANCIANO, Nicoletta et al. WHICH RULE GOVERNS THE ORDER OF THE DAYS OF THE WEEK IN ARTIFACTS FROM THE ROMAN AGE TO THE 17TH CENTURY?. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 34, p. 81-94, 2023.	Astronomia
A92	DA SILVA GONÇALVES, Paula Cristina; COMPIANI, Maurício. A Educação em Astronomia e as diversas dimensões de escala:: Micro, macro, horizontal e vertical. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 35, p. 10-21, 2023.	Astronomia
A93	PEREIRA, Johnnie Richard; MACIEL, Antônio Marcelo Martins. O Renascimento assombrado pela simestria e perfeição:: Reflexões a partir da teoria copernicana. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 35, p. 127-143, 2023.	Astronomia
A94	HANSEN, Taís Regina; ZAMBON, Luciana Bagolin. ABORDAGEM DA ASTRONOMIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 36, p. 24-43, 2023.	Astrofísica
A95	CAETANO, Thiago Costa; MOREIRA, Camila Cardoso. UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE PRÁTICA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA:: DETERMINAÇÃO	Astronomia

	DA LATITUDE LOCAL COM UM SEXTANTE PRODUZIDO EM UMA IMPRESSORA 3D. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia , São Carlos, n. 36, p. 62-81, 2023.	
A96	SOUZA, Eliane; FARIAS, Luiz Marcio SANTOS. Elementos do processo evolutivo do conceito das funções seno e cosseno: contribuições para uma razão de ser na construção de um PEP. Educação Matemática Pesquisa , São Paulo, v. 21, n.3, p. 1384-1408, 2019.	Astronomia
A97	BAIER, Tânia. Habitamos arcas voadoras ligadas com a Terra-arca?. Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática , v. 24, n. 2, p. 384-403, 2022.	Astronomia