



Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

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

n. 37, 2024

ISSN 1806-7573



Editor responsável

Jorge Horvath (IAG/USP)

Comitê Editorial

Cristina Leite (IF/USP)

Sergio M. Bisch (Planetário de Vitória/UFES)

Editora Executiva

Paula Cristina Gonçalves (SME/Rio Claro)

Editores Associados

Silvia Calbo Aroca (Colégio Planeta)

Sônia E. M. Gonzatti (CETEC/UNIVATES)

Rodolfo Valentim (UNIFESP)

Michel Corci (UFTPR)

Direitos

© by autores

Todos os direitos desta edição reservados

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

É permitida a reprodução para fins educacionais mencionando as fontes

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

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia / Universidade Federal de São Carlos. n. 37 (2024). São Carlos 2024.

ISSN: 1806-7573

Revista em Português, Inglês e Espanhol

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

CDD – 520.07

Editorial

Com um leve atraso devido ao reajuste para as novas datas de publicação, o número 37 da RELEA está no ar com sete artigos e uma resenha (vide Sumário) de Educação em Astronomia. Ainda estamos em fase de reestruturação do Corpo Editorial para incorporarmos outros colegas que tragam seus aportes ao processo de construção da Revista e que anunciaremos no seu devido momento. Esperamos que esta nova sequência temporal permita melhorar o fluxo dos artigos submetidos e seu processamento, para benefício de toda a comunidade envolvida.

Mais informação sobre a Revista e instruções para os autores podem ser encontradas em: <www.relea.ufscar.br>. Os artigos podem ser escritos em português, espanhol ou inglês. Agradecemos aos Editores Associados, aos autores, aos árbitros e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, nos ajudaram na continuidade desta iniciativa e, em particular, na elaboração da presente edição.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor Responsável

Editorial

Con un atraso mínimo debido al ajuste para las nuevas fechas de publicación, el número 37 de la RELEA está online con siete artículos y una reseña (ver Sumario) de Educación en Astronomía. Aún estamos en fase de reestructuración del Cuerpo Editorial para incorporar otros colegas que traigan sus aportes al proceso de construcción de la Revista y que anunciaremos en su debido momento. Esperamos que esta nueva secuencia temporal permita mejorar el flujo de los artículos enviados y su procesamiento, para beneficio de toda la comunidad involucrada.

Más informaciones sobre la Revista e instrucciones para los autores pueden encontrarse en: <www.relea.ufscar.br>. Los artículos pueden estar escritos en portugués, español o inglés. Agradecemos a los Editores Asociados, a los autores, a los árbitros y a todos aquellos que, directa o indirectamente, nos ayudaron en la continuidad de esta iniciativa y, en particular, en la preparación de esta edición.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor Responsable

Editorial

With a minimal delay due to the adjustment to the new publication dates, number 37 of the RELEA is online with seven articles and a review (see Summary) on Astronomy Education. We are still within a restructuring process of the Editorial Team to incorporate other colleagues that can bring their contributions to the process of the construction of the Journal and that we will announce in due time. We hope that this new temporal frame will improve the flux of the submitted articles and their processing, for the benefit of the involved community.

More information about the Journal and instructions for authors can be found at: <www.relea.ufscar.br>. Articles can be written in Portuguese, Spanish or English. We thank the Associate Editors, the authors, the referees and all those who, directly or indirectly, helped us in the continuity of this initiative and, in particular, in the preparation of this edition.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor-in-Chief

SUMÁRIO

FORMAÇÃO INICIAL E CONTINUADA DE PROFESSORES EM ASTRONOMIA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA ANÁLISE DE ARTIGOS PUBLICADOS NA RELEA. _____	8
ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES SOBRE METEORÍTICA NO ÚLTIMO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL _____	26
ANÁLISE DAS QUESTÕES DA PROVA DE III NÍVEL DA OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA: CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA _____	51
VIAGEM À LUA: UMA PROPOSTA PARA ABORDAR O ENSINO DE VIAGENS ESPACIAIS EM SALA DE AULA _____	87
ASTRONOMIA NOS CURRÍCULOS DOS CURSOS QUE HABILITAM PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ESTADO DO PARÁ _____	112
A PERSPECTIVA DOS PROFESSORES DOS ANOS INICIAIS ACERCA DO USO E DA CRIAÇÃO DE JOGOS ANALÓGICOS NO ENSINO DE ASTRONOMIA _____	130
UM JOGO DIGITAL QUE APRESENTA A ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS _____	155
RESENHA DA TESE DE DOUTORADO DE JUAN BARRIO: “O PLANETÁRIO – UM RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DA ASTRONOMIA” _____	178

SUMARIO

FORMACIÓN INICIAL Y CONTINUA DE PROFESORES DE ASTRONOMÍA NA EDUCACIÓN PRIMARIA: UN ANÁLISIS DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN RELEA. _____	9
ANÁLISIS DE LAS CONCEPCIONES PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LOS METEORITOS EN EL ÚLTIMO AÑO DE LA ESCUELA PRIMARIA _____	27
ANÁLISIS DE LAS PREGUNTAS DE LA PRUEBA DE TERCER NIVEL DE LA OLIMPIADA BRASILEÑA DE ASTRONOMÍA Y ASTRONÁUTICA: CONTRIBUCIONES DE LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA ____	52
VIAJE A LUNA: UNA PROPUESTA PARA ABORDAR LA ENSEÑANZA DEL VIAJE ESPACIAL EN EL AULA _____	87
ASTRONOMÍA EN LOS CURRÍCULOS DE CURSOS QUE ELIGIBILIZAN PARA LA ENSEÑANZA DE FÍSICA EN EL ESTADO DE PARÁ _____	113
LA PERSPECTIVA DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA SOBRE EL USO Y CREACIÓN DE JUEGOS ANALÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA _____	130
UN JUEGO DIGITAL QUE PRESENTA EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS _____	156
RESEÑA DE LA TESIS DOCTORAL DE JUAN BARRIO: “EL PLANETARIO – UN RECURSO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA” _____	178

CONTENTS

INITIAL AND CONTINUED TRAINING OF TEACHERS IN ASTRONOMY IN ELEMENTARY EDUCATION: AN ANALYSIS OF ARTICLES PUBLISHED IN RELEA. _____	9
ANALYSIS OF STUDENTS' PRIOR CONCEPTIONS ABOUT METEORITES IN THE FINAL YEAR OF ELEMENTARY SCHOOL _____	27
ANALYSIS OF THE QUESTIONS OF THE THIRD LEVEL TEST OF THE BRAZILIAN OLYMPIAD OF ASTRONOMY AND ASTRONAUTICS: CONTRIBUTIONS OF GENETIC EPISTEMOLOGY _____	52
JOURNEY TO THE MOON: A PROPOSAL TO APPROACH THE TEACHING OF SPACE TRAVEL IN THE CLASSROOM _____	88
ASTRONOMY IN THE CURRICULA OF COURSES THAT ELIGIBILIZE FOR TEACHING PHYSICS IN THE STATE OF PARÁ _____	113
THE PERSPECTIVE OF EARLY YEAR TEACHERS ON THE USE AND CREATION OF ANALOG GAMES IN ASTRONOMY TEACHING _____	131
A DIGITAL GAME THAT PRESENTS THE ORIGIN OF CHEMICAL ELEMENTS _____	156
REVIEW OF JUAN BARRIO'S THESIS: "THE PLANETARY – A TEACHING RESOURCE FOR TEACHING ASTRONOMY" _____	178



FORMAÇÃO INICIAL E CONTINUADA DE PROFESSORES EM ASTRONOMIA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA ANÁLISE DE ARTIGOS PUBLICADOS NA RELEA.

Gabrieli dos Santos Noronha¹

RESUMO: Este estudo objetivou analisar os artigos veiculados na Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) entre 2005 e 2020, centrando-se na formação inicial e continuada em astronomia no ensino fundamental. Foram identificadas 14 pesquisas, categorizadas em dois grupos: (1) Formação Inicial e (2) Formação Continuada. Diante disso também realizamos uma subcategorização para melhor análise, (A) Investigação acerca dos conhecimentos astronômicos de professores e as abordagens pedagógicas adotadas: com foco na compreensão e aplicação de conceitos astronômicos para identificar oportunidades de aperfeiçoamento, (B) Atividades de formação: delineando ações e materiais desenvolvidos para equipar educadores em potencial com competências para um ensino eficaz da astronomia e (C) Realização e análise de metodologias envolvendo astronomia: Criação e avaliação de estratégias educacionais voltadas para o ensino de astronomia, medindo sua eficácia e impacto na aprendizagem dos alunos. O foco destas categorias é aprimorar o ensino da astronomia, englobando a formação de educadores e a entrega eficaz do conteúdo. O estudo também fornece exemplos de práticas pedagógicas aplicáveis por professores em formação ou em exercício. A análise dos artigos revela uma preocupação unânime com a didática da astronomia, evidenciando sua importância para o avanço social e a imperatividade de capacitar adequadamente os docentes. Esta pesquisa oferece uma visão abrangente da formação em astronomia no ensino fundamental, evidenciada nas publicações da RELEA, reforçando a necessidade de uma formação robusta na área e a relevância da revista como recurso primordial para enriquecer o ensino deste campo fundamental.

PALAVRAS-CHAVE: Formação Inicial; Formação Continuada; Relea; Ensino de Astronomia; Ensino Fundamental;

¹ Curso de licenciatura em Física da Universidade de Passo Fundo - UPF, Passo Fundo, Brasil. E-mail: 174071@upf.com

FORMACIÓN INICIAL Y CONTINUA DE PROFESORES DE ASTRONOMÍA NA EDUCACIÓN PRIMARIA: UN ANÁLISIS DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN RELEA.

RESUMEN: Este estudio tuvo como objetivo analizar los artículos publicados en la Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía (RELEA) entre 2005 y 2020, centrándose en la formación inicial y continua en astronomía en la educación primaria. Se identificaron 14 investigaciones, categorizadas en dos grupos: (1) Formación Inicial y (2) Formación Continua. A raíz de esto, también realizamos una subcategorización para un análisis más detallado. Dentro de esta se encuentran: (A) Investigación sobre los conocimientos astronómicos de profesores de Ciencias y el enfoque pedagógico adoptado por pedagogos, con un énfasis en la comprensión y aplicación de conceptos astronómicos para identificar oportunidades de mejora; (B) Actividades de formación, esbozando acciones y materiales desarrollados para equipar a futuros educadores con habilidades para una enseñanza efectiva de la astronomía; y (C) Realización y análisis de metodologías relacionadas con la astronomía: Creación y evaluación de estrategias educativas dirigidas a la enseñanza de la astronomía, midiendo su eficacia e impacto en el aprendizaje de los estudiantes. El objetivo de estas categorías es mejorar la enseñanza de la astronomía, incluyendo la formación de educadores y la entrega efectiva del contenido. El estudio también proporciona ejemplos de prácticas pedagógicas que pueden ser aplicadas por profesores en formación o en ejercicio. El análisis de los artículos muestra una preocupación unánime con la didáctica de la astronomía, destacando su importancia para el avance social y la necesidad imperante de capacitar adecuadamente a los docentes. Esta investigación ofrece una visión amplia de la formación en astronomía en la educación primaria, evidenciada en las publicaciones de RELEA, subrayando la necesidad de una formación sólida en el área y la relevancia de la revista como recurso esencial para mejorar la enseñanza en este campo fundamental.

PALAVRAS-CHAVE: Formación Inicial; Educación Continua; Relea; Educación en Astronomía; Educación Primaria.

INITIAL AND CONTINUED TRAINING OF TEACHERS IN ASTRONOMY IN ELEMENTARY EDUCATION: AN ANALYSIS OF ARTICLES PUBLISHED IN RELEA.

ABSTRACT: This study aimed to analyze articles published in the Latin American Journal of Astronomy Education (RELEA) from 2005 to 2020, focusing on initial and continuing education in astronomy for elementary education. 14 studies were identified, categorized into two groups: (1) Initial Training and (2) Continuing Training. In this context, we also

conducted a sub-categorization for better analysis. Within this are: (A) Investigation into the astronomical knowledge of Science teachers and the pedagogical approach adopted by educators: focusing on understanding and applying astronomical concepts to identify improvement opportunities, (B) Training activities: outlining actions and materials developed to equip potential educators with the skills for effective astronomy teaching, and (C) Implementation and analysis of methodologies involving astronomy: Creation and evaluation of educational strategies aimed at astronomy teaching, measuring their effectiveness and impact on student learning. The aim of these categories is to improve astronomy teaching, encompassing the training of educators and the effective delivery of content. The study also provides examples of pedagogical practices applicable by teachers in training or in practice. Analysis of the articles reveals a unanimous concern with the didactics of astronomy, highlighting its importance for social advancement and the imperative to adequately train teachers. This research offers a comprehensive view of training in astronomy in elementary education, evidenced in RELEA publications, emphasizing the need for robust training in the area and the relevance of the journal as a primary resource to enhance teaching in this fundamental field.

KEYWORDS: *Initial Training; Continued Training; RELEA; Astronomy Education; Elementary Education;*

1. INTRODUÇÃO

O estudo de astronomia pode servir como ponte entre a aprendizagem dos conceitos científicos e possibilitar a formação de um cidadão crítico e reflexivo, de modo a instruí-lo na busca de entender a si próprio na busca de compreender seu cotidiano. Neste sentido, os conteúdos desse campo de conhecimento mostram-se importantes para os diferentes níveis de ensino por despertar o interesse e a curiosidade dos alunos ao abordar por exemplo, como ocorre o dia e à noite, as fases da Lua, o nascer e pôr do Sol, a presença das estrelas e outros eventos astronômicos observados da Terra. A respeito disso, Mees (2004, p. 10) destaca que a astronomia é “um tema apaixonante nas suas múltiplas abordagens interdisciplinares: história, mitologia, literatura, filosofia, ecologia, música e outros, e representa a busca da humanidade pelo autoconhecimento”.

Para Simon (2016) é importante que o professor procure abordar os conceitos de forma interdisciplinar, fazendo com que haja uma transformação no conhecimento científico, demonstrando ao aluno sua autonomia de transformar este conhecimento, para dar mais significado ao seu próprio entendimento, isto é, que provoque no aluno a curiosidade de um ensino que considere o seu contexto vivencial. Além disso, a astronomia é uma das áreas que pode conduzir ao desenvolvimento de ensino significativo.

O estudo desta área é recomendado desde a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) em 1998, onde está destacado no 4º. Ciclo - Ciências Naturais, que o ensino de astronomia estava presente em todos os anos da educação, indicando que os respectivos conteúdos da primeira à oitava série, deveriam voltar-se para uma forma dinâmica da compreensão da natureza, tornando o aluno o agente transformador, abordando também os assuntos Terra e Universo.

Com a criação e promulgação da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que está em vigor desde 2019, o ensino de astronomia deve estar presente em todos os anos da educação básica, contemplando a temática Terra e Universo e seus conteúdos abrangentes do primeiro ao nono ano do ensino fundamental desenvolvendo assim as habilidades e competências apresentadas pelo documento. Desse modo é destacado pelo documento:

Não basta que os conhecimentos científicos sejam apresentados aos alunos. É preciso oferecer oportunidades para que eles, de fato, envolvem-se em processos de aprendizagem nos quais possam vivenciar momentos de investigação que lhes possibilitem exercitar e ampliar sua curiosidade, aperfeiçoar sua capacidade de observação, de raciocínio lógico e de criação, desenvolver posturas mais colaborativas e sistematizar suas primeiras explicações sobre o mundo natural e tecnológico, e sobre seu corpo, sua saúde e seu bem-estar, tendo como referência os conhecimentos, as linguagens e os procedimentos próprios das Ciências da Natureza. (BNCC, 2017, p. 333).

No entanto, há de se considerar que a abordagem de astronomia no ensino fundamental não é algo simples, haja visto que os conceitos requerem que os professores busquem alternativas didático-metodológicas as quais possibilitem tornar esses conhecimentos acessíveis aos alunos. Desta forma, espera-se que os professores responsáveis pelo ensino de astronomia estejam preparados para tal tarefa, conforme destaca Langhi (2009). No entanto, segue o autor mencionando, que há inúmeros docentes com formação em Ciências Naturais, Geografia ou Pedagogia que não estão aptos a ministrarem aulas de astronomia. Corroborando isso, Amaral (2015, p. 34) coloca que muitos professores têm abordado os conteúdos de Astronomia “de forma sintetizada e desarticulada do cotidiano do aluno, com o auxílio de material didático que contém informações, em grande parte, incoerentes e limitadas”.

Um dos motivos para tal situação apresentada está relacionado a forma como os conceitos de astronomia vem sendo abordados durante a formação inicial do professor, o que faz com que o ele opte por não desenvolver esses conteúdos em suas aulas ou busque

metodologias diferenciadas para trabalhar esse tópico. No estudo desenvolvido por Langhi e Nardi (2007) é apresentada uma coleção de conteúdos considerados essenciais em astronomia para professores da educação. Com base nisso, os autores apontam a necessidade de qualificação dos professores em astronomia, em seus saberes disciplinares e suas metodologias de ensino. Ressaltam ainda, que essa qualificação formativa deveria estar embasada em pesquisas sobre Ensino de Astronomia, o que reforça a necessidade de trabalhos formativos docentes que possam contribuir significativamente para a mudança da prática profissional.

A partir do exposto e frente a importância de estudos voltados para o Ensino de Astronomia que possam não só auxiliar na formação inicial de professores, mas também, na qualificação do seu trabalho no contexto escolar, surge a seguinte indagação: Como os estudos apresentados no periódico RELEA tem abordado a formação inicial e continuada de professores do ensino fundamental no âmbito do ensino de astronomia?

Tal questionamento limita o objeto de estudo, em termos da análise de artigos publicados na Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) por esse periódico ser um importante veículo de divulgação científica. Isso vem de encontro à concepção de Bretones, Megid Neto e Canalle (2006), que indicam que pesquisas relacionadas com as produções da área e que buscam identificar suas tendências e resultados, promovem uma contribuição para a divulgação científica adequada destes conhecimentos e abrem um leque para futuras pesquisas e promovem um avanço na área. Nesse sentido, o objetivo do estudo está em mapear as produções publicadas no referido periódico buscando-se identificar como os estudos têm abordado a capacitação de professores que ministram aulas de astronomia, considerando-se as formações iniciais e continuadas em astronomia, ao longo do ensino fundamental.

Com isso é levado em consideração a pesquisa de Sanzovo (2021), o autor apresenta uma pesquisa bibliográfica, realizando um mapeamento de estratégias metodológicas e recursos de ensino, destacando assim a formação inicial e contínua de professores de modo a realidade em que se encontra o Brasil. Baseando-se assim através de duas importantes bases de informações como o importante Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA) e no principal periódico a Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA). Eles apresentam periódicos dos últimos anos como técnicas, recursos e estratégias de ensino usadas em trabalhos de formação de professores na área de Ensino de Astronomia. Diante disso, o artigo destacado serviu como referência para a realização do presente trabalho.

O presente trabalho estrutura-se da seguinte forma: na próxima seção, é descrita a metodologia desenvolvida na pesquisa, e a seguir divulgam-se os resultados alcançados. No encerramento expõem-se as considerações finais.

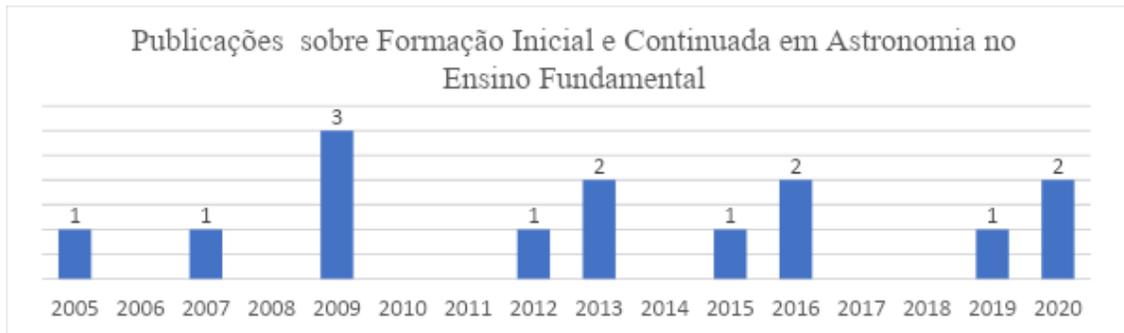
2. METODOLOGIA

A pesquisa apresentada neste trabalho classifica-se como estado da arte. Segundo Ferreira (2002), os estudos de estado da arte visam a sistematização da produção em uma determinada área do conhecimento se tornando imprescindíveis para observar a amplitude de pesquisas sob o determinado assunto que vem sendo produzido.

Dessa forma, o presente trabalho buscou identificar as pesquisas que abordavam o ensino de astronomia na formação inicial e continuada de professores no ensino fundamental, diante disso foram mapeados todos os trabalhos publicados em todas as edições da Revista Latino-Americana de Ensino de Astronomia (RELEA), no período de 2005 a 2020. Para exame deste material, foram analisados os artigos que contivessem a palavra “astronomia”, “formação de professores”, “formação inicial”, “formação continuada”, no título, no resumo ou nas palavras-chave do trabalho, e localizado 14 trabalhos, que constituíram o corpus da pesquisa.

Para a análise dos trabalhos selecionados tomou-se como balizador as etapas da técnica propostas por Bardin (2006). Essas etapas são organizadas em três fases: 1) pré-análise, 2) exploração do material e 3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A primeira fase, pré-análise, refere-se à sistematização das ideias iniciais e compreende a leitura geral do material eleito para a análise, que no caso foram os artigos selecionados.

Com base na análise dos dados, observa-se um padrão interessante na pesquisa sobre formação inicial e continuada em astronomia no ensino fundamental. Verifica-se um aumento significativo no número de estudos publicados em 2009, totalizando três pesquisas. No entanto, nos anos subsequentes, como em 2013, 2016 e 2020, ocorreu uma redução para apenas duas publicações por ano, conforme apresentado no *Gráfico 1*. Esse padrão sugere a necessidade de maior investimento e incentivo à pesquisa nessa área, visando promover o desenvolvimento de estratégias efetivas de formação de professores em astronomia para o ensino fundamental.

Gráfico 1 – Artigos publicados na Relea sobre formação inicial e continuada**Gráfico 1** - Trabalhos que compuseram o corpus da pesquisa.

Fonte: Autora, 2022

Essas variações nos números de publicações ao longo dos anos podem indicar flutuações na atenção e no interesse dos pesquisadores em relação à temática da formação em astronomia no contexto do ensino fundamental. Além disso, é importante ressaltar que, durante determinados períodos, como nos anos de 2006, 2008, 2010, 2011, 2014, 2017 e 2018, não foram identificadas pesquisas relacionadas ao tema deste trabalho.

A segunda fase, exploração do material, consiste na construção das operações de codificação, considerando-se os recortes dos textos em unidades de registros, a definição de regras de contagem e a classificação e agregação das informações em categorias simbólicas ou temáticas. Nesse sentido, os artigos foram divididos em três grupos: (1) *Formação inicial de professores do ensino fundamental I*: Análise da formação em que o futuro professor vivencia em sua graduação e (2) *Formação continuada de professores*: Análise da capacitação contínua em que o professor já licenciado recebe, no decorrer do seu trabalho em sala de aula, conforme representado no *Quadro 1*.

A partir da leitura dos artigos selecionados emergiram subcategorias nas quais foram agrupadas as informações semelhantes, as quais se trata de:

- (A) *Investigação acerca dos conhecimentos astronômicos dos professores e as abordagens pedagógicas adotadas*: Com foco na compreensão e aplicação de conceitos astronômicos para identificar oportunidades de aperfeiçoamento

- (B) *Atividades de formação*: Delineando ações e materiais desenvolvidos para equipar educadores em potencial com competências para um ensino eficaz da astronomia
- (C) *Realização e análise de metodologias envolvendo astronomia*: Criação e avaliação de estratégias educacionais voltadas para o ensino de astronomia, medindo sua eficácia e impacto na aprendizagem dos alunos.

Durante a pesquisa, foram identificados subgrupos iniciais para a organização dos dados. No entanto, a complexidade dos dados demandou a criação de subcategorias adicionais, possibilitando uma análise mais aprofundada em cada etapa. Considerando as particularidades dos anos iniciais e finais do ensino fundamental, essa diferenciação é essencial para pesquisadores, uma vez que reconhecem as diferenças significativas entre as etapas.

(I) *Ensino Fundamental I*: Anos Iniciais

(II) *Ensino Fundamental II*: Anos Finais

Quadro 1 – Análise dos artigos publicados na Relea					
Ano	Autor	Título	Grupo	Subgrupo	Subcategoria
2005	Rodolfo Langhi Roberto Nardi	Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia	1	A	I
2007	Cristina Leite Yassuko Hosoume	Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia	2	A	II
2009	Rodolfo Langhi	Educação em astronomia e formação continuada de professores: a interdisciplinaridade durante um eclipse lunar total	2	C	I e II
2009	Glória Pessôa Queiroz Carlos Jubitipan Borges de Sousa Maria Auxiliadora Delgado Machado	A prática de pesquisa de um professor do ensino fundamental envolvendo modelos mentais de fases da lua e eclipses	2	C	I e II
2009	Marcos Daniel Longhini	O universo representado em uma caixa: introdução ao estudo da astronomia na formação inicial de professores de física	1	C	I e II

2012	Leonardo Marques Soares Silvania Sousa do Nascimento	Formas de apropriação de instrumentos para o ensino de astronomia na formação continuada de professores	2	C	I
2013	Sônia Elisa Marchi Gonzatti Andréia Spessatto De Maman Eliana Fernandes Borragini Júlia Cristina Kerber Werner Haetinger	Ensino de astronomia: cenários da prática docente no ensino fundamental	2	A	I e II
2013	Felipe Damasio Olivier Allain Adriano Antunes Rodrigues	Clube de astronomia de araranguá: a formação de professores de ciências como divulgadores científicos	1	B	I e II
2015	Flávia Polati Ferreira Cristina Leite	A forma e os movimentos da terra: percepções de professores acerca das relações entre observação cotidiana e os modelos científico	2	A	I
2016	Daniel Trevisan Sanzovo Carlos Eduardo Laburú	Níveis interpretantes apresentados por alunos de ensino superior sobre as estações do ano	2	A	I e II
2016	Samuel Costa Geison João Euzébio Felipe Damasio	A astronomia na formação inicial de professores de ciências	1	C	I e II
2019	Mayara Hilgert Pacheco Marli Schmitt Zanella	Panorama de pesquisas em ensino de astronomia nos anos iniciais: um olhar para teses e dissertações	1	C	I e II
2020	Andréia Fernandes Prado Roberto Nadi	Formação de professores dos anos iniciais e saberes docentes mobilizados durante um curso de formação em astronomia	1	B	I
2020	Wesley Quintiliano Vidigal Sérgio Mascarello Bisch	Atividades investigativas na formação inicial de professores em astronomia: o movimento aparente do sol no céu e a duração dos dias e noites	1	B	I e II

Quadro 1 - Trabalhos que compuseram o *corpus* da pesquisa.

Fonte: Autora, 2022

Diante disso as interpretações e conclusões apresentadas e discutidas seguem na sequência.

3. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção, os resultados da pesquisa são apresentados e discutidos com o objetivo de proporcionar uma compreensão aprofundada. A organização segue as subcategorias mencionadas previamente, permitindo uma análise mais precisa dos artigos agrupados. Cada subcategoria é acompanhada por uma breve análise dos artigos, destacando as informações similares encontradas. Dessa maneira, busca-se oferecer uma apresentação clara e concisa dos resultados obtidos, contribuindo para uma compreensão abrangente do estudo.

(A) Investigação acerca dos conhecimentos astronômicos de professores e as abordagens pedagógicas adotadas.

A categoria intitulada "Conhecimentos de Astronomia dos Professores de Ciência" englobou estudos que tinham como objetivo identificar as concepções dos professores em formação ou em exercício sobre os conceitos de astronomia no contexto escolar. Nessa área específica, foram identificados cinco artigos, cada um deles caracterizado pelos seguintes autores: Langhi, R., & Nardi, R. (2005), Trevisan Sanzovo, D. & Laburú, C. E. (2016), Leite C., & Hosoume, Y (2007), Ferreira, F. P., & Leite, C. (2015), Gonzatti S. E. M., De Maman, et. Al (2013). Esses estudos contribuíram para a compreensão das percepções e conhecimentos dos professores em relação à astronomia, oferecendo insights valiosos para aprimorar a formação e atuação desses profissionais na área.

Dentre os estudos que buscaram identificar essas concepções, destaca-se o trabalho realizado por Langhi R. e Nardi R. (2005), que realizaram um estudo exploratório para analisar a possibilidade de implementação de conteúdos de astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. O estudo consistiu na realização de entrevistas semiestruturadas sobre fenômenos astronômicos com cinco professores atuantes na rede pública nessa etapa educacional. Inicialmente, foi conduzida uma entrevista informal, na qual os entrevistados não sabiam o tema a ser abordado, visando capturar suas respostas espontâneas.

Ao final das entrevistas, constatou-se que os futuros professores apresentam lacunas em sua formação inicial, uma vez que é necessário que eles próprios dominem os conteúdos antes de ensiná-los. Nesse sentido, é crucial abordar esses conteúdos de maneira adequada, proporcionando aos professores metodologias de ensino apropriadas para sua realidade. Os autores destacam ainda que, atualmente, há um tratamento inadequado dos

conteúdos nos cursos de formação de professores, nos quais são abordados de forma superficial ou até mesmo negligenciados. Essas conclusões ressaltam a importância de uma formação mais robusta e completa em astronomia para os futuros professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

O estudo foi conduzido por Trevisan Sanzovo, D. e Laburú, C. E. (2016) teve como objetivo analisar a interpretação da evolução do entendimento sobre as estações do ano, além de investigar a formação escolar por meio de um questionário de múltipla escolha, utilizado como um teste diagnóstico. Segundo os autores, todos os entrevistados demonstraram um nível de entendimento inicial muito limitado em relação às estações do ano, revelando respostas superficiais. Isso evidencia a importância de um preparo adequado dos futuros professores para o ensino da astronomia, uma vez que qualquer falta de compreensão por parte do professor pode ser transmitida aos seus alunos no futuro. Assim, ressalta-se a necessidade de uma formação mais sólida e aprofundada em astronomia para garantir um ensino efetivo e de qualidade.

Leite, C. e Hosoume, Y. (2007) envolveu entrevistas individuais e semiestruturadas com professores de ciências do ensino fundamental, com o objetivo de analisar suas formas de pensar e concepções em relação aos objetos de conhecimento relacionados à astronomia. O estudo também destacou a presença do ensino de astronomia nos antigos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e ressaltou a importância da formação continuada na realidade dos professores. Os resultados revelaram a necessidade de atenção e aprimoramento na formação dos professores, enfatizando a relevância do desenvolvimento profissional constante para uma prática docente efetiva e atualizada em astronomia.

Ferreira, F. P. e Leite, C. (2015) apresenta os resultados de uma investigação sobre as percepções de professores em relação às relações entre o conhecimento proveniente da observação e os modelos científicos contemporâneos sobre a "forma e movimentos da Terra". Essa investigação foi conduzida no contexto de um curso de extensão universitária voltado para a formação continuada de professores, utilizando os três momentos pedagógicos propostos pelo educador Paulo Freire. Os resultados revelaram a importância de abordagens pedagógicas que promovam a reflexão crítica e a construção de conhecimentos mais atualizados e alinhados com os modelos científicos aceitos, a fim de aprimorar a prática docente e a compreensão dos fenômenos relacionados à Terra.

Gonzatti, S. E. M., De Maman, et al. (2013) realizaram um estudo para identificar o cenário local em relação ao ensino de astronomia em duas regiões do Rio Grande do Sul, envolvendo professores do ensino fundamental. O estudo abordou os principais temas de astronomia trabalhados em sala de aula, as metodologias utilizadas e as dificuldades enfrentadas pelos professores em sua prática docente. Os resultados revelaram que o

cenário local pesquisado não diferia significativamente do cenário nacional em termos dos desafios enfrentados pelos professores no ensino de astronomia. Essa constatação evidencia a importância de ações e estratégias que possam promover a melhoria do ensino e da formação de professores nessa área específica.

Esses cinco estudos destacam a relevância da formação continuada de professores e enfatizam a importância de uma interseção efetiva entre os conteúdos de astronomia. Eles ressaltam a necessidade de os professores serem capazes de abordar os fenômenos de forma mais complexa, por meio de uma compreensão aprofundada dos conteúdos e de estratégias pedagógicas adequadas. Essa abordagem adequada dos temas de astronomia contribui para uma maior relevância e propriedade no ensino, possibilitando uma melhor compreensão e apreciação dos conceitos pelos alunos. Assim, fortalecer a formação dos professores nessa área específica é fundamental para promover uma educação de qualidade em astronomia.

(B) Atividades de formação.

Na categoria "Atividades de Formação", foram agrupados estudos que abordaram a realização de cursos de extensão, mini cursos e formações voltadas para professores em formação ou que já atuam no contexto escolar. Nessa categoria, foram identificados três artigos com a participação dos seguintes autores: Prado, A. F., & Nardi, R. (2020), Vidigal W. Q., & Bisch, S. M. (2020), Damasio, F., Allain, O., & Rodrigues, A. A. (2013). Esses estudos exploraram atividades específicas de formação voltadas para o aprimoramento dos conhecimentos e práticas dos professores no campo da astronomia.

No estudo de Prado, A. F., & Nardi, R. (2020), foi realizada uma investigação sobre os conhecimentos dos docentes por meio de um curso de extensão em astronomia. Esse curso de formação proporciona atividades interdisciplinares e utilizava o material didático específico "II Diário del Cielo" ("O Diário do Céu"). A pesquisa ocorreu ao longo dos encontros, totalizando 120 horas de carga horária. Durante a formação, os professores relataram o progresso das atividades teórico-práticas realizadas com seus alunos em sala de aula. Os resultados indicaram a importância das atividades de formação e ressaltaram a necessidade da formação continuada para os professores, visando melhorar suas práticas em sala de aula e proporcionar maior autonomia na seleção de metodologias.

Em seu estudo, Vidigal W. Q., & Bisch, S. M. (2020) ofereceram um minicurso de formação inicial que aborda conceitos de astronomia para estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas. O minicurso teve duração de dezesseis horas e propôs atividades investigativas utilizando o software livre Stellarium. A coleta de dados e o registro do desenvolvimento foram feitos por meio de gravações do diário de aula. Na avaliação da proposta do minicurso, os autores destacaram a participação e interação positivas dos futuros professores durante as atividades, indicando que o mini curso contribuiu para uma

aprendizagem significativa dos conceitos abordados. Além disso, ressaltaram a importância dessas atividades para a formação inicial de futuros professores, permitindo a construção adequada de conceitos de astronomia e fornecendo sugestões de metodologias variadas, como a utilização do software no minicurso.

No estudo conduzido por Damasio, F., Allain, O., & Rodrigues, A. A. (2013), foi proposta uma formação para futuros professores do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza com habilitação em Física de Araranguá, com foco nos clubes de astronomia. O estudo se baseou na teoria da aprendizagem significativa e na aplicação de métodos de educação não formal, com o objetivo de preparar esses futuros professores para se tornarem divulgadores científicos.

Os três trabalhos destacam a relevância da formação continuada de professores, possibilitando uma integração mais efetiva dos conteúdos e capacitando os professores a explorarem de forma mais aprofundada os fenômenos astronômicos. Essa abordagem adequada dos conteúdos resulta em uma maior relevância e propriedade no ensino de temas relacionados à astronomia. Assim, os professores são capacitados a transmitir o conhecimento de maneira mais eficaz, promovendo uma compreensão mais ampla e significativa dos conceitos astronômicos por parte dos alunos.

(C) aplicação e análise de metodologias envolvendo astronomia.

Os estudos agrupados nesta categoria abordam a utilização de diferentes metodologias para o ensino de astronomia, tanto em formação inicial quanto continuada de professores. Os trabalhos de Longhini, M. D. (2009), Costa, S.; Euzébio, G. J.; Damasio, F. (2016), Queiroz, G. P., Sousa, C. J. B. de, & Machado, M. A. D. (2009), Langhi, R. (2009), Pacheco, M. H., & Zanella, M. S (2020) e Soares, L. M., & Nascimento, S. S. (2012) exploraram diferentes abordagens, como o uso de recursos visuais, jogos educacionais, simulações e experimentações práticas. Essas metodologias visam tornar o ensino de astronomia mais dinâmico, atrativo e acessível aos alunos, promovendo uma maior compreensão dos conceitos e fenômenos astronômicos.

O estudo foi realizado por Longhini, M. D. (2009) enfatiza o papel das opiniões no processo de ensino-aprendizagem. O autor propôs uma disciplina optativa no curso de Licenciatura em Física, onde os conteúdos foram abordados de forma macro para micro, incluindo representações de um espaço tridimensional e promovendo a interdisciplinaridade entre as disciplinas. A atividade foi realizada em escolas da região da Nova Alta Paulista, envolvendo os professores regentes de sala. Durante os encontros, os professores receberam material didático, fichas de coleta e realizaram uma autoavaliação.

Além disso, eles formaram equipes com seus próprios alunos para desenvolver as atividades propostas. Essa abordagem visou estimular a participação ativa dos professores e promover uma aprendizagem significativa dos conteúdos de astronomia.

Através da pesquisa realizada por Costa, S.; Euzébio, G. J.; Damasio, F. (2016), foram realizadas atividades de formação inicial para professores da Licenciatura em Ciências da Natureza com habilitação em Física. Os autores ressaltaram a importância de promover a continuidade de pesquisas e formação continuada, estabelecendo uma conexão entre a escola e a universidade. Durante a formação, foi possível observar a aquisição de novos conhecimentos por parte dos participantes, especialmente em relação ao ensino de astronomia. Essa constatação reforça a necessidade de investir em programas de extensão que estimulem o ensino dessa disciplina, visando aprimorar a prática docente e promover o interesse dos alunos pelo tema.

Queiroz, G. P., Sousa, C. J. B. de, & Machado, M. A. D. (2009), foi descrita a participação de professores em um grupo de pesquisa voltado para a área de astronomia. Os autores destacaram a importância dos modelos mentais na promoção de uma nova perspectiva de aprendizagem para os alunos. Além disso, ressaltaram que a conexão entre escola e universidade pode desempenhar um papel fundamental na realização de atividades inovadoras e atualizadas. Essa ponte colaborativa permite que os professores aprimorem suas práticas pedagógicas, incorporando abordagens mais eficazes e explorando recursos e conhecimentos científicos mais recentes, beneficiando assim seus alunos.

Pacheco, M. H., & Zanella, M. S. (2020) levantou pesquisas sobre o ensino de astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental entre 2008 e 2018. Foi identificado um número limitado de estudos nessa área, revelando que o ensino de astronomia nesse contexto é pouco explorado pela pesquisa acadêmica. A falta de formação inicial dos professores nesse campo foi apontada como um desafio, resultando em dificuldades no ensino de astronomia em sala de aula. Para superar essas dificuldades, é necessário desenvolver novas metodologias e incentivar a participação dos professores em discussões acadêmicas sobre o ensino de astronomia, a fim de promover a troca de experiências e a atualização das abordagens pedagógicas. Isso contribuirá para uma educação mais enriquecedora e significativa nessa área para os alunos.

Soares, L. M., & Nascimento, S. S. (2012) relatou a experiência na formação de professores de distintas Licenciaturas, Pedagogia e Licenciatura indígena. Em que professores aprendem a utilizar o KITPEA (Kit Para o Ensino De Astronomia) criado pelo professor da mesma universidade Francisco de Borja López de Prado, que serve como instrumento de promover a divulgação e o ensino em astronomia. A partir da aplicação de um questionário aos professores participantes, o autor destaca que houve uma clara apropriação do instrumento, evidenciada pela adaptação feita para executar as atividades.

Os dados revelam uma pedagogia distinta para o ensino da astronomia no Ensino Fundamental, com abordagens específicas adaptadas aos anos iniciais e finais. Nos

primeiros anos, o foco é nutrir a curiosidade inerente dos alunos. Assuntos como fases da Lua, traços dos planetas e constelações são introduzidos. Neste contexto, estratégias lúdicas, como maquetes e jogos, são instrumentos pedagógicos essenciais, ressaltando a importância de docentes qualificados para guiar o aprendizado.

Conforme avançam, os alunos são imersos em uma exploração mais profunda da astronomia. Delvan em tópicos mais complexos, englobando movimentos da Terra, peculiaridades do Sistema Solar e uma introdução sobre estrelas e galáxias. Esta etapa se beneficia enormemente de atividades hands-on, softwares educacionais específicos e excursões, como visitas a planetários.

A qualidade do ensino em ambos os segmentos enfatiza a primazia da capacitação docente. Para proporcionar uma instrução de astronomia envolvente e impactante, é vital o investimento em formação docente contínua e materiais didáticos contemporâneos. Neste cenário, os resultados destacam a urgência de entender as nuances na produção científica em astronomia. Há uma clara necessidade de impulsionar estudos detalhados neste setor, com o objetivo de refinar métodos pedagógicos e inspirar uma apreciação genuína da astronomia entre os alunos. Os insights obtidos traçam um caminho para abordagens inovadoras e melhorias contínuas na educação astronômica.

4. CONCLUSÕES.

Este estudo analisou as publicações da Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) de 2005 a 2020, focalizando na formação inicial e continuada de professores do ensino fundamental, abrangendo todos os anos iniciais e finais. A revisão evidenciou uma preocupação dominante com a adequação da formação em astronomia, apontando lacunas que afetam adversamente a excelência do ensino.

A RELEA desempenha um papel relevante ao fornecer informações e compartilhar conhecimentos científicos, tornando-se uma fonte essencial para os professores em busca de atividades formativas. Através das publicações da revista, os docentes têm a oportunidade de se atualizar sobre o que já foi produzido e avançar no cenário atual da educação brasileira, inserindo-se no meio científico. Das 14 pesquisas analisadas, emergiram duas categorias dominantes: Formação Inicial e Formação Continuada, com sete estudos em cada. Para uma análise mais precisa, essas categorias foram subdivididas em: (A) Investigação acerca dos conhecimentos astronômicos de professores e as abordagens pedagógicas adotadas (5 estudos); (B) Atividades formativas (3 estudos); e (C) Aplicação e avaliação de metodologias em astronomia (6 estudos).

Os estudos foram ainda estruturados em grupos, considerando: (1) Formação inicial de docentes para ensino fundamental I, abordando experiências na graduação, e (2) Formação continuada, enfocando a capacitação de professores licenciados recebem ao longo de sua trajetória profissional. A estruturação criteriosa dos estudos permitiu um entendimento refinado sobre a formação docente em astronomia. A distinção entre Anos Iniciais e Finais evidencia a necessidade de se adaptar estratégias pedagógicas às etapas educacionais específicas. Esse detalhamento é fundamental para entender as demandas dos educadores e os obstáculos no ensino de astronomia.

Os achados sublinham a necessidade de formação mais robusta dos docentes e a urgência de correções nos materiais didáticos. Revela-se um déficit na quantidade de estudos voltados à formação docente em astronomia, ressaltando a urgência de mais investimentos na área. A astronomia, além de seu significado intrínseco, ganha mais destaque com a nova Base Nacional Comum Curricular, que enfatiza seu ensino desde as etapas iniciais. Assim, preparar adequadamente os educadores é imperativo para responder a essa demanda e assegurar um ensino de qualidade.

Em suma, esta análise fornece uma visão holística das publicações relativas à formação de professores de astronomia no ensino fundamental, sublinhando áreas que necessitam de atenção. Os insights e diretrizes aqui apresentados são cruciais para educadores, reforçando a primazia da capacitação contínua para oferecer um ensino enriquecedor e eficaz. Diante da importância da astronomia no currículo educacional, é imprescindível focar na excelência da formação docente e garantir um padrão educacional elevado para os estudantes do ensino fundamental.

REFERÊNCIAS

- Bardin, L. (2006). *Análise de conteúdo* (L. de A. Rego & A. Pinheiro, Trads.). Lisboa: Edições 70.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília.
- Costa, S., Euzébio, G. J., & Damasio, F. (2016). A astronomia na formação inicial de professores de ciências. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (22), 59-80.
- Damasio, F., Allain, O., & Rodrigues, A. A. (2013). Clube de Astronomia de Araranguá: A formação de professores de ciências como divulgadores científicos. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (15), 65-77.

- Ferreira, C. A., & Bisch, S. M. (2020). Qual é o tamanho do universo? Uma proposta de sequência de ensino investigativo sobre os métodos de Eratóstenes e Aristarco para medir os tamanhos da terra e da lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (28), 27–46.
- Ferreira, F. P., & Leite, C. (2015). A forma e os movimentos da terra: percepções de professores acerca das relações entre observações cotidianas e os modelos científicos. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (19), 123–146.
- Ferreira, N. S. A. (2002). As pesquisas denominadas “estado da arte”. *Educação & Sociedade*, 23(79), 257-272.
- Freire, P. (1980). *Educação como prática da liberdade*. São Paulo: Paz e Terra.
- Gonzatti, S. E. M., De Maman, A. S., Borragini, E. F., Kerber, J. C., & Haetinger, W. (2013). Ensino de Astronomia: Cenários da prática docente no ensino fundamental. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (16), 27–43.
- Langhi, R. (2009). *Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores*. (Tese de doutorado). Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Langhi, R. (2009). Educação em astronomia e formação continuada de professores: a interdisciplinaridade durante um eclipse lunar total. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (7), 15–30.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2005). Dificuldades de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (2), 75–91.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presentes nos livros didáticos de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 24(1), 87-111.
- Leite, C., & Hosoume, Y. (2007). Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (4), 47-68.
- Longhini, M. D. (2009). O universo representado em uma caixa: introdução ao estudo da astronomia na formação inicial de professores de física. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (7), 31-42.

- Pacheco, M. H., & Zanella, M. S. (2020). Panorama de pesquisas em ensino de astronomia nos anos iniciais: um olhar para teses e dissertações. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (28), 113-132.
- Prado, A. F., & Nardi, R. (2020). Formação de professores dos anos iniciais e saberes docentes mobilizados durante um curso de formação em Astronomia. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (29), 103-116.
- Queiroz, G. P., Sousa, C. J. B. de, & Machado, M. A. D. (2009). A prática de pesquisa de um professor do ensino fundamental, envolvendo modelos mentais de fases da lua e eclipses. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (9), 73-87.
- Relea, R. (2009). Editorial. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (8). <https://doi.org/10.37156/RELEA/2009.08.003>
- Sanzovo, D. T., Gonçalves, M. L. C., Queiroz, V., & Lucas, L. B. (2021). Estratégias metodológicas para o ensino de astronomia em cursos de formação de professores nas publicações do SNEA e da RELEA. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (30), 65-82.
- Simon, P. C. D. S. G. (2016). *Ensino de Astronomia para os anos iniciais: uma proposta a partir da observação da Lua*. (Dissertação de Mestrado Profissional em Educação). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Soares, L. M., & Nascimento, S. S. (2012). Formas de apropriação de instrumentos para o ensino de astronomia na formação continuada de professores. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (13), 41-59.
- Stellarium Web. Plataforma de observação astronômica. Disponível em: <<https://www.stellariumweb.com>>. Acesso em: 27 mai. 2022.
- Trevisan Sanzovo, D., & Laburú, C. E. (2016). Níveis interpretantes apresentados por alunos do ensino superior sobre as estações do ano. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, 22, 35-58.
- Vidigal, W. Q., & Bisch, S. M. (2021). Atividades investigativas na formação inicial de professores em astronomia: o movimento aparente do sol no céu e a duração dos dias e noites. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (30), 83-113.



ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES SOBRE METEORÍTICA NO ÚLTIMO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Carolina Targon Tiberio¹

RESUMO: Este artigo apresenta parte dos resultados de uma pesquisa realizada com alunos do último ano do Ensino Fundamental II que identificou as concepções prévias sobre Astronomia e Meteorítica presentes nos estudantes a partir da qual foi proposto um material didático suplementar com base nos resultados obtidos. A abordagem metodológica se baseou em entrevistas com grupos focais, compreendendo 8 a 10 estudantes de três instituições públicas na cidade de São Carlos – SP. A análise dos dados foi realizada seguindo a metodologia de Análise de Conteúdo e Análise Temática. Foi observado que as concepções prévias dos alunos estão profundamente relacionadas a conceitos desatualizados ou superficiais, erros conceituais e crenças religiosas. Este resultado corrobora com pesquisas anteriores que apontam para uma falta de preparo dos docentes para lecionar conteúdos de Astronomia, fundamentada na falta deste tipo de conteúdo na sua formação inicial e continuada. A partir disso, utilizando os dados levantados como referência, foi elaborada uma revista de divulgação científica, contemplando as perspectivas dos alunos e buscando uma maior correlação com as teorias científicas contemporâneas, com o objetivo de contribuir para uma aprendizagem significativa.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Fundamental; Astronomia; Aprendizagem Significativa; Divulgação Científica; Material Didático.

¹ Universidade Federal de São Carlos, Brasil. E-mail: carolina.tati14@gmail.com

ANÁLISIS DE LAS CONCEPCIONES PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LOS METEORITOS EN EL ÚLTIMO AÑO DE LA ESCUELA PRIMARIA

RESUMEN: Este artículo presenta parte de los resultados de una investigación realizada con estudiantes de último año de la educación secundaria, que identificó las concepciones previas sobre Astronomía y meteoritos presentes en los estudiantes a partir del cual se propuso un material didáctico suplementario basado en los resultados obtenidos. El enfoque metodológico se basó en entrevistas con grupos focales, que comprendían de 8 a 10 estudiantes de tres instituciones públicas en la ciudad de São Carlos, São Paulo. El análisis de los datos se llevó a cabo siguiendo la metodología de Análisis de Contenido y Análisis Temático. Se observó que las concepciones previas de los estudiantes están profundamente relacionadas con conceptos desactualizados o superficiales, errores conceptuales y creencias religiosas. Este resultado respalda investigaciones anteriores que señalan una falta de preparación por parte de los docentes para enseñar contenidos de Astronomía, fundamentada en la falta de este tipo de contenido en su formación inicial y continua. A partir de esto, utilizando los datos recopilados como referencia, se elaboró una revista de divulgación científica que abarca las perspectivas de los estudiantes y busca una mayor correlación con las teorías científicas contemporáneas, con el objetivo de contribuir a un aprendizaje significativo.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza fundamental; Astronomía; Aprendizaje significativo; Divulgación científica; Material didáctico.

ANALYSIS OF STUDENTS' PRIOR CONCEPTIONS ABOUT METEORITES IN THE FINAL YEAR OF ELEMENTARY SCHOOL

ABSTRACT: This article presents part of the results of a research conducted with high school seniors, which identified their prior conceptions about Astronomy and Meteorites from which it was proposed a supplementary educational material based on the obtained results. The methodological approach relied on interviews with focus groups, comprising 8 to 10 students from three public institutions in the city of São Carlos, São Paulo. Data analysis was carried out following the methodology of Content Analysis and Thematic Analysis. It was observed that students' prior conceptions are deeply related to outdated or superficially, conceptual errors, and religious beliefs. This result supports previous research pointing to a lack of preparedness among educators to teach Astronomy content, grounded in the absence of this type of content in their initial and ongoing education. Subsequently, using the collected data as a reference, a scientific outreach magazine was

developed, encompassing students' perspectives and aiming for a greater alignment with contemporary scientific theories, with the goal of contributing to meaningful learning.

KEYWORDS: *Elementary School; Astronomy; Meaningful learning; Scientific divulgation; Courseware.*

1- INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma ciência que fascina a humanidade desde os seus primórdios. Povos de todos os lugares do mundo utilizavam algum sistema astronômico para determinar a época de colheitas, caça, festividades, entre outros fatores que guiavam o transcurso de suas sociedades. Sentir-se pequeno diante da vastidão do universo, mas ao mesmo tempo intrínseco a ele, é um dos sentimentos mais humanos que se pode ter ao olhar para o céu noturno.

Para aqueles que observam o céu com certa frequência, ocasionalmente podem testemunhar um evento bastante peculiar. Trata-se da rápida entrada de um fragmento de rocha espacial na atmosfera, o qual deixa para trás um rastro luminoso suficientemente brilhante para ser admirado. Esse fenômeno é conhecido como "estrela cadente" ou "meteoro". No caso em que o fragmento é grande o bastante para resistir à entrada na atmosfera e atingir a superfície terrestre, ele passa a ser chamado de "meteorito", conforme uma convenção gramatical da Geologia.

Os meteoritos (rochas espaciais que caem na Terra) são de grande relevância científica não só para a Astronomia, mas também para outras esferas do conhecimento como a Geologia, Ciências Planetárias e a própria Meteorítica, ciência que se dedica a estudá-los. A composição química dos meteoritos carrega informações valiosas sobre a formação do nosso Sistema Solar, visto que eles são fragmentos de corpos maiores gerados a partir de colisões durante a formação do Sistema Solar (como cometas, asteroides, meteoroides, luas etc.). Ao investigarmos a estrutura destes astros, somos capazes de adquirir uma compreensão maior de como esse processo ocorreu e das características presentes em suas fases iniciais. (Costa., 2020; Zucolotto et al., 2013). Para além da origem do Sistema Solar, os meteoritos proporcionam um grande conhecimento acerca do nosso próprio planeta, especialmente os classificados como carbonáceos, os quais estão

intimamente ligados à introdução de água e hidrocarbonetos na Terra (Costa., 2020; Schaan., 2015).

Embora a relevância da Astronomia para o campo científico seja indiscutível, há uma carência de abordagem dos seus temas nas escolas, sobretudo no que se refere aos meteoritos. Frequentemente, os conhecimentos construídos sobre estes objetos em sala de aula são insuficientes para que se tenha uma compreensão plena acerca do seu significado científico, quando não equivocados (Buffon et al., 2022; Rommel., 2015). Ademais, imprecisões em materiais didáticos, carência de habilidades em estratégias de ensino relacionadas a esse tema e insuficiência de formação na área por parte dos programas de formação de professores são elementos que contribuem para a amplificação da insegurança enfrentada pelos docentes do Ensino Fundamental ao lidar com esses conteúdos na sala de aula (Langhi, 2011).

A maioria desses professores evita abordar temas de Astronomia que divergem consideravelmente do formato delineado nos livros didáticos, como por exemplo observações celestes, elaboração de mapas, exibição de meteoritos, entre outros, devido ao conhecimento limitado para discorrer mais profundamente acerca dessa ciência (Darroz et al., 2016). Neste cenário, a utilização dos meteoritos como parte do processo formativo dos estudantes é desconhecida, apesar da sua grande potencialidade em proporcionar conhecimentos científicos, históricos, geológicos, petrográficos e até mesmo culturais.

Considerando que a maioria dos professores de Ciências do ciclo inicial de ensino é composta por pedagogos ou biólogos, é crucial prestar atenção à qualidade da preparação acadêmica desses docentes, uma vez que são eles que têm a responsabilidade de ministrar os temas de Astronomia. Nesse contexto, é evidente que, salvo algumas exceções, a maioria dos programas de formação pedagógica não abrange de maneira adequada esses tópicos em sua grade curricular, privando assim o professor de uma base sólida de conhecimento para planejar suas aulas (Langhi & Nardi, 2010; Sanzovo & Laburú, 2013; Dias e Dias et al., 2023).

No âmbito da meteorítica, também é evidenciada a escassez de incentivo para esta ciência no Brasil. Nos últimos anos, o número de meteoritos registrados e identificados no país tem aumentado, devido aos esforços de pesquisadores dedicados e à disponibilização de materiais, como infográficos, que explicam como identificá-los. No entanto, permanece sendo um campo negligenciado dado o

tamanho vasto do país, o que resulta em um número de meteoritos registrados muito menor em comparação ao que poderia ser. Diante disso, a possibilidade de utilização deste tipo de material petrográfico como possibilidade de material didático para lecionar ciências nos últimos anos do Ensino Fundamental ainda é ínfima.

Ademais, os materiais didáticos que chegam às escolas abordando esse tipo de conhecimento ainda são insuficientes (Costa, 2020), quando não inexistentes, e tampouco apresentam uma avaliação criteriosa da qualidade científica de seu conteúdo. Nesta circunstância, alguns alunos mais curiosos em relação ao tema acabam buscando complementar seu entendimento em Astronomia fora do ambiente escolar, embora nem sempre recorram a fontes confiáveis. Assim, de acordo com a perspectiva de construção de um material didático, observando elementos da teoria da aprendizagem significativa e divulgação da ciência Meteorítica, a identificação das concepções prévias dos alunos sobre a temática pesquisada se torna vital para estabelecer uma base adequada na formulação de estratégias educacionais (Machado & Santos, 2011).

Considerando isso, alguns estudos acadêmicos investigaram a percepção dos docentes do ensino básico sobre o tópico da Astronomia (Buffon et al., 2022), enquanto outros pesquisadores se dedicaram a revelar elementos da estrutura de conhecimento dos alunos em diferentes níveis de educação e contextos socioculturais (Machado & Santos, 2011). No entanto, ainda há uma carência de investigações na literatura científica que explorem as concepções prévias dos alunos no estágio final do Ensino Fundamental relacionadas aos temas da Meteorítica.

Desse modo, este estudo procurou responder à pergunta sobre quais eram as concepções prévias dos estudantes do último ano do Ensino Fundamental em relação aos meteoritos. Para isso, foram realizadas entrevistas com grupo focal com os estudantes de três escolas do município de São Carlos - SP. As entrevistas foram gravadas, transcritas e analisadas através da técnica de Análise de Conteúdo segundo Bardin (2011). A partir dos dados coletados nesta pesquisa, este trabalho também propôs criar um recurso educacional no formato de revista online (e-zine) fundamentado na teoria da aprendizagem significativa para ser empregado tanto em ambiente escolar quanto na divulgação científica do campo da Meteorítica.

O conteúdo produzido foi disponibilizado online para consulta e distribuído em formato físico nas escolas envolvidas, além de ser disponibilizado no observatório de Astronomia da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar onde a coleção mineralógica dos meteoritos foi disponibilizada para os fins desta pesquisa.

2- A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE ASTRONOMIA E A UTILIZAÇÃO DE MÍDIAS ALTERNATIVAS

Entende-se por aprendizagem significativa a formação de conhecimento a partir da conexão entre relações não-arbitrárias (intencionais) e não-literais (substanciais) entre o conhecimento que os alunos já possuem e o conteúdo que estão prestes a adquirir (Ausubel, 2000). Alguns autores correlacionam as concepções alternativas com a ideia de “senso comum” dos indivíduos (Langhi, 2011), ou seja, a imagem central de um conceito que está embasado em conhecimentos prévios (o que David Ausubel chamava de *subsunçor* ou *ideia âncora*) presentes no cognitivo do indivíduo que aprende. Neste contexto, tomar conhecimento sobre as concepções prévias que os estudantes possuem sobre o tema desempenha um papel crucial para que se construa um material educativo que busca contemplar a teoria da aprendizagem significativa (Moreira, 2012).

Machado e Santos (2011) observaram que a maioria dos estudantes, do Ensino Fundamental ao Ensino Médio, de uma escola de Foz do Iguaçu, não estavam familiarizados com as explicações e fatos cientificamente aceitos em relação à maioria das questões relacionadas à Astronomia. No mesmo estudo, os autores enfatizam que, embora o campo de pesquisa em educação astronômica seja amplamente explorado por estudos internacionais, ainda há uma necessidade de aprofundamento desse entendimento no contexto brasileiro (Machado & Santos, 2011). Além disso, as pesquisas geralmente se concentram em conceitos fundamentais, que teoricamente deveriam ser abordados em sala de aula (mas raramente o são) e negligenciam temáticas como Meteorítica e Astrobiologia.

Já Sanzovo e Laburú (2013) identificaram conceitos relacionados à Astronomia em livros paradidáticos utilizados nas aulas de Física para um curso de formação de professores na Universidade Estadual do Paraná, onde o enfoque nesta ciência ocorreu após a inclusão da temática na ementa do curso de Ciências Biológicas. No estudo, eles demonstraram como esses conceitos tiveram um impacto positivo na formação dos futuros professores de ciências, ajudando-os a compreender de

maneira mais eficaz os princípios científicos apresentados nos livros utilizados na bibliografia da graduação.

Outro estudo analisou as concepções astronômicas alternativas apresentadas pelos professores de escolas estaduais do Estado de São Paulo. Esse estudo resultou na criação de um curso de extensão universitária destinado aos professores da Diretoria de Ensino Regional (Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra), com o objetivo de preencher as lacunas na formação inicial desses professores. No contexto desse curso, a Meteorítica foi abordada, o que levou a um aumento significativo na compreensão do conteúdo pelos professores (Gonzaga & Voelzke 2011). Antes do curso, apenas 15,2% dos professores conseguiram fornecer a definição correta de cometa, 6,1% para asteroide e 9,1% para meteoro. Após a conclusão do curso, essas porcentagens aumentaram para 87,9%, 63,6% e 54,5%, respectivamente (Gonzaga & Voelzke, 2011). É notável que, mesmo após o curso, a definição de meteoro ainda foi a menos compreendida pelos professores, sugerindo uma certa dificuldade na assimilação desse termo.

Langhi (2004) investigou o processo de aprendizado dos conceitos fundamentais de Astronomia durante a formação inicial de professores, destacando a escassez de cursos de graduação que abordam esses tópicos. Isso resulta na formação de professores que não possuem o conhecimento necessário para ensinar Astronomia de maneira adequada. Nesse contexto, Bretones (2006) e Cavalcanti (2019) ampliam o escopo do tema, analisando as contribuições que um programa de formação contínua de professores em Astronomia pode oferecer para aprimorar o ensino na Educação Básica, concluindo que este tipo de programa teve um resultado positivo no domínio dos professores sobre o assunto.

Ao analisar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), foi possível observar que é viável incluir a abordagem de meteoritos em sala de aula, principalmente nos anos finais do Ensino Fundamental. Isso é notável principalmente nas descrições das habilidades EF09CI14, EF09CI15 e EF09CI17, que também estão presentes no Currículo Paulista. As habilidades são as seguintes:

(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.).

(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 (Base Nacional Comum Curricular, 2018, p.351 e Currículo Paulista, 2019, p. 394).

Entretanto, Buffon et al. (2022) argumentaram que, ao analisar as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas no Brasil, é evidente que a Astronomia não é claramente incorporada aos conteúdos essenciais estabelecidos por lei. Elas apenas mencionam a necessidade de abordar os princípios das Ciências Exatas e da Terra (Buffon et al., 2022). Isso resulta em uma situação na qual, na maioria das instituições de Ensino Superior, os futuros professores não recebem uma preparação adequada em sua formação inicial para ensinar Astronomia, muito menos Meteorítica, na disciplina de ciências do Ensino Fundamental. Somado a isso, há ainda uma carência muito grande de pesquisas acadêmicas que explorem o ensino desse conteúdo no contexto do Ensino Fundamental.

Em face deste cenário, foi considerada a utilização dos resultados desta pesquisa na criação de um recurso educacional que correspondesse tanto a um material de divulgação científica como também um apoio ao professor. Nesse contexto, optou-se por criar um tipo de revista online, conhecida como fanzines, zines ou e-zines, devido à sua flexibilidade editorial. Assim, a escolha por um formato lúdico, de fácil acesso para a comunidade não científica, mas que ao mesmo tempo tenha a capacidade de combinar materiais de pesquisa em uma linguagem para diversos públicos, foi fundamental.

Ao introduzir e-zines nas escolas, os alunos têm a oportunidade de se familiarizar com gêneros literários que estão relacionados ao seu cotidiano, especialmente em uma cultura cibernética (Zavan, 2007). Além disso, isso possibilita uma educação inclusiva, uma vez que gêneros literários aos quais os alunos se identificam são apresentados como recursos para expressão linguística (Zavan, 2007).

Laburú e Silva (2011) argumentam que uma combinação de representações com um discurso científico integrador constitui um mecanismo pedagógico importante para que se favoreçam procedimentos variados de interpretação e entendimento. Além disso, salientam que, para haver uma aprendizagem efetiva de ciências, os estudantes precisam trabalhar diferentes representações dos conceitos e processos científicos, traduzindo-as umas nas outras (Sanzovo & Laburú, 2013). Dessa forma, as representações trazidas pela revista visaram correlacionar as concepções prévias, levantadas pela pesquisa, com a formação de novas estruturas conceituais em Astronomia e Meteorítica à luz do que prediz a aprendizagem significativa.

3- METODOLOGIA

Em uma primeira fase, foi realizada uma etapa de exploração empírica, na qual foram obtidas as concepções prévias de estudantes do Ensino Fundamental II sobre a temática. Foram conduzidas três entrevistas com grupos focais compostos por oito a dez alunos em três escolas com características distintas localizadas no município de São Carlos, SP (Arantes & Deusdará, 2017; Corrêa et al., 2021; Dias, 2000). A escolha do grupo focal se deu como estratégia de coleta de dados para esta fase da pesquisa pois apresenta um grande potencial para a geração de informações espontâneas sobre o tema (Corrêa et al., 2021; Dias, 2000). A entrevista teve como objetivo levantar os principais aspectos das vivências dos participantes relacionados com a Astronomia e Meteorítica, buscando levantar dados relevantes sobre como estas duas ciências estão inseridas na cultura dos alunos.

Além disso, os meteoritos pertencentes ao acervo do Observatório Astronômico da UFSCar também foram utilizados nesta fase para despertar ainda mais a curiosidade durante as entrevistas. Essa coleção também desempenhou um papel importante na elaboração do material didático da pesquisa. A incorporação de coleções petrográficas como um componente do processo educativo visa, por meio da exibição dessas coleções, promover um discurso expositivo, fazendo com que os alunos compreendam os conceitos em determinada Ciência. Esse discurso inclui a recontextualização de outros tipos de comunicação, como o científico, o educacional, o museológico, entre outros (Kunsch et al., 2021).

Em uma segunda etapa, as entrevistas gravadas foram transcritas em formato de texto e a análise foi conduzida seguindo a metodologia de Análise de Conteúdo, no qual foram selecionadas e quantificadas as representações mais substanciais (palavras chave) de cada tema para que se pudesse levantar os dados (quantitativos) sobre o que os alunos pensam de forma geral (Bardin, 2011). Também foi utilizada, em alguns trechos, a metodologia de Análise Temática para explorar melhor determinados temas que surgem como discussões entre os participantes, onde a pesquisadora tem o enfoque em descrever, com uma certa interpretação, o que os participantes discutem durante a entrevista (Bardin, 2011).

A etapa final teve como objetivo a construção do material didático, tendo em mente o estabelecimento de conexões entre as concepções prévias dos estudantes, identificadas por meio da pesquisa, e as teorias científicas atuais. Isso foi feito com a intenção de promover uma educação científica crítica dentro de um contexto de aprendizagem significativa. Busca-se, assim, despertar o interesse dos alunos pelo aprendizado em áreas multidisciplinares da ciência, enquanto proporciona aos professores um recurso suplementar confiável para enriquecer o conteúdo de suas aulas.

4- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como previamente descrito na metodologia, foram realizadas três entrevistas com grupos focais entre oito a dez estudantes em três escolas do município de São Carlos - SP. Para que se pudesse realizar a pré-análise da Análise de Conteúdo segundo Bardin (2011), os áudios coletados foram transcritos em arquivos de texto. A partir da entrevista transcrita, as falas foram analisadas digitalmente, destacando palavras chave nas falas sobre as temáticas. Na fase de exploração do material, foram utilizados softwares de análise de dados para a plotagem de gráficos. Com estes dados, pôde-se então partir para a inferência de resultados, com o objetivo levando em conta o contexto social em cada escola. Como esperado de entrevistas, alguns temas foram reaparecendo conforme os alunos se sentiam mais confortáveis em compartilhar as experiências, destacando temáticas importantes a serem tratadas tanto na análise quanto na construção da revista.

Quando questionados sobre seus assuntos preferidos em Astronomia, os estudantes mencionaram em primeiro lugar o estudo de planetas, o segundo lugar é ocupado por buracos negros, universo, galáxias e exploração de recursos. Espaço, estrelas e

gravidade foram mencionados em terceiro lugar. Desde a primeira pergunta da entrevista tornou-se evidente a potencialidade em inserir a temática Meteorítica nas aulas de ciências correlacionando-a com as temáticas de origem e evolução planetária em conformidade com a habilidade EF09CI14 da BNCC. De acordo com a quantidade de vezes com que o tema foi mencionado, foi possível perceber nos alunos uma curiosidade inata sobre a composição dos planetas, o que pode sugerir uma ampliação do tema nas escolas ou nos materiais de ensino utilizados por elas.

Diversos relatos de experiências astronômicas foram compartilhados pelos alunos durante a entrevista, sendo a mais relevante delas as visitas a museus ou observatórios de Astronomia. Aqui, como resultados, destaca-se o papel desempenhado pelos observatórios da cidade e da região, pois eles se revelaram como as principais fontes de exposição aos conhecimentos astronômicos fora do ambiente escolar, além das redes sociais e internet. O gráfico 1 sucinta as principais experiências astronômicas vividas pelos alunos. Os valores representados no gráfico partem da seleção e quantificação de palavras chave a partir da transcrição da entrevista.



Gráfico 1 – Experiências dos alunos com Astronomia.

Fonte – Autoria própria.

É especialmente na perspectiva da ampliação da cultura que os museus, observatórios e outros locais destinados à divulgação de ciências desempenham um papel crucial ao contribuir para a Alfabetização Científica dos cidadãos. Nessa conjuntura social atual, buscar conhecimento nos espaços dedicados à Alfabetização Científica se torna ainda mais importante para que os estudantes se conscientizem sobre como buscar e distinguir fontes confiáveis de informação em Ciência.

Sobre a formação do Sistema Solar, a resposta predominante entre os alunos foi a associação com a teoria do *Big Bang*. Alguns também demonstraram compreender a teoria de formação a partir de uma nebulosa ancestral, embora relatarem ter adquirido esse conhecimento por meio de fontes extracurriculares, como a *internet*, onde estão sujeitos a conteúdos sensacionalistas ou inverídicos. Apenas uma das alunas entrevistadas se destacou pelo amplo conhecimento na área, o que a motivou

a participar de um curso de Astronomia oferecido por uma universidade da região. Durante essa experiência, a aluna relatou ter tido a oportunidade de entrar em contato com meteoritos. Como resultado, o gráfico 2 apresenta um resumo das principais concepções dos alunos sobre a formação do Sistema Solar.

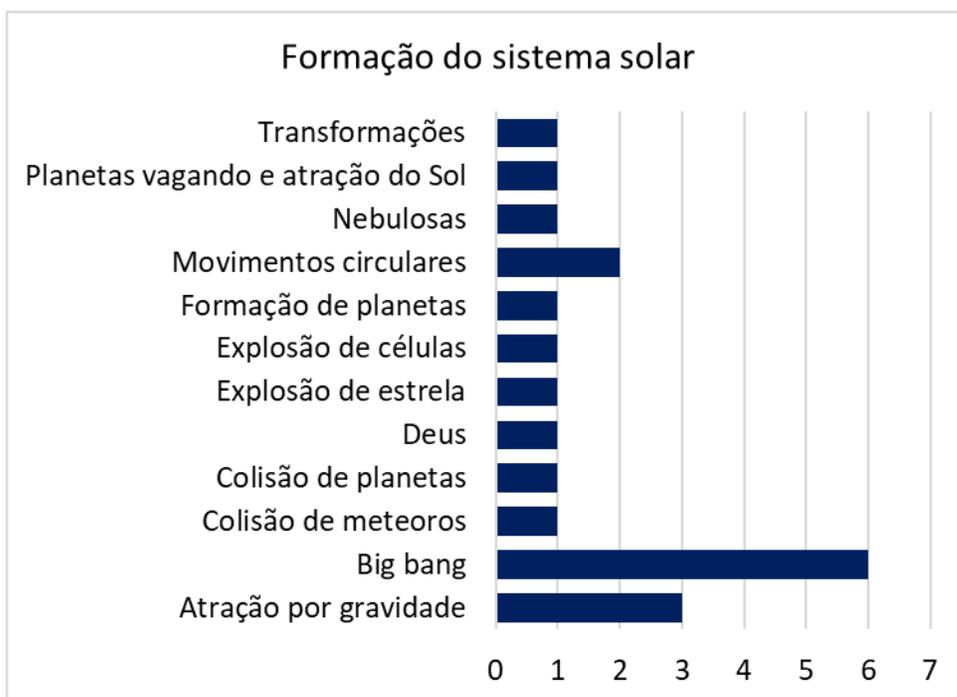


Gráfico 2 – Principais concepções relacionadas à formação do Sistema Solar.
Fonte – Autoria própria.

No que diz respeito aos meteoritos, as principais ideias apresentadas pelos alunos sobre a sua origem incluíram a crença de que eles são rochas que “vagam” pelo espaço e que, eventualmente, são atraídas para os planetas devido à ação da gravidade. A partir das respostas vagas e longos silêncios foi possível perceber, durante a entrevista e a análise de conteúdo, que os estudantes tiveram dificuldade em explicar com detalhes como os meteoritos são formados e por que existem no

espaço. Suas concepções variam, mas a imagem predominante foi a de que eles são formados por colisões entre planetas ou outras rochas. Sob um olhar científico, a definição utilizada pela Geologia para os meteoritos é a de que são rochas espaciais que atingem o solo terrestre, mas a ideia de que eles “vagam” pelo espaço, sem um órbita definida, e só atingem a Terra ocasionalmente, está muito distante da realidade. Apenas a aluna que tinha feito o curso de Astronomia respondeu que já havia tido contato com meteoritos. O gráfico 3 apresenta um resumo das principais concepções dos alunos sobre a origem dos meteoritos:

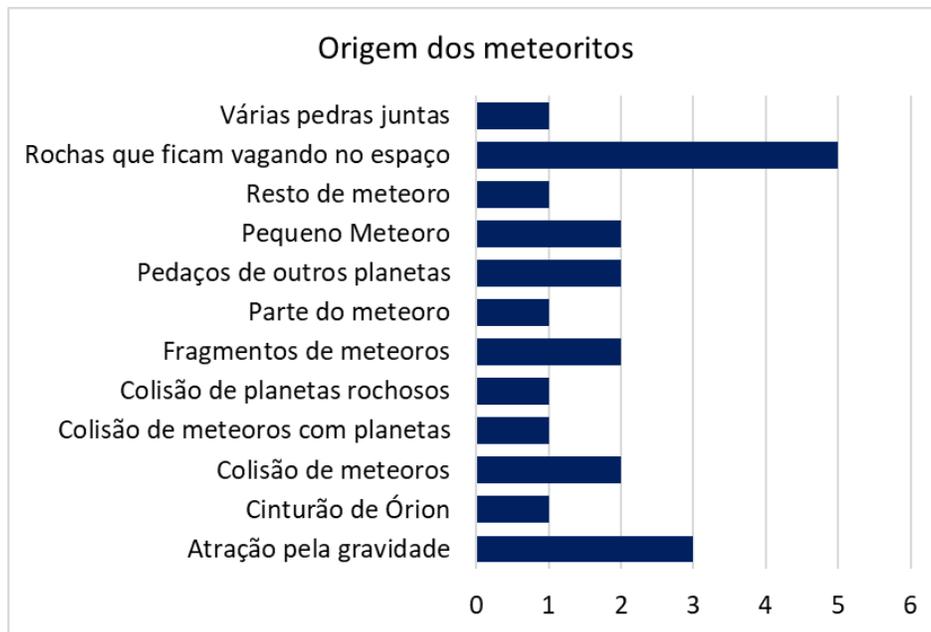


Gráfico 3 – Principais concepções sobre a origem dos meteoritos.

Fonte – Autoria própria.

Quanto às principais características que um meteorito poderia ter, os estudantes responderam que eles seriam pequenos, desgastados e queimados devido à sua entrada na atmosfera. A maioria das características apresentadas pelos estudantes está em conformidade com as verdadeiras propriedades, o que sugere alguma associação com o que é comumente apresentado na mídia, na internet e nas salas de aula. Através desta observação, presume-se que há potencial para aumentar o

número de estudos acadêmicos e científicos relacionados aos meteoritos encontrados no Brasil, caso esse conteúdo seja promovido por meio da divulgação científica e da criação de materiais educativos de qualidade.

O gráfico 4 apresenta as principais características presentes no imaginário dos alunos com relação aos meteoritos.

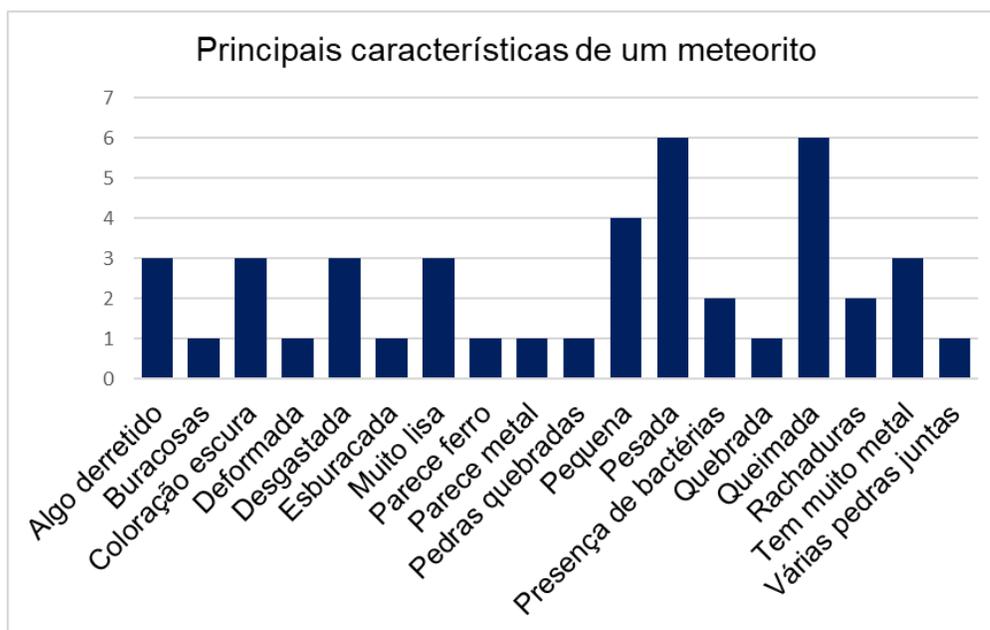


Gráfico 4 – Principais concepções acerca das características dos meteoritos.
Fonte – A autoria própria.

Ao serem questionados sobre a possível relação entre meteoritos e a origem da vida na Terra, os alunos apresentaram ideias divergentes. Alguns deles se sentiram divididos entre suas crenças religiosas e a credibilidade das teorias científicas, tornando difícil fornecer uma resposta definitiva para a questão. Outros alunos associaram a origem da vida à queda de um meteorito que teria levado à extinção dos dinossauros, relacionando o surgimento da vida com a dispersão de mamíferos após o impacto do asteroide que marcou o fim do Período Cretáceo.

A partir da complexidade relacionada à essa pergunta, foi feita uma análise de conteúdo segundo a metodologia de análise temática do debate ocorrido nas três escolas sobre esta questão. De um modo geral, as temáticas nos discursos dos alunos foram divididas em: conflito dogmático; expectativa negativa/expectativa positiva; questionamento da ciência; incerteza/dúvida; contraste; sentimento de esperança; perspectiva evolucionista; dinossauros e água.

Na primeira escola ocorreu um debate acalorado, com a maioria dos estudantes aditando a perspectiva que mais lhe convinha, seja ela baseada em uma construção religiosa ou através de outros fatores, como conteúdos divulgados na internet. Neste contexto, foi possível observar duas nuances no discurso: a primeira envolve o aparente embate histórico entre ciência e religião, uma disputa que tem ocorrido em várias culturas, especialmente aquelas em que a religião desempenha um papel significativo na comunidade e a promoção de uma educação científica crítica ainda é limitada, como é o caso do Brasil. A segunda nuance diz respeito à incerteza associada à confiabilidade das informações online na era digital, considerando a disseminação de notícias falsas (*fake News*).

Na segunda escola ocorreu um debate mais uniforme, com a maioria dos alunos concordando que os meteoritos poderiam ter tido alguma influência sobre a vida na Terra, principalmente pelo carreamento de moléculas ou até células advindas, segundo os próprios alunos, “de outros mundos”. Ademais, foi possível perceber que alguns alunos associaram fortemente a influência dos meteoritos com a extinção dos dinossauros, que ocorreu no Período Cretáceo, com uma pequena confusão ao considerar o que é vida, visto que, na visão de um deles a vida só teria surgido após este evento.

Já na terceira escola também ocorreu uma conversa simplificada, com a maior parte dos estudantes relacionando a origem da vida a partir da evolução de substâncias químicas, na origem da água e na teoria darwiniana da evolução, que envolve adaptação por meio da seleção natural. Uma das alunas também associa a origem da vida com o evento de extinção dos dinossauros, mas com uma perspectiva de que absolutamente toda a vida se extinguiu no evento e um novo tipo surgiu.

Ao longo da conversa, a pesquisadora apresentou a coleção de meteoritos da UFSCar misturada com rochas de origem terrestre e compartilhou dicas sobre as principais características destes, incentivando os alunos a descobrirem por si mesmos qual daquelas “pedras” apresentadas era, de fato, um meteorito. Esse

contato com as amostras instigou os alunos a observarem diversas características, como coloração, textura, peso, atração magnética e a presença ou ausência de rachaduras e bolhas de ar, fazendo com que a maioria deles conseguisse completar com êxito o desafio.

Portanto, é possível concluir que a coleção de meteoritos da UFSCar desempenhou um papel importante ao promover o interesse dos alunos na ciência da meteorítica. Isso está alinhado com o trabalho de Kunsch et al. (2021), que demonstraram a relevância didática das coleções mineralógicas em museus para estimular atividades culturais, educacionais e turísticas. Ao final da entrevista, uma das alunas comentou:

“Eu acho que quando a gente fala em astronomia, a maioria das pessoas, e nas escolas, a gente só fala do sistema solar [...]. A gente nunca se aprofunda em coisas mais distantes, a gente não sabe essas coisas, então seria legal para ter seres humanos menos leigos, que soubessem mais sobre esses assuntos. E o meteorito é uma prova de que a gente não sabe de nada porque tem meteorito aqui na Terra e ninguém nunca ouviu. [...] Nunca ouviu falar.”

Dessa forma, o estudo revela que a Astronomia desperta grande interesse entre os alunos, muitos dos quais buscam conhecimento extraescolar para complementar sua aprendizagem. Eles utilizam a internet, redes sociais e jogos como fontes de informação sobre o assunto. Isso destaca a importância de disponibilizar materiais de alta qualidade online para atender a essa demanda. No entanto, a pesquisa identificou um entendimento superficial dos alunos sobre os temas abordados, evidenciando a necessidade de uma educação científica mais elaborada. A incerteza entre o que é ciência e o que é religião também foi observada, ressaltando a importância de promover uma educação científica crítica.

Embora haja desafios na formação de professores e na produção de materiais pedagógicos, alguns pontos positivos foram destacados, como o envolvimento dos professores em trazer conhecimentos atualizados para a sala de aula e o papel fundamental de espaços culturais na promoção do ensino de ciências. Em suma, a pesquisa enfatiza a importância de promover uma educação científica de qualidade em Astronomia, abordando desafios na formação de professores, disponibilização de materiais pedagógicos e falta de conteúdos sobre meteorítica. A criação de

materiais didáticos complementares pode ser uma estratégia para atender às necessidades educacionais identificadas na pesquisa.

Através da análise dos conhecimentos prévios dos alunos, foi possível obter concepções valiosas sobre o que poderia ser incorporado a um material complementar aos livros didáticos. Baseando-se em estudos anteriores que mostraram que livros paradidáticos podem motivar os alunos a aprender melhor os conceitos sobre Astronomia (Sanzovo & Laburú, 2013), esse material abordou os principais temas estudados e teve como objetivo incentivar os alunos e professores a buscar conhecimentos científicos sobre Astronomia e meteorítica.

5- CONSTRUINDO A REVISTA

A partir dos dados coletados, foi dado início à construção da revista. Langhi e Nardi (2010) propõem a inclusão do que eles chamam de "conteúdos fundamentais em Astronomia" no currículo das instituições de Ensino Superior, com o objetivo de proporcionar uma base sólida para os futuros professores de Ciências que lecionarão Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Esses conteúdos abrangem tópicos como a forma da Terra, campo gravitacional, dia e noite, fases da Lua, órbita terrestre, estações do ano e Astronomia observacional (Langhi & Nardi, 2010)².

A recomendação para desenvolver materiais didáticos foi adaptada com base nos resultados desta pesquisa, levando em conta o conhecimento prévio dos alunos e os tópicos que mais lhes interessavam. Nesse sentido, os principais temas abordados incluíram: a origem do Universo e a formação do Sistema Solar, o processo de formação dos planetas, a conexão entre os meteoritos e a origem da vida, a formação e categorização dos meteoritos bem como experimentos simples que os professores podem realizar em sala de aula.

Conforme Moreira (2012), a estrutura cognitiva, para Ausubel, é entendida como o conjunto de conteúdos, ideias, conceitos e pensamentos e a maneira como eles estão estruturados no intelecto de um indivíduo. Assim, "o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e

² O arquivo da revista pode ser acessado através do site:

<https://astronautascosmicos.wixsite.com/revistaonline>

ensine-o de acordo” (Moreira, 1999). Seguindo esta linha de pensamento, cada capítulo da revista dedicou-se a resolver possíveis equívocos relacionados a cada tema, que foram identificados através das concepções prévias levantadas durante a pesquisa.

No primeiro capítulo, foi identificado que os alunos frequentemente relacionaram a formação do Sistema Solar à teoria do Big Bang. Embora esta conexão não seja incorreta, ela é incompleta, pois não explica totalmente a formação do próprio Sistema Solar. Dessa forma, esse capítulo dedicou-se integralmente a este assunto, organizando o conteúdo cronologicamente, além de destacar os autores das teorias abordadas para proporcionar uma visão histórico-crítica da ciência, entendendo as teorias como construções em evolução ao longo do tempo, resultado do trabalho de diversos cientistas. Destacar os cientistas também desempenha um papel crucial na aproximação da ciência das pessoas, desmistificando a ideia de que são gênios inacessíveis para promover uma abordagem mais humanista.

No que diz respeito à abordagem dos meteoritos, a intenção foi minimizar as confusões em torno dos termos, pois muitas pessoas ainda têm dificuldade em distinguir entre meteoro, meteorito, cometa e asteroide. Durante a pesquisa, foi notado que os estudantes encontram dificuldades em explicar a origem, composição e distinções das rochas espaciais. Portanto, essa parte do material começa com uma explicação sobre os meteoritos e os processos pelos quais eles passam antes de atingir a Terra. Em seguida, o capítulo se divide em quatro subseções, que fornecem descrições mais minuciosas de cada tipo de meteorito. Além disso, como exemplos de classificação, foram empregados os meteoritos que fazem parte da coleção do Observatório Astronômico da UFSCar, bem como outros meteoritos famosos.

No capítulo dedicado às descobertas em Astrobiologia, as principais visões identificadas nos alunos sobre o tema eram muitas vezes confusas e, ocasionalmente, se entrelaçaram com crenças religiosas. Portanto, nessa parte houve uma dedicação especial em destacar como funcionam as pesquisas nessa área, visando aprimorar nosso entendimento sobre a origem da vida na Terra e o impacto que ela teve, principalmente na vida humana e na dinâmica natural do planeta.

Para incentivar a prática do estudo de meteoritos em sala de aula, foi incluído um capítulo final com recursos para atividades práticas de ciências. A pesquisa revelou que experiências em museus, observatórios ou centros de divulgação científica despertaram significativamente a curiosidade dos estudantes, especialmente os interessados em Astronomia. Portanto, a inclusão de atividades práticas teve como objetivo estimular essa curiosidade, fornecendo materiais acessíveis para que os alunos pudessem reproduzir os experimentos em casa. Ao proporcionar experimentos como esses, permite-se que os alunos se sintam os protagonistas do próprio aprendizado.

Todos os capítulos da revista foram construídos seguindo os principais referenciais teóricos de cada área, como Oliveira Filho e Saraiva (2014), Zucolotto et al. (2013), Grady et al. (2014), McSween Jr. et al. (2019), Norton (1994), Norton & Chitwood (2008) Galante et al. (2016), Domagal-Goldman et al. (2016) e Donato et al. (2020).

6- CONCLUSÕES

A Astronomia, apesar de sua longa história, ainda enfrenta desafios significativos quando se trata de uma abordagem eficaz na sala de aula, principalmente através da abordagem pela aprendizagem significativa. Vários fatores contribuem para esse cenário, incluindo a falta de disciplinas dedicadas a esse conteúdo em instituições de Ensino Superior, que são a principal fonte de formação para a maioria dos professores de ciências. Além disso, os materiais didáticos frequentemente abordam os tópicos astronômicos de maneira superficial ou até mesmo equivocada.

Desse modo, o objetivo deste estudo foi investigar as concepções prévias dos alunos do último ano do Ensino Fundamental em escolas públicas do município de São Carlos - SP, em relação aos temas de Astronomia e Meteorítica. Ao compreender melhor as perspectivas dos alunos por meio das entrevistas realizadas, foi possível identificar as possíveis lacunas em seu aprendizado. Esses resultados, por sua vez, foram utilizados como guia para a criação de um material didático complementar. Este material teve como finalidade enriquecer os conhecimentos adquiridos em sala de aula, atualizando as teorias científicas e corrigindo eventuais concepções errôneas que os alunos possam ter adquirido.

A compreensão das concepções dos alunos também desempenha um papel fundamental na formação de uma visão da educação científica que está sendo

promovida nas escolas atualmente. Foi evidente que os alunos possuem um interesse intrínseco em aprofundar seus conhecimentos em Astronomia, mas o fazem utilizando principalmente meios extracurriculares, como internet, jogos e redes sociais, que podem conter ainda mais informações equivocadas.

No entanto, espaços de divulgação científica como museus e observatórios desempenham um papel notório na contribuição para uma educação científica. Isso destaca a importância de adaptar as práticas educacionais para melhor atender às necessidades e interesses dos alunos, especialmente quando se trata dos tópicos sobre a Astronomia, a Astrobiologia e a Meteorítica.

Assim, a expectativa é que este trabalho, e a revista desenvolvida a partir dos resultados aqui encontrados, desempenhe um papel crucial na superação do cenário atual, encorajando tanto alunos quanto professores a buscarem um entendimento mais profundo em Meteorítica e Astrobiologia. A Meteorítica desempenha um papel fundamental no avanço de nosso conhecimento sobre a própria existência, incluindo a compreensão da origem de nosso Sistema Solar. Portanto, o estímulo ao interesse por esse campo é vital para o desenvolvimento científico e educacional em nosso país. Adicionado a isso, os dados levantados por este estudo também possuem o papel de contribuir para a compreensão sobre como a Meteorítica está sendo abordada nas escolas, principalmente no último ano do Ensino Fundamental.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Profa. Dra. Denise de Freitas por aceitar me orientar neste projeto, ao Dr. Gabriel Gonçalves Silva por me orientar e me acolher enquanto eu me aprofundava no universo dos meteoritos e da Astrobiologia. Gostaria de estender meu agradecimento ao professor Marcelo Adorna Fernandes, por seu apoio contínuo ao longo desta jornada e por aceitar fazer parte da banca de defesa do trabalho final. Sou grata também às escolas da rede pública de São Carlos por abrirem as suas portas para que eu pudesse realizar a pesquisa com seus estudantes, e aos estudantes que voluntariamente se dispuseram a participar deste trabalho. Meus agradecimentos se estendem aos coordenadores do observatório astronômico da UFSCar, Prof. Dr. Marlon Pessanha e Prof. Dr. Raphael Santarelli, por cederem

os meteoritos da coleção do observatório astronômico da UFSCar, possibilitando sua utilização ao longo deste estudo.

REFERÊNCIAS

- Arantes, P. C. C., & Deusdará, B. (2017). Grupo focal e prática de pesquisa em Análise do Discurso: metodologia em perspectiva dialógica. *Revista de Estudos da Linguagem*, 25(2), 791–814.
- Ausubel, D. P. (2000). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva* (1ª ed.). Lisboa: Paralelo Editora.
- Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo* (1ª ed.). São Paulo: Edições 70.
- Brasil. (2017). *Base Nacional Comum Curricular - Educação é a Base*. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME. Link para o documento.
- Bretones, P. S. (2006). *A astronomia na formação continuada de professores e o papel da racionalidade prática para o tema da observação do céu*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- Buffon, A. D., Neves, M. C. D., & Pereira, R. F. (2022). O ensino da Astronomia nos anos finais do ensino fundamental: uma abordagem fenomenológica. *Ciência & Educação* (Bauru), 28.
- Cavalcanti, C. J. (2019). *Contribuições de um curso de formação docente em astronomia para a prática de ensino de professores da formação básica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista - UNESP.
- Chernonozhkin, S. M., et al. (2014). Evaluation of pneumatic nebulization and ns-laser ablation ICP-MS for bulk elemental analysis and 2-dimensional element mapping of iron meteorites. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 29(6), 1001–1016.
- Corrêa, A. M. de C., Oliveira, G. S. de, & Oliveira, A. C. de. (2021). O Grupo Focal na pesquisa qualitativa: princípios e fundamentos. *Revista Prisma*, 2(1), 34–47.
- Costa, K. C. P. (2020). *Astrogeologia: planetologia comparada e meteorítica em práticas interdisciplinares para o ensino médio*. Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Darroz, L. M., da Rosa, C. T. W. da, & de Grandis, C. D. (2016). Concepções de um grupo de professores de anos iniciais acerca dos conceitos básicos da

- astronomia. Góndola, *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 11(2), 240.
- Dias, C. A. (2000). Grupo Focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. *Informação & Sociedade*, 10(2).
- Dias e Dias, T. C., Sitko, C. M., & Langhi, R. (2023). A presença e as características da astronomia na formação inicial do pedagogo: uma análise dos projetos pedagógicos de cursos do brasil. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 25, e42063.
- Domagal-Goldman, S. D., et al. (2016). The astrobiology primer v2.0. *Astrobiology*, 16(8), 561–653.
- Donato, T. P., Campos, B. C., & Dias, B. L. do N. (2020). Astrobiologia e sua importância no entendimento da origem e evolução da vida. *Research, Society and Development*, 9(2).
- Galante, D., et al. (2016). *Astrobiologia: uma ciência emergente*. São Paulo: Tikinet Edição.
- Gonzaga, E. P., & Voelzke, M. R. (2011). Análise das concepções astronômicas apresentadas por professores de algumas escolas estaduais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(2), 1–12.
- Grady, M., Pratesi, G., & Cecchi, V. M. (2014). *Atlas of Meteorites*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Huss, G. R., Rubin, A. E., & Grossman, J. N. (2006). *Thermal Metamorphism in Chondrites*. In *Meteorites and the early solar system II* (Vol. 943, pp. 567–586).
- Krot, A. N., et al. (2013). *Classification of Meteorites and Their Genetic Relationships*. In *Treatise on Geochemistry: Second Edition* (Vol. 1, pp. 1–63).
- Kunsch, J. C. da S., Couto, K. S., & Silveira, H. R. de O. (2021). Importância da criação de uma coleção mineralógica e petrográfica para uso didático. *Pensar Acadêmico*, 19(2), 543–556.
- Laburú, C. E., & da Silva, O. H. M. (2011). Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 7-33.

- Langhi, R. (2004). *Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista - UNESP.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2010). Formação de professores e seus saberes disciplinares em astronomia essencial nos anos iniciais do ensino fundamental. *Revista Ensaio*, 12(2), 205–224.
- Langhi, R. (2011). Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(2), 373-399.
- Machado, D. I., & Santos, C. dos. (2011). O entendimento de conceitos de astronomia por alunos da educação básica: o caso de uma escola pública brasileira. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (11), 7–29.
- McSween Jr, H. Y., et al. (2019). *Planetary Geoscience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moreira, M. A. (2012). O que é afinal aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais. Link para o documento.
- Moreira, M. A., & Ostermann, F. (1999). *Teorias construtivistas*. Porto Alegre: Gráfica do Instituto de Física-UFRGS.
- Norton, O. R. (1994). *Rocks from Space*. Montana: Mountain Press Publishing Company.
- Norton, O. R., & Chitwood, L. A. (2008). *Field Guide to Meteors and Meteorites*. London: Springer London.
- Oliveira Filho, K. D. S., & Saraiva, M. de F. O. (2014). *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre: Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Rommel, F. L. (2015). *Propostas de materiais didáticos para o ensino de estrelas a partir das concepções prévias de estudantes e professores*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Fronteira Sul.
- Sanzovo, D. T., & Laburú, C. E. (2013). Identificação de conceitos astronômicos em livros paradidáticos na formação de professores de Ciências. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, SP. Link para o documento.
- São Paulo (Estado). Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. (2019). *Currículo Paulista*, SEDUC/Undime SP. São Paulo: SEDUC/SP.

- Schaan, R. B. (2015). *Desvendando o sistema solar: uma caracterização do meteorito Putinga*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.
- Stöffler, D., Keil, K., & Scott, E. (1991). Shock metamorphism of ordinary chondrites. *Meteoritics*, 55(12), 3845–3867.
- Wasson, J. T., et al. (1989). Chemical classification of iron meteorites: XI. Multi-element studies of 38 new irons and the high abundance of ungrouped irons from Antarctica. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(3), 735–744.
- Wlotzka, F. (1993). A Weathering Scale for the Ordinary Chondrites. *Meteoritics*, 28(3), 460–460.
- Zavam, A. (*E-zine: uma instância da voz dos e-xcluídos*). [s.l: s.n.].
- Zucolotto, M. E., Fonseca, A. C., & Antonello, L. L. (2013). *Decifrando os Meteoritos*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - Museu Nacional



ANÁLISE DAS QUESTÕES DA PROVA DE III NÍVEL DA OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA: CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA

Maria Milena Tegon Figueira¹
Roberta Chiesa Bartelmebs²
Gustavo Iachel³

RESUMO: Este artigo é um recorte de uma pesquisa de mestrado, cujo objetivo foi verificar se as questões das provas do III nível da OBA estão adequadas a capacidade cognitiva de seus participantes. Categorizamos as questões de 2012 a 2022, de acordo com os conteúdos e as competências cognitivas exigidas nas questões, a partir do viés teórico da epistemologia genética. A escolha da prova do nível III se deve ao fato de abarcar crianças e adolescentes com idade e escolaridade de níveis diferentes (11 a 14 anos, 6º ao 9º ano, respectivamente). Essa pesquisa é de cunho misto (qualitativa e quantitativa) e a análise dos dados foi realizada por meio da Análise de Conteúdo de Bardin (2016). A análise pautou-se no estudo dos estádios de desenvolvimento cognitivo desenvolvidos por Piaget e colaboradores. As questões foram classificadas em estágio operatório concreto I, II e operatório formal. Das 157 questões investigadas, 62 foram classificadas no nível formal. Esse número é significativo, considerando que somente a partir dos 12 anos em média o indivíduo entra no estágio operatório formal, ou seja, 39% das questões provavelmente não serão resolvidas com êxito por alunos do operatório concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Astronomia; Epistemologia genética; Ensino Fundamental.

¹ Universidade Federal do Paraná, Palotina, Brasil. E-mail: milenategon@gmail.com

² Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Brasil. E-mail: roberta.bartelmebs@ufpr.br

³ Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Brasil. E-mail: iachel@uel.br

ANÁLISIS DE LAS PREGUNTAS DE LA PRUEBA DE TERCER NIVEL DE LA OLIMPIADA BRASILEÑA DE ASTRONOMÍA Y ASTRONÁUTICA: CONTRIBUCIONES DE LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA

RESUMEN: Este artículo es un extracto de una investigación de maestría, cuyo objetivo fue verificar si las preguntas de las pruebas de nivel III de la OBA son adecuadas a la capacidad cognitiva de sus participantes. Categorizamos las preguntas de 2012 a 2022, según el contenido y las habilidades cognitivas requeridas en las preguntas, con base en el sesgo teórico de la epistemología genética. La elección de la prueba de nivel III se debe a que incluye a niños y adolescentes de diferentes edades y niveles de escolaridad (11 a 14 años, 6to a 9no grado, respectivamente). Esta investigación es de carácter mixto (cualitativa y cuantitativa) y el análisis de datos se realizó mediante el Análisis de Contenido de Bardin (2016). El análisis se basó en el estudio de las etapas de desarrollo cognitivo desarrollado por Piaget y colaboradores. Las preguntas se clasificaron en etapa operativa concreta I, II y operativa formal. De las 157 cuestiones investigadas, 62 fueron clasificadas en el nivel formal. Este número es significativo, considerando que sólo a partir de los 12 años en promedio el individuo ingresa a la etapa operativa formal, es decir, el 39% de las preguntas a lo mejor no serán resueltas exitosamente por estudiantes operativos concretos.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de Astronomía; Epistemología genética; Enseñanza fundamental.

ANALYSIS OF THE QUESTIONS OF THE THIRD LEVEL TEST OF THE BRAZILIAN OLYMPIAD OF ASTRONOMY AND ASTRONAUTICS: CONTRIBUTIONS OF GENETIC EPISTEMOLOGY

ABSTRACT: This article is an excerpt from a master's research, whose objective was to verify whether the questions of the III level tests of the OBA are adequate to the cognitive capacity of its participants. We categorize the questions from 2012 to 2022, according to the content and cognitive skills required in the questions, based on the theoretical bias of genetic epistemology. The choice of the level III test is because it includes children and adolescents of different ages and schooling levels (11 to 14 years old, 6th to 9th grade, respectively). This research is of a mixed nature (qualitative and quantitative) and data analysis was performed using Bardin's Content Analysis (2016). The analysis was based on the study of cognitive development stages developed by Piaget and collaborators. The questions were classified into concrete operational stage I, II and formal operational. Of

the 157 questions investigated, 62 were classified at the formal level. This number is significant, considering that only from the age of 12 on average does the individual enter the formal operational stage, that is, 39% of the questions will probably not be successfully resolved by concrete operational students.

KEYWORDS: Teaching of Astronomy; Genetic epistemology; Elementary School.

1. INTRODUÇÃO

Conforme apontam os estudos realizados por Housume, Leite e Carlo (2010), a Astronomia esteve presente em diferentes momentos da educação brasileira, especialmente nas suas investigações, desde meados do século XIX no currículo do Colégio Pedro II. Embora esparsada por diversos momentos em diferentes disciplinas, a presença da Astronomia sempre foi marcante no currículo brasileiro. Alteraram-se, ao longo das reformas curriculares, o espaço-tempo destinado a esses conteúdos. Com a criação da área de ensino no ano de 2000, um campo de estudos já emergente dentro dos estudos da área de Educação, as pesquisas sobre ensino e aprendizagem de ciências ganham um espaço formal para consolidar pesquisas e financiamento das agências de fomento do país.

O conhecimento acerca dos temas de Astronomia passa então a ser discutido dentro da área de Ensino, e surgem investigações sobre sua presença na sala de aula, especialmente na disciplina de Ciências no Ensino Fundamental. Os livros didáticos desta disciplina, por sua vez, eram escritos unicamente por profissionais da área das ciências biológicas, não havendo nenhum astrônomo em sua confecção ou revisão, fazendo com que erros conceituais graves fossem comumente encontrados, como apontado por Trevisan *et al.* (1997). Um segundo fator alarmante, que existe, é a precariedade da formação inicial dos docentes conforme destacado por diversos autores (LEITE; HOSOUME, 2007; LANGHI; NARDI, 2010; BARTELMEBS *et al.*, 2019). De acordo com Langhi e Nardi (2009), o ensino da Astronomia está a cargo da unidade curricular de Ciências, cujos professores, geralmente, são formados em Ciências Biológicas, curso que raramente discute o tema, ou quando o faz realiza de forma superficial.

Diante de tantos problemas, surge a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) em 1998, com o intuito de difundir a Astronomia no país, fomentar o interesse pelo aprimoramento do seu ensino nas escolas e promover o interesse dos jovens pelo estudo da Astronomia, da Astronáutica e de ciências afins (CANALLE, *et al.*, 2017).

A OBA é uma das olimpíadas mais consolidadas do Brasil, cerca de 800 mil estudantes participam anualmente da atividade, os resultados dessa olimpíada refletem muito além da competição científica, sendo inegável a importância da OBA, principalmente para as escolas públicas.

Ao realizar um estudo de revisão no âmbito das produções acadêmicas das instituições de ensino e pesquisa brasileiras acerca das discussões sobre a OBA, encontramos diversas publicações, mas estas, em geral, referem-se à relatos de experiência sobre cursos preparatórios para as provas. Algumas discussões com aprofundamento teórico sobre estas avaliações foram encontradas nos artigos Erthal e Vieira (2019) e Zárate *et al.* (2009). Além disso, algumas dissertações como a de Menezes (2018), Soares (2020); Garratini (2021) trazem reflexões importantes a respeito de aspectos que necessitam ser aperfeiçoados na OBA.

As provas da olimpíada evoluíram bastante desde o início da atividade, como apontam Zárate *et al.* (2009). As questões têm se direcionado mais para o tipo raciocínio, conhecimento e compreensão, e em contrapartida o número de questões que usam simples memorização de respostas vem caindo principalmente na prova de III nível.

Nesta perspectiva, apresentamos neste artigo os resultados de nossa investigação de mestrado⁴, a qual teve a seguinte pergunta de pesquisa: Estariam as questões presentes nas provas de nível III da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica adequadas ao nível de capacidade cognitiva de seus participantes? A seguir apresentamos nosso referencial teórico a fim de elucidar algumas questões acerca do desenvolvimento cognitivo das crianças, para posteriormente pautarmos nossa análise empírica dos dados da OBA.

2. A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA COMO TEORIA DO CONHECIMENTO

A base teórica dessa pesquisa está pautada na Epistemologia Genética de Jean William Fritz Piaget (1896-1980), um biólogo, epistemólogo e psicólogo suíço. Piaget foi um dos mais importantes pensadores do século XX, cujos estudos e

⁴ A dissertação completa pode ser encontrada em:
<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/82807>

contribuições para o campo da epistemologia mudaram a forma como a criança era vista (BARTELMEBS, 2014).

Com relação ao desenvolvimento da inteligência, Piaget posiciona-se contrariamente às teorias do apriorismo e do empirismo. Para ele, todo conhecimento ampara uma nova elaboração. O grande embate é como conciliar as novas elaborações, com o duplo fato da necessidade de serem elaborações e conquistas da objetividade. Dito de outra forma, o conhecimento é resultado de uma construção contínua, sendo concedido em virtude da mediação entre as estruturas internas e os objetos.

Nesse sentido, assim como para Piaget, entendemos que para aprender é necessário agir sobre o objeto, “conhecer é modificar e transformar o objeto, e compreender o processo dessa transformação e consequentemente compreender o modo como esse objeto é construído” (PIAGET, 1970, p. 1).

Nesse sentido, podemos sintetizar que, para Piaget, a inteligência é resultado de um processo dinâmico de equilíbrio entre a acomodação e a assimilação do organismo, ao qual Piaget chama de adaptação, ligada à hereditariedade geral. Por meio da organização e da adaptação de esquemas iniciam-se as primeiras expressões da vida psicológica. O autor classifica essa evolução do conhecimento em estádios⁵. Piaget considerava que o desenvolvimento das funções cognitivas, afetivas e de representação era marcado por períodos bem delineados, por isso em sua teoria ele chamou de estádios de desenvolvimento as etapas do desenvolvimento cognitivo. Piaget (1970) estabeleceu basicamente quatro estádios de desenvolvimento, os quais podem ser divididos em subestádios. É importante ressaltar, como afirmam Silvério, Sitko e Polizel (2023, p.25), que: “[...] o teórico deixa claro que ela não se ancora em idades específicas para que cada estágio ocorra, assim como não se limita a analisar um indivíduo isolado e sim sua relação de aprendizagem com o meio”. Ou seja, embora dividindo em idades aproximadas, em nenhum momento em sua obra encontramos a ideia fixa de que é neste ou

⁵ Optamos por utilizar o termo estágio, recentemente atualizado em traduções das obras de Piaget, pelo professor Lino de Macedo (USP) e também pelo professor Fernando Becker (UFRGS). O termo estágio faz referência a uma ideia de preparação para o que vem depois, o que não representa o conceito original de *stade* utilizado por Piaget. Os estádios do desenvolvimento da inteligência na criança são etapas não transponíveis umas às outras, mas, sim, assimiláveis, sendo que um estágio está incorporado no outro, num sentido de ampliação de uma construção e não de uma substituição de um nível pelo outro (BARTELMEBS, 2016).

naquele momento que se consolida a aprendizagem. E ainda, respondendo a críticas que a teoria recebe (BARTELMEBS, 2014; BARTELMEBS, OLIVEIRA, FIGUEIRA, 2022), o objeto da teoria é o sujeito epistêmico, e não o sujeito psicológico, o que possibilita um olhar amplo para o desenvolvimento cognitivo humano.

Os estádios elaborados por Piaget e colaboradores foram o sensório-motor, pré-operatório, operacional concreto e operacional formal. A fim responder nosso problema de pesquisa, e pelo curto espaço de um artigo, vamos nos pautar em nossa análise, apenas nos dois operacional concreto e operacional formal, os quais apresentamos a seguir.

ESTÁDIO OPERATÓRIO CONCRETO

O estágio sucessor ao pré-operatório é o operatório concreto, que em média acontece dos 7 aos 11 anos de idade. Segundo Piaget, as crianças do estágio das operações concretas podem utilizar operações mentais para resolver problemas concretos (reais).

Também a criança passa de simples ações interiorizadas para ações interiorizadas reversíveis, o que Piaget (1970) chama de operações. A lógica reversível permite que a criança consiga pensar sobre as consequências de suas ações.

A criança terá um conhecimento real, correto e adequado de objetos e situações da realidade externa (esquemas conceituais), e poderá trabalhar com eles de modo lógico. Assim, a tendência lúdica do pensamento, típica da idade anterior, quando o real e o fantástico se misturam nas explicações fornecidas pela criança, será substituída por uma atitude crítica (RAPPAPORT, 1981, p. 72).

Sendo assim, seu intelecto passará a operar de forma evolutiva, instigando o raciocínio efetivo com a realidade, e de maneira mais ágil, tendo capacidade de organizar e coordenar estruturas de pensamento com maior estabilidade. Para isso, não somente a maturação biológica irá contribuir, mas os estímulos que recebeu do

meio no qual estava inserido, portanto, configurando-se esta visão teórica como um interacionismo radical (BECKER, 2012).

Piaget divide o estágio operatório concreto em dois subníveis. O primeiro acontecesse em média dos 7 aos 8 anos, e o segundo nível em média dos 9 aos 11 anos. Apresentaremos a seguir as principais características dos dois subestádios.

O PRIMEIRO NÍVEL DO ESTÁDIO OPERATÓRIO CONCRETO

Várias características muito gerais distinguem a lógica da criança nesse estágio operatório concreto daquela que será constituída durante o período pré-adolescente (entre 12 e 15 anos). Em primeiro lugar, essas operações são “concretas”, ou seja, ao usá-los, a criança ainda utiliza razões em termos de objetos (classes, relações, números, etc.) e não em termos de hipóteses que podem ser pensadas antes de saber se são verdadeiras ou falsas (PIAGET, 1970). No caso do conhecimento das operações, encontramos-nos diante de um processo que envolve a fusão em um único ato das antecipações e retroações, o que constitui a reversibilidade operatória (PIAGET, 1970).

Um exemplo citado por Piaget (1970) é o processo de ordenar uma dezena de varetas pouco diferentes entre si. Os sujeitos do primeiro nível pré-operatório comparam as varetas por pares ou por trios, mas sem poder em seguida ordená-las numa única série. Os sujeitos do presente nível utilizam um método exaustivo que consiste em procurar em primeiro lugar o elemento menor, em seguida o menor dos que restam, etc. Com o efeito, o sujeito orienta suas manipulações num único sentido de percurso (“menor que” ou “maior que”) e se vê confuso quando questionado quanto a outro sentido possível (PIAGET, 1970).

A causalidade a partir dos 7 a 8 anos consiste na atribuição das operações em si mesmas a objetos cujas ações tornam-se explicadas de maneira mais ou menos racional. De forma geral, nesse estágio surge a capacidade de a criança interiorizar ações de forma reversível.

Em síntese, nesse nível inicia-se a organização lógica do pensamento, entretanto a ação mental está voltada ainda para o concreto, ou seja, a criança consegue pensar em termos de objetos ou experiências já vivenciadas. Isso implica que a matemática para crianças nesse estágio é sempre em cima de problemas concretos, como: “Maria comprou 10 maçãs e deu 4 para Pedro, com quantas maçãs Maria ficou?”. Outro aspecto importante nesse estágio refere-se ao aparecimento

da capacidade de a criança realizar ações interiorizadas reversíveis, ou seja, ela consegue pensar a ação e a anulação dessa ação. Dessa forma, ela consegue planejar o que vai fazer e voltar exatamente ao ponto de partida.

O SEGUNDO NÍVEL DAS OPERAÇÕES CONCRETAS

Nesse período do operatório concreto, a criança pensa de maneira lógica e concreta, ou seja, depende de experiências concretas, perceptivas para desenvolver o raciocínio lógico. Goulart afirma que (2005) nesse estágio a criança também já desenvolve noções de tempo, espaço, velocidade, ordem e causalidade.

A novidade desse subestádio relaciona-se com o domínio das operações espaciais. A partir dos 7 a 8 anos, constituem-se certas operações relativas às perspectivas e às mudanças de ponto de vista de um mesmo objeto do qual se modifica a posição em relação ao sujeito (PIAGET, 1970).

Todavia, será por volta dos 9 ou 11 anos que acontecerá a coordenação dos pontos de vista em relação a um conjunto de objetos, por exemplo, três prédios que serão observados em diferentes situações. De forma semelhante, as medidas espaciais de uma, duas ou três dimensões originam a construção de coordenadas naturais que as englobam num sistema total, ou seja, as crianças nessa fase podem considerar duas ou três dimensões simultaneamente em vez de sucessivamente. Para exemplo, no experimento de líquidos, a criança percebe ao baixar o nível do líquido que o prato é mais amplo, vendo as duas dimensões ao mesmo tempo (PIAGET, 1970). A criança consegue então ter uma visão ampla e imaginar o objeto a partir de diferentes perspectivas e em todas as suas dimensões.

Com relação às operações lógicas, a partir dos 7 a 8 anos, o sujeito é capaz de elaborar estruturas aditivas e multiplicativas, “a saber, tabelas com registros duplos (matrizes) comportando classificações segundo dois critérios ao mesmo tempo, correspondências seriais ou seriações duplas”, portanto, por volta dos 9 a 11 anos conseguem dominar as quatro operações básicas (PIAGET, 1970, p. 152).

Dos 9 a 11 anos, quando se trata de separar as dependências funcionais num problema de indução, observa-se uma capacidade geral de destacar covariações quantitativas, sem ainda dissociar os fatores, como será o caso no estágio seguinte, mas pondo em correspondência relações seriadas ou de classes. A fim de exemplo, citamos o estudo de Inhelder e Piaget (1976), publicado no livro *Da lógica*

da criança à lógica do adolescente. No primeiro capítulo do livro, os autores realizam uma pesquisa sobre a constituição da lógica das proposições e para isso propõem um jogo parecido com a sinuca, realizado com participantes de diversas idades, cujo objetivo é que o sujeito formule e verbalize a lei de igualdade do ângulo de incidência e reflexão.

Nesse experimento, os sujeitos com idades entre 9 e 11 anos são capazes de quantificar todas as formas de posicionar o taco e os efeitos na bola, “portanto conseguem isolar todos os elementos necessários para a descoberta da lei de incidência e reflexão” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 7). Mas, apesar disso, não chegam à construção dessa lei, nem mesmo à sua formulação verbal. A razão para isso é que procedem por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência. Portanto, sabem agir de maneira correta, visando atingir os objetivos propostos no experimento, mas sem procurar as razões de suas ações. Isso acontece pois lhe faltam as operações formais para a construção de uma hipótese explicativa (INHELDER; PIAGET, 1976).

No domínio da causalidade, assiste-se a um progresso em relação ao subestádio anterior e ao mesmo tempo um aparente retrocesso. Começaremos pelos progressos. No nível dos 9 a 11 anos, as considerações sobre dinâmica e cinemática são dissociáveis. A criança entende o movimento, mas suas causas são fenômenos distintos e analogamente a variação da velocidade exige a intervenção de uma causa exterior, o que se pode simbolizar a força “ f ” se exercendo durante um tempo “ t ” e por uma distância “ d ”. Entretanto, apenas no estágio seguinte intervirá a aceleração.

Cabe aqui um parêntese a respeito da compreensão da inter-relação entre força, movimento e aceleração, uma vez que pesquisas mostram que essa compreensão não acontece de forma tão simples. Um estudo realizado por Faccio *et al.* (2019) sobre as concepções relacionadas com força, movimento com estudantes de cursos de Engenharia, mostrou que mesmo sujeitos adultos que já cursaram disciplinas de Física interpretam problemas de mecânica de maneira não newtoniana. Os resultados obtidos por Faccio *et al.* (2019) corroboram com os verificados por Silveira, Moreira e Axt (1992) e denunciam que as concepções alternativas ainda são um problema frequente e acompanham os estudantes até o ensino superior.

Voltando a se tratar dos progressos do segundo nível do estágio operatório concreto, há evolução também no domínio da causalidade, porém vem

acompanhado de um aparente retrocesso, pois o sujeito levanta uma série de problemas que ainda não pode dar conta de resolver.

Por exemplo, a noção de peso é ainda um pouco confusa no presente nível. Dependendo do problema, a criança considera o peso enquanto propriedade invariante dos corpos e, em razão disso, a conservação do peso diante de mudanças de forma do objeto começa precisamente neste nível, assim como as seriações, transitividade e outras composições operatórias aplicadas a essa noção (PIAGET, 1970).

Mas uma concepção também identificada nesse nível é a que julga que o peso é variável ao sustentar, por exemplo, que em certos casos o peso “pesa” mais que em outros, o que nem sempre é falso, porém é uma afirmação ainda muito arbitrária, pois apenas no estágio seguinte haverá a compreensão da “composição do peso com as grandezas espaciais (comprimentos, superfícies ou volumes com as noções de momento, de pressão, densidade ou peso relativo, e sobretudo de trabalho)” (PIAGET, 1970, p. 153).

Se, por um lado, as operações lógico-matemáticas, principalmente a noção espacial, chega em seu equilíbrio de estado em razão de suas generalizações, por outro, essas operações ainda estão muito limitadas a operações concretas ligadas ao que é tangível ou às experiências da criança.

Consequentemente, embora a criança nesse estágio tenha a estrutura para compreender a relação de três corpos celestes no espaço e conseguir imaginar o objeto a partir de diferentes perspectivas e em todas as suas dimensões, isso é delimitado a situações e objetos concretos. Imaginar, por exemplo, o posicionando da Terra, do Sol e da Lua em um eclipse é uma situação que exige muita abstração, visto que trabalhamos com modelos, já que não é possível (ainda) levar as crianças para o espaço para ter a experiência de ver o arranjo espacial dos astros em um eclipse, assim como é bastante complexo para uma criança, nesse estágio, imaginar um astronauta na Lua ou um foguete no espaço.

Além disso, o duplo fato de proceder por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência, e o fato de ainda não terem acesso à estrutura da análise combinatória que se desenvolverá no estágio seguinte, torna a compreensão das estações do ano, por exemplo, abstrata demais para esse nível.

AS OPERAÇÕES FORMAIS

É o estágio das operações abstratas, o qual se inicia por volta dos 11-12 anos e segue até a vida adulta. Entretanto, não quer dizer que ocorra estagnação cognitiva, pois o sujeito seguirá ampliando seus conhecimentos. Nessa fase, o adolescente já distingue entre o real e o possível e passa a relacionar diretamente o possível ao necessário, ou seja, consegue raciocinar sobre hipóteses à medida que ele é capaz de formar esquemas conceituais abstratos e por meio deles executar operações mentais. Essa novidade foi observada por diversos estudiosos do assunto, que notaram o aparecimento da estrutura perto apenas dos 11 anos de idade (PIAGET, 1970).

O fato de o adolescente conseguir raciocinar sobre hipótese, portanto raciocinar sobre proposições e não apenas sobre objetos, permite ao sujeito pensar em consequência sem a verificação direta, tirada por meio de inferências. Trata-se de uma operação dedutiva que leva as hipóteses a uma conclusão (PIAGET, 1970).

O raciocínio hipotético permite também que o adolescente forme operações sobre operações, abrindo vias para o possível por meio da combinatória. A análise combinatória, por sua vez, possibilita que o adolescente se liberte da elaboração apenas por aproximação, presente no estágio anterior, então a partir daqui o indivíduo conseguem combinar todos os conjuntos possíveis. Além disso, outra novidade para esse nível é a necessidade de entender relações e estabelecer leis.

A fim de exemplificar a análise combinatória e o sentimento de necessidade desse estágio, retomamos a pesquisa de Inhelder e Piaget (1976) cujo problema é encontrar a lei de igualdade do ângulo de incidência e reflexão. Ressaltamos que nesse experimento os autores dividem os resultados em dois subníveis: nível III A (11 a 14 anos) e subnível III B (14-15 anos).

Percebe-se que no nível III A existe a correspondência concreta entre as inclinações e busca de uma hipótese geral, capaz de explicar as correspondências. No entanto, as hipóteses características do nível III A estão ainda muito perto de correspondências concretas, pois procuram “apenas exprimir o seu fator geral” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 6).

O que caracteriza o subnível III é uma nova exigência, pouco explícita no nível A: a necessidade de encontrar um fator, não apenas geral, mas também necessário, isto é, que seja capaz de exprimir, além das relações constantes, a razão de tais relações (INHELDER; PIAGET, 1976). Os sujeitos do nível III B não se contentam em

estabelecer uma correspondência nem em procurar um fator constante único, mas perguntam-se o porquê dessas correspondências. É essa busca de razão necessária que permite distinguir o pensamento formal, com suas operações de implicação ou de equivalência do pensamento concreto, com suas simples verificações de constâncias (INHELDER; PIAGET, 1976).

A diferença geral entre os dois últimos estádios é que as operações concretas, embora formadas por sistemas de conjuntos (classificações, seriações correspondências, etc.), vão de ligação a ligação, e passo a passo, sem considerar, em cada ligação específica, o conjunto das outras. O característico das operações formais é, ao contrário, considerar em cada caso todas as combinações possíveis e assim agrupar as ligações parciais em função contínua do conjunto das partes (INHELDER; PIAGET, 1976).

Essa habilidade combinatória é essencial para a compreensão de fenômenos da Astronomia, uma vez que para entender as estações do ano, por exemplo, existe a necessidade de combinar um conjunto de fatores, como a proporção do Sol em relação à Terra, o eixo de inclinação da Terra e a influência deste na incidência dos raios solares na Terra. Por outro lado, indivíduos do estádio das operações concretas podem ter dificuldade de compreender o fenômeno em razão da capacidade de fazer ainda ligações passo a passo, sem conseguir compreender o todo.

O adolescente que está no 6º ano tem em média 11 ou 12 anos, podendo estar ainda no nível operatório concreto. Já o adolescente do 9º ano, que tem em média 15 anos, possivelmente encontra-se no nível operatório formal, mas obviamente que isso é relativo, pois, como apontado anteriormente, a classificação nesses estádios pode variar de sujeito para sujeito. Dessa forma, apresentamos a seguir a metodologia que pautou a realização empírica de nosso estudo.

3. METODOLOGIA

Esse estudo tem como pressupostos três abordagens: a pesquisa mista, a Pesquisa Documental e a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Segundo Galvão *et al.* (2018), a pesquisa com métodos mistos combina os métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos e tem por objetivo generalizar os resultados

qualitativos, ou aprofundar a compreensão dos resultados quantitativos, ou corroborar os resultados (qualitativos ou quantitativos).

Para realizarmos a análise das questões, utilizamos a Análise de Conteúdo (AC). Essa metodologia pode ser utilizada para descrever e interpretar o conteúdo de toda a classe de documentos e textos.

Optamos por elaborar categorias para essa pesquisa, para melhor organizar as informações, contribuindo, dessa forma, para a realização das inferências. Segundo Bardin, a categorização pode ser definida como:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos, e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens. (BARDIN, 2016, p. 42).

As análises que apresentamos a seguir foram feitas com base nas provas do ano 2012 a 2022, totalizando 157 questões. Destas, 104 abordavam temas de Astronomia e 53 de Astronáutica, como demonstrado na Tabela 1. Esse foi o *corpus* ao qual submetemos a Análise de Conteúdo.

Ano da prova	Questões de Astronomia	Questões de Astronáutica
2012	8	8
2013	8	6
2014	10	4
2015	8	4
2016	13	3
2017	12	5
2018	13	6
2019	9	6
2020	7	3
	63	

2021	8	3
2022	8	5
Subtotal	104	53
Total	157	

Tabela 1 – Total de questões da OBA analisadas

Fonte: Figueira (2023, p. 55).

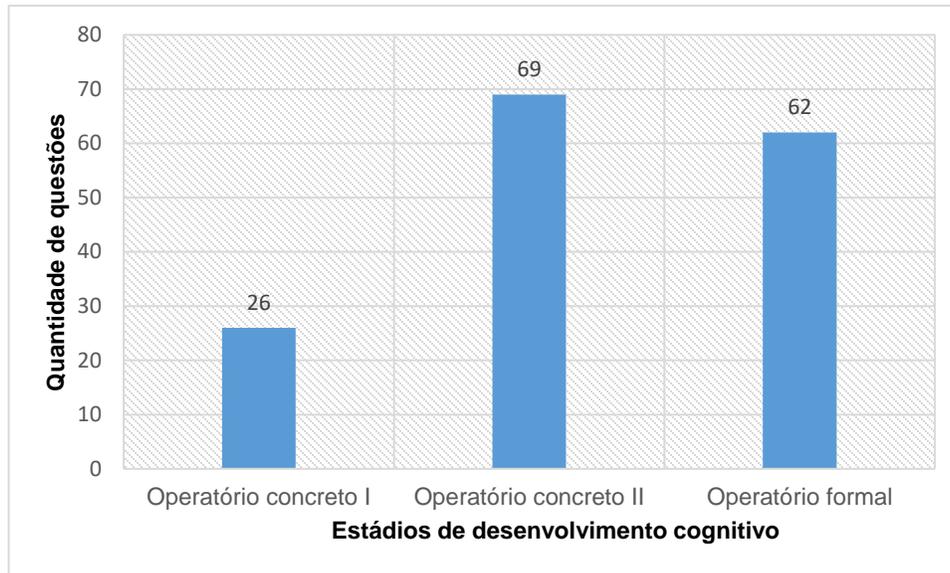
As provas de 2020, 2021 e 2022 contêm dois ou três modelos de uma mesma questão em que apenas se alteram a ordem das alternativas ou detalhes no texto. Nesses casos, para as análises, só consideramos um modelo de cada questão. Além disso, as questões foram codificadas da seguinte maneira: QXANO, sendo Q para questão, X para o número da questão da prova e ANO representa o ano de aplicação da prova. A seguir apresentamos os resultados de nossa análise.

4. DISCUSSÕES E RESULTADOS

No intento de entender se a prova da OBA está de acordo com o nível cognitivo dos estudantes, classificamos as questões das provas 2012 a 2022 em três estádios propostos na teoria piagetiana, a saber: estágio operatório concreto I, operatório concreto II e operatório formal.

As questões foram classificadas a partir das seguintes perguntas: Quais habilidades esta questão exige do(a) aluno(a)? E em qual estágio o(a) estudante já desenvolveu esta habilidade?

Em princípio, nossa hipótese era de que a maior parte das questões das provas era voltada para o estágio operatório formal. Entretanto, os dados disponibilizados no Gráfico 8 a seguir revelam que a maior parte das questões é de nível operatório concreto. Um detalhamento da classificação de cada questão nos estádios pode ser verificado na Figura 1 a seguir.



Fura 1: Classificação das Questões por Estádio

Fonte: Figueira (2022, p.59).

Reconhecemos como uma limitação dessa pesquisa o fato de não analisarmos quais temas de Astronomia seriam coerentes a cada faixa etária escolar de acordo com a Epistemologia Genética. Certamente essa questão poderá suscitar trabalhos futuros na área. Aqui, nos atemos em responder a duas perguntas: Quais conhecimentos o aluno deve ter para conseguir responder a essa questão? Em qual nível cognitivo o aluno já consegue dominar essa estratégia de acordo com a Epistemologia Genética?

Dessa forma, apresentamos a seguir um detalhamento das características das questões classificadas em cada estágio e quais habilidades cognitivas estas solicitam do estudante.

Questões do estágio Operatório Concreto I

As questões classificadas no estágio operatório concreto I são as mais simples, que não envolvem a necessidade de o estudante fazer cálculos, nem necessitam de muitos processos para serem resolvidas. São as questões de conhecimento direto como aquelas em que o estudante precisa buscar na memória a informação para resolver a questão, conforme exemplos abaixo:

(Q32014) Escreva *CERTO* ou *ERRADO* na frente de cada frase abaixo.
As estrelas têm a forma de uma bola.
A forma do Sol é igual à forma das outras estrelas.
O Sol é uma estrela.
Estrelas só brilham de noite.
Estrelas têm pontas.

Figura 2 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (a)
 Fonte: Figueira (2023, p. 61).

(Q22018) Alguns dos pontos luminosos do céu brilham porque têm luz própria e outros porque refletem a luz do Sol. Ao lado do nome de cada astro ou objeto escreva *LUMINOSO* se ele tem luz própria e *ILUMINADO* se ele só reflete a luz do Sol.

Lua _ _ _ _ Cometa _ _ _ _ Galáxia _ _ _ _ Estrela _ _ _ _

Figura 3 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (b)
 Fonte: Figueira (2023, p. 61).

(Q52012) Faça um X na figura abaixo que melhor representa a órbita da Terra ao redor do Sol. Não há efeito de perspectiva, isto é, você está olhando tudo de “cima”.

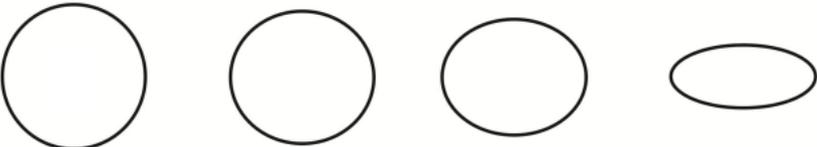


Figura 4 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (c)
 Fonte: Figueira (2023, p. 61).

Nesses exemplos, para resolver a questão, basta que o estudante tenha memorizado o conteúdo e o reconheça nas questões. Outros tipos de questões que se configuram como do operatório concreto I são as de nomear ou identificar Astros, como o exemplo a seguir.

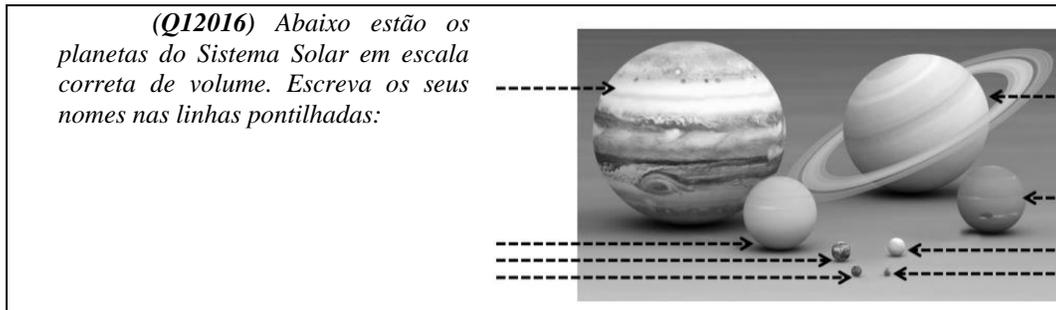


Figura 5 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (d)
Fonte: Figueira (2023, p. 61).

Os exemplos apresentados acima são questões que recrutam a memória do estudante, portanto desde que o aluno já tenha estudado aquele tema e guardado na memória o conteúdo, será simples a resolução da pergunta. Ainda, foram classificadas nesse estágio questões intuitivas, como a apresentada a seguir.

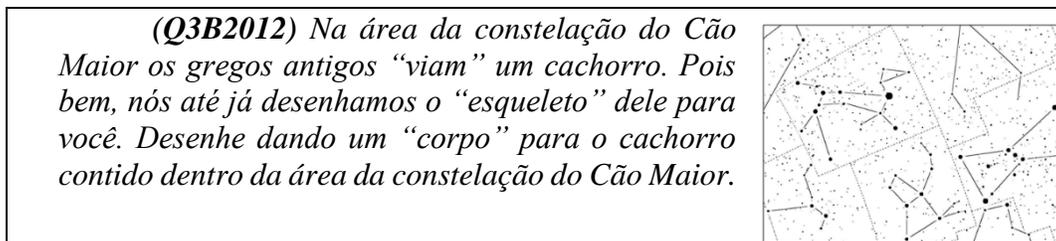


Figura 6 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (e)
Fonte: Figueira (2023, p. 62).

Entendemos por questões intuitivas aquelas que o estudante não necessita de conhecimento prévio na área de Astronomia e que o próprio exercício guia para a resolução que é bastante simples, portanto, não há nenhuma exigência conceitual, como na Questão Q3B2012 apresentada acima.

(Q82019) A empresa Visiona Tecnologia Espacial S/A, de São José dos Campos, SP, está desenvolvendo o nanosatélite VCUB1, de 10 kg, o qual operará em uma órbita polar situada a 500 km de distância da superfície da Terra. O VCUB1 é equipado com uma câmera para obter imagens da Terra. Numa câmera digital, a imagem é formada por pequenos quadrados, chamados de “pixels.” Quantos pixels possui a imagem mostrada ao lado?

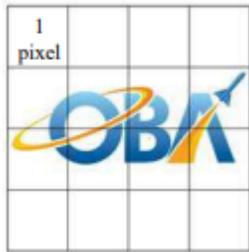


Figura 7 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto I (f)
Fonte: Figueira (2023, p. 62).

Outro tipo de questão intuitiva é a apresentada acima, quando o próprio desenho induz o estudante à resolução, que é bastante simples, bastando contar os quadrados da malha. Além disso, de acordo com a BNCC, no 4º ano do Ensino Fundamental, são trabalhados conceitos sobre áreas de figuras construídas em malhas quadriculadas.

Outra característica das questões que foram classificadas nesse estágio é o fato de serem questões que não requerem o domínio das relações espaciais. Dessa forma, são questões que não solicitam que o estudante pense a partir de diferentes pontos de vista, assim como não solicitam a reversibilidade (pensar na ação e na anulação dessa ação) do pensamento do estudante, o que Piaget chama de operações (PIAGET, 1970).

QUESTÕES DO ESTÁDIO OPERATÓRIO CONCRETO II

A principal característica desse estágio é a habilidade da criança pensar de forma lógica e concreta, ou seja, baseando-se no que é perceptivo e, portanto, não consegue abstrair a partir de objetos não vistos (PIAGET, 1970). Por isso, o operatório concreto II abarca as questões que apresentam dados e relações concretas, como perguntas sobre fenômenos possíveis de se visualizar no cotidiano,

como o movimento aparente do Sol e determinação das coordenadas geográficas, formato da Lua em diferentes fases e as características físicas das estações do ano.

Segundo Goulart (2005), na fase operatória concreta, a criança possui estruturas cognitivas consolidadas para o domínio das operações básicas, entretanto, cálculos de proporção, média ou porcentagem, por mais que sejam matematicamente simples, exigem um padrão de pensamento abstrato que só será atingido no estágio operatório formal. Além disso, esses conteúdos começam a ser introduzidos superficialmente no 6º ano, mas ainda serão mais bem trabalhados ao longo do 7º, 8º e 9º anos. Em razão disso, foram classificadas nesse estágio operatório concreto questões que solicitam cálculos básicos, como questões sobre os anos bissextos, ou área, conforme os exemplos apresentados a seguir.

(Q22012) *Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase.*

.....No verão de qualquer hemisfério a Terra está mais perto do Sol, logo ele parece maior.

.....Ao meio-dia ou bem perto disso um poste nunca tem (ou faz) sombra.

.....Não vemos a Lua nova porque ela está na sombra da Terra.

.....Podemos ver a Lua cheia até durante o dia, pois ela brilha muito.

.....No inverno de qualquer hemisfério a Terra passa longe do Sol e podemos vê-lo pequenininho no céu.

Figura 8 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (a)

Fonte: Figueira (2023, p. 63).

Há ainda questões que requerem a lógica operacional concreta, do domínio das relações espaciais e que também foram classificadas no estágio operatório concreto II, como os exemplos abaixo.

(Q62017) *Abaixo tem uma imagem do céu obtida a partir do software gratuito chamado STELLARIUM. Ela mostra uma região do céu, próxima do Polo Celeste Sul, na data de 19/05/17 (dia da prova da 20a OBA). Os tamanhos das bolinhas pretas indicam o brilho das estrelas, isto é, bolinha preta grande significa que a estrela é bem brilhante.*

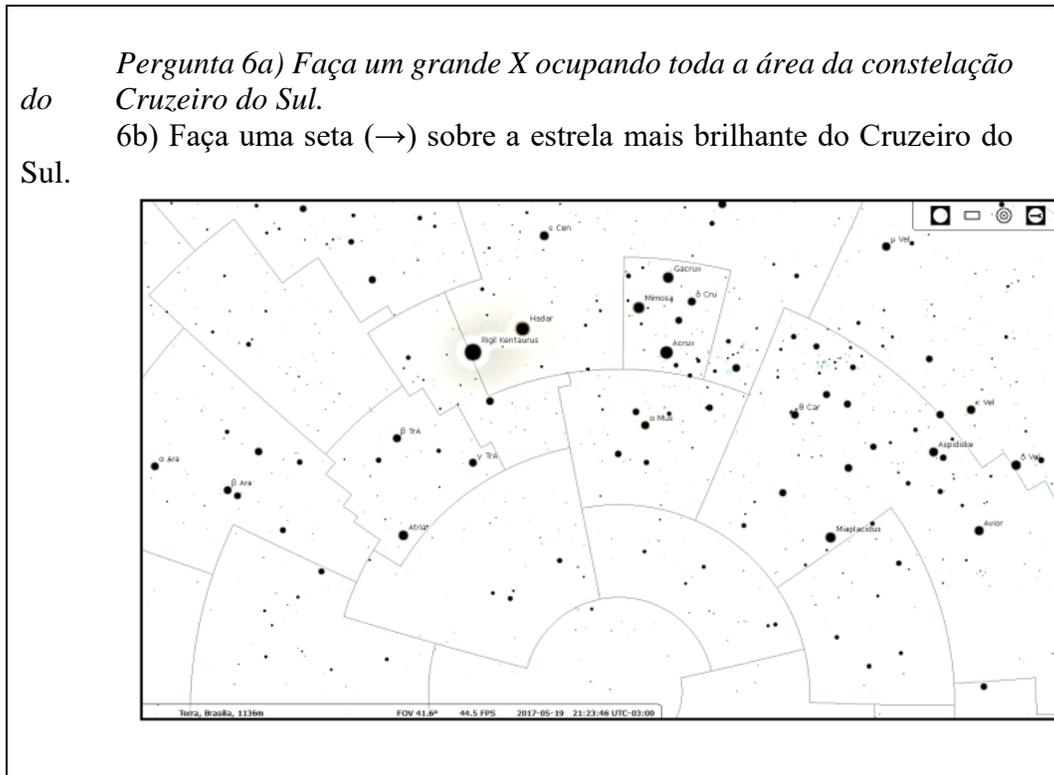


Figura 9 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (b)
Fonte: Figueira (2023, p. 64).

Questões de interpretação de mapa celestes são bastante comuns na OBA e esse tipo de questão reproduz no papel uma imagem que pode ser observada no céu em determinada época do ano, portanto é uma relação concreta. A interpretação de mapas celestes, que solicita a identificação de estrelas, constelações ou exige que o estudante compreenda o movimento dos astros ao longo do ano, requer coordenação do referencial espacial e compreensão das coordenadas geográficas para que o estudante consiga realizar uma observação noturna regular durante o ano e de fato compreenda os mapas celestes.

Segundo Piaget (2003), o sujeito no operatório concreto tem a capacidade de desenvolver a abstração, entretanto depende de dados perceptíveis, ou seja, do mundo concreto. Vejamos mais um exemplo a seguir que exigem do estudante domínio de diferentes pontos de vista e abstração a partir do concreto.

(Q22016) O planeta Terra é o mais bem estudado de todos. Ao lado tem o tradicional modelo dele montado num suporte. Pergunta 2a) Escreva sobre a figura ao lado onde está o Polo Geográfico Norte (PGN) e o Polo Geográfico Sul (PGS) e faça uma seta “→” indicando onde eles estão!



Figura 10 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (c)
Fonte: Figueira (2023, p. 65).

Algumas questões da OBA que solicitam que o estudante apenas marque certo ou errado ou verdadeiro ou falso, por mais simples que pareçam, para que o estudante de fato selecione a opção correta, é necessária uma compreensão que vai além da questão. Um exemplo é questão a seguir, que solicita o pensamento espacial, compreensão das fases da Lua e a relação de iluminação de objetos.

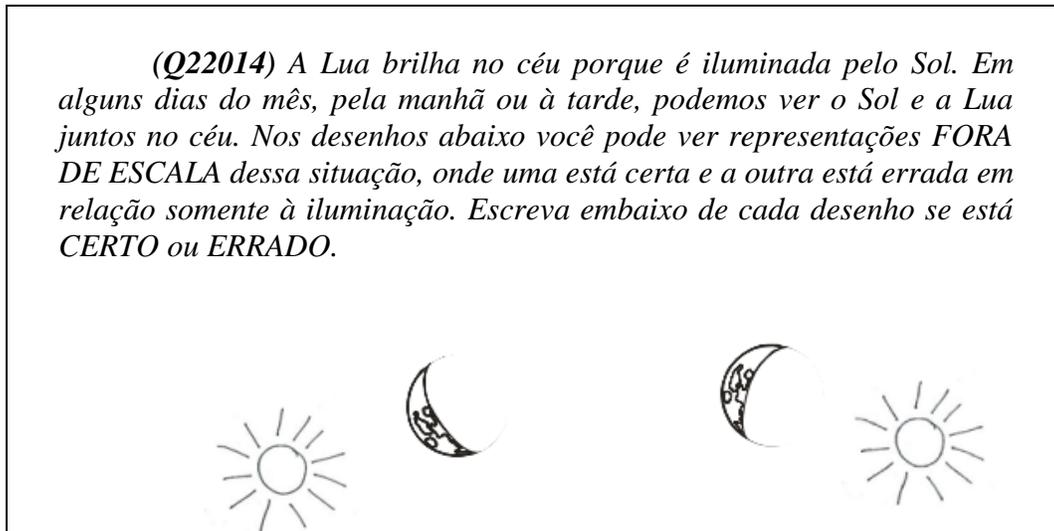


Figura 11 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório concreto II (d)
Fonte: Figueira (2023, p. 65).

Segundo Leite e Hosoume (2009, p. 34), “[...] a coordenação de diferentes pontos de vista é um fator fundamental na construção do conceito de espaço”. Bartelmebs (2016) explica que compreender a Terra como corpo cósmico possibilita ao sujeito construir conhecimentos sobre os movimentos da Terra ao redor do Sol e, conseqüentemente, compreender noções de dia e noite, estações do ano e fases da Lua. Entretanto, compreender a Terra como um corpo cósmico no espaço implica outras habilidades cognitivas que transcendem o “egocentrismo” habitual do nosso ponto de vista terrestre (BARTELMEBS, 2016). A superação de um ponto de vista “egocêntrico”, ou seja, compreender as coordenadas espaciais para além de uma referência centralizada em si implica na construção da inter-relação entre os conceitos de Terra como corpo cósmico, movimentos da Terra e do Sol (BARTELMEBS, 2016).

A partir disso, acreditamos que por meio do processo de superação do ponto de vista egocêntrico, que permitirá a compreensão da Terra como um corpo cósmico, associado ainda à habilidade de coordenação de diferentes pontos de vista, já conquistado nesse estágio, pode permitir que o estudante nesse nível cognitivo

compreenda por meio de modelos concretos a relação da iluminação do Sol na Lua, possibilitando a compreensão de fenômenos como o dia e a noite, mas o fato de proceder por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência, além da ausência da lógica combinatória, dificulta a compreensão de temas como as fases da Lua, as estações do ano e o eclipse, mesmo com materiais concretos.

QUESTÕES DO ESTÁDIO OPERATÓRIO FORMAL

As questões em nível operatório formal são as mais complexas, pois exigem do estudante raciocínio lógico e apresentam dados que exigem padrões de pensamento abstratos sem apresentar dados perceptíveis (PIAGET, 1990).

Diante de uma tarefa formal, o adolescente já não está preocupado exclusivamente com o trabalho restrito de organizar a informação que recebe dos sentidos. Em virtude dessa nova propriedade, ele tem agora a capacidade potencial de conceber e elaborar quase todas as situações possíveis que poderiam relacionar-se ou coexistir com a situação dada, elaborando com maior precisão e exposição a resolução de determinado problema.

Os exemplos apresentados a seguir exigem do estudante o raciocínio lógico hipotético, raciocínio dedutivo, além de necessitar que ele pense diversas formas de resolução sem testá-las de modo concreto. Lembrando que realizam a prova do III nível crianças de 10 anos idade até adolescentes de em média 14 anos.

(Q7A2015) Em 2014, Felipe Braga Ribas, jovem astrônomo do Observatório Nacional, descobriu, com a colaboração de outros astrônomos, o primeiro asteroide com anéis, Chariklo. O Chariklo move-se a 20 km/h e está entre as órbitas de Saturno e Urano. Chariklo passou na frente de uma estrela, conforme ilustra, esquematicamente, a figura abaixo à esquerda, e isso permitiu descobrir que ele tem anel, qual o tamanho e o raio do anel, bem com o tamanho do asteroide etc.

A figura acima à direita mostra o brilho da estrela ocultada pelo Chariklo. Note que ela tinha um brilho constante, mas no instante A seu brilho caiu para quase zero, no instante B seu brilho foi para zero e no instante C seu brilho caiu pela metade, depois ficou constante novamente.

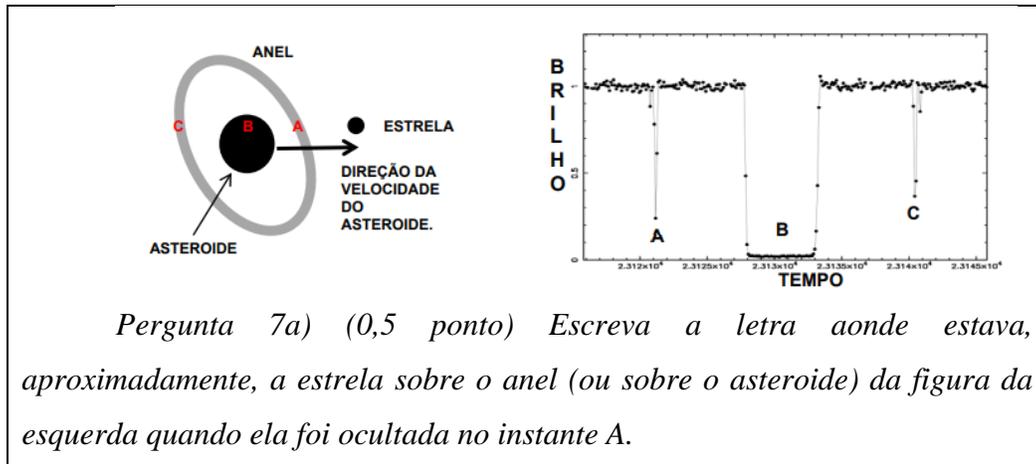


Figura 12 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (a)
 Fonte: Figueira (2023, p. 69).

A resolução da questão apresentada acima não é trivial e exige que o estudante se descole totalmente do concreto, sendo necessário que ele se posicione mentalmente no espaço e observe um asteroide com anéis passando em frente a uma estrela. Somado a isso, o estudante precisa compreender de que forma o brilho da estrela é ocultado pelo anel e traduzir essa representação para o gráfico apresentado na questão.

Imaginar a situação descrita na questão acima, bem como relacionar os dados apresentados no gráfico com o fenômeno enunciado, exige o pensamento abstrato e o raciocínio dedutivo que permitirão comprovar sistematicamente o valor de cada uma das hipóteses nas quais pensa.

Outro exemplo de questão que exige a habilidade de testar hipóteses mentalmente é a questão apresentada abaixo.

(Q92015) Voltando do 53º Encontro Regional de Ensino de Astronomia, EREA, realizado no Oiapoque, AP, no dia 21 de setembro de 2014, fomos visitar o Marco Zero. Bruna Senra, namorada do Leandro, estava tão feliz que ficou saltando de um Hemisfério para o outro e até se deitou de braços abertos sobre a linha de latitude zero do Marco Zero, de tal modo que o seu braço direito apontou para o Hemisfério Norte e o esquerdo para o Hemisfério Sul (Figura II). Eram 19h, e a Bruna, deitada como estava, avistou um satélite geostacionário (sim, ela tem ótima visão!) exatamente sobre ela, no zênite, orbitando a Terra. Este satélite está representado no ponto A da Figura III (lembre-se de que ela estava deitada no ponto 1). A Figura III é uma representação bem simplificada da Terra vista de um ponto acima do polo Norte. Faça um X sobre o ponto (1, 2, 3 ou 4) da Figura III em que a Bruna estaria à 01 hora da madrugada. Faça um Y sobre o ponto (A, B, C ou D) da Figura III onde estaria o satélite à 01h da madrugada.

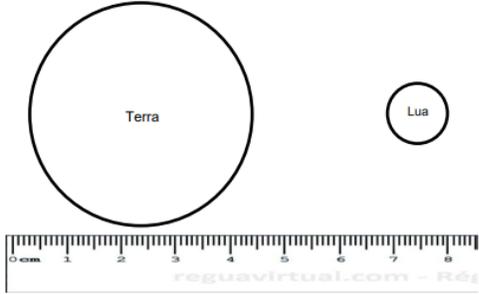
Figura 13 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (b)
 Fonte: Figueira (2023, p. 70).

Para resolver a questão acima, o estudante necessita descobrir quantos graus a Terra irá girar das 19 horas à 1 hora da manhã. Trata-se de interpretação de texto minuciosa e envolve a necessidade de trabalhar com símbolos puros para desenvolver o cálculo, não bastando apenas olhar para a figura. Assim, essa necessidade de abstração de um dado, ou mais, da imagem, e trabalhar hipoteticamente com o movimento da Terra, sua localização geográfica e a quantidade de graus que irá girar incide na necessidade de um estágio operatório formal para dar conta desse raciocínio.

Segundo Goulart (2005), no estágio operatório formal, onde acontece a abstração, o sujeito tem a capacidade de desenvolver maiores conhecimentos matemáticos,

como compensações complexas, razão, proporção e, posteriormente, probabilidade e indução de leis ou correlação. Na OBA, podemos encontrar diversas questões que envolvem a compreensão e o cálculo de proporcionalidade, como questões que envolvem regra de três, porcentagem, média, ou comparação entre grandezas como o exemplo apresentado abaixo.

(Q4A2013) Sabemos que o diâmetro aproximado da Terra é 12.756 km e o da Lua é de 3.476 km. Usamos estes dados para fazer a figura ao lado. Quantas vezes o diâmetro da Terra é maior do que o da Lua? Se preferir, use a régua ao lado.



(Q4B2013) A distância entre as superfícies da Terra e da Lua é de aproximadamente 384.000 km. Quantas Terras caberiam enfileiradas, lado a lado, entre ambas?

Figura 14 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (c)

Fonte: Figueira (2023, p. 71).

Na matemática, o conceito de proporcionalidade começa a ser trabalhado por volta do 7º ano. Segundo Cabral (2019, p. 180), “depois da aprendizagem das quatro operações fundamentais, consideramos a proporcionalidade um dos conceitos primordiais para a alfabetização matemática”, sendo o conhecimento muito utilizado no cotidiano. Entretanto, Cabral (2019) aponta que muitas vezes a matemática a ser ensinada é direcionada à simples memorização ou mecanização de leis, fórmulas e técnicas de resolução de exercícios. Esse tipo de atitude

corroborar para que o estudante não compreenda logicamente conceitos matemáticos.

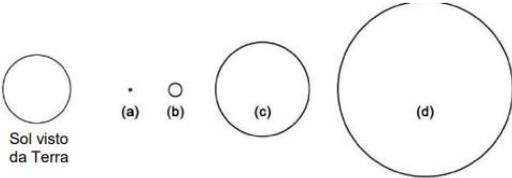
Nos experimentos realizados por Inhelder e Piaget (1976), a noção de proporção é desenvolvida em média no estágio operatório formal. Os autores explicam que o problema da formação da noção de proporção é entender por que não se formam desde o nível das operações concretas, visto que consiste apenas em relações duplas ($x/y = x'/y'$). Segundo Inhelder e Piaget (1976), o esquema da proporção apresenta dois aspectos: um lógico e outro matemático, e para que de fato se compreenda matematicamente a proporcionalidade, é preciso a aquisição de esquemas de compensação por equivalência, que é característico do pensamento formal.

Ainda sobre o desenvolvimento do raciocínio matemático relacionado à proporção, Villagrán *et al.* (2001) realizaram um estudo com estudantes do Ensino Médio, com o objetivo de analisar as possíveis relações entre as realizações cognitivas alcançadas durante a fase de pensamento formal e a resolução de problemas matemáticos. Os resultados sugerem que os alunos com maior nível de pensamento formal são os que melhor resolvem problemas matemáticos. No entanto, apenas 36% destes foram capazes de resolver problemas onde os esquemas de proporcionalidade estão presentes. Os resultados sugerem que atingir o nível de raciocínio formal não é suficiente para saber como aplicá-lo em problemas matemáticos concretos, sendo necessário adquirir os conhecimentos específicos para tomar uma decisão correta.

Classificamos aqui também questões que abordam a necessidade de comparar grandezas diferentes, como: distância, velocidade e tempo, raio da estrela, luminosidade e temperatura; tamanho angular, diâmetro e distância média, visto que esses conceitos necessitam de pensamento hipotético e de manipulação de símbolos puros.

A aquisição da habilidade combinatória e da busca de razões para as relações do estágio operatório formal viabiliza a compreensão de temas como estações do ano, eclipses e fases da Lua. Nesses fenômenos citados anteriormente, além da capacidade de se imaginar fora da Terra e combinar diferentes pontos de vista, é necessária a combinação de diversos fatores para a compreensão completa dos fenômenos.

(Q22019) Na figura, o disco da esquerda representa o disco do Sol tal como ele é visto da Terra. Os quatro discos seguintes representam o Sol tal como ele é visto de outros quatro planetas do Sistema Solar. Assinale a alternativa que apresenta os nomes dos planetas de onde se vê o disco do Sol como desenhados em (a), (b), (c) e (d):



() (a) Mercúrio, (b) Vênus, (c) Urano e (d) Júpiter.
 () (a) Júpiter, (b) Urano, (c) Marte e (d) Vênus.
 () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Marte e (d) Mercúrio.
 () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Vênus e (d) Mercúrio.

Figura 15 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (d)

Fonte: Figueira (2023, p. 72).

A questão Q42014 discorre sobre o fenômeno do eclipse e para respondê-las basta marcar “X” na resposta correta, entretanto o raciocínio por trás da resposta é complexo para uma criança que ainda não desenvolveu o raciocínio formal, isso porque, a compreensão dos eclipses exige a habilidade de combinar o pensamento espacial, o posicionamento dos astros e a projeção de sombras. Além disso, esse conteúdo, assim como as estações, é trabalhado apenas no 8º ano de acordo com a BNCC, o que corrobora com a ideia de ser um conteúdo complexo para crianças e pré-adolescentes do operatório concreto.

(Q42014) Simplificadamente dizemos que um eclipse do Sol ocorre quando a Lua passa na frente dele e o da Lua quando ela passa dentro da sombra da Terra, a qual é opaca e iluminada pelo Sol, como você sabe. Escreva C para certo ou E para errado na frente de cada afirmação abaixo:

() Eclipses lunares só ocorrem na Lua Cheia.
 () Quando os eclipses solares estão ocorrendo podem ser vistos por todos na Terra.
 () O tipo de eclipse representado esquematicamente na figura acima é um eclipse solar.
 () Os eclipses solares e lunares estão relacionados com os solstícios e equinócios,

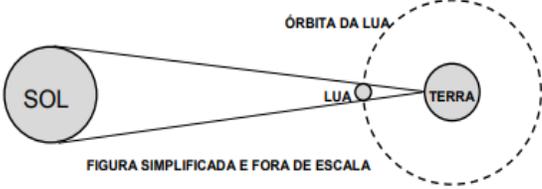
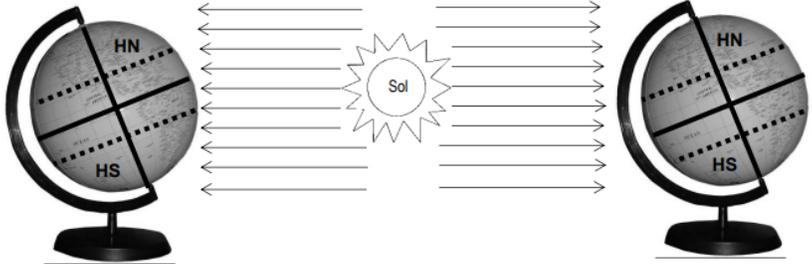


FIGURA SIMPLIFICADA E FORA DE ESCALA

respectivamente.

Figura 16 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (e)
 Fonte: Figueira (2023, p. 73).

(Q72020) Abaixo está o globo terrestre colocado em dois diferentes instantes ao redor do Sol, aproximadamente à mesma distância do Sol, porém separados por 6 meses. Entre eles está o Sol (desenhado esquematicamente e fora de escala) e os “raios solares”. Dado: Na figura HN = Hemisfério Norte e HS = Hemisfério Sul. As linhas tracejadas representam os Trópicos.



() VERÃO
 () INVERNO - No globo da esquerda qual é a estação do ano no HN?
 () VERÃO () INVERNO - No globo da direita qual é a estação do ano no HN?

Figura 17 – Exemplo de questão da OBA do nível operatório formal (f)
 Fonte: Figueira (2023, p. 74).

Segundo Bartelmebs (2016), a compreensão das estações do ano não é simples nem mesmo para sujeitos adultos. A autora explica que o simples fato de observar o Sol durante o ano não garante que o estudante compreenda o fenômeno, sendo necessária a construção de diversas noções complementares que auxiliem na compreensão dessa observação. A observação precisa ser precedida por anotações e perguntas, não bastando apenas “ver” o fenômeno para o compreender. Para isso é necessário combinar o movimento aparente do Sol no céu (diário ou anual) com o movimento da Terra, e fatores derivados como luminosidade (dia e noite) ou calor e frio (intensidade dos raios solares no trópico que se encontra o observador). Portanto, acreditamos que a compreensão das estações do ano exige o pensamento hipotético dedutivo além da habilidade de combinar diversos fatores.

Como apontado por Piaget (1987), o desenvolvimento do ser humano é um processo de evolução gradativa, que acontece a partir de estruturas organizadas, baseando-se principalmente no processo de assimilação e acomodação, portanto a aprendizagem é um processo gradual, em que o adolescente vai se capacitando seguindo uma sequência lógica.

A estrutura formal conquistada é constituída a partir da estrutura operatória, concreta. Por isso, entendemos que é necessário que o estudante construa a base da compreensão em Astronomia a partir de relações concretas, mas permanecer nas relações concretas inviabiliza a compreensão profunda de conceitos Astronômicos, visto que a maior parte dos conteúdos de Astronomia tem algum nível de abstração, pois a Astronomia inevitavelmente trabalha com modelos e previsões, não sendo possível manipular o Planeta Terra ou qualquer outro astro (BARTELMEBS, 2016).

Além disso, entendemos que é meta se desvencilhar do concreto pelos seguintes motivos: (1) no aspecto formal, a Ciência aplica-se ao universal e não somente ao particular (REALE, 2002); (2) a concretização de exemplos no ensino de Ciências passa a mensagem de que leis e teorias se aplicam a casos particulares, comprometendo, assim, a aprendizagem científica em longo prazo (CRATO, 2010).

Todavia, para Piaget, de acordo com Silva e Frezza (2011), os conteúdos influenciam fortemente as condutas. Os graus de novidade e complexidade das tarefas propostas perturbam operações lógico-matemáticas. Todavia, quando o sujeito atinge a adolescência e o que se chama de estágio das operações formais, isso não implica a garantia de que doravante operará formalmente sobre todos os objetos. Há um

detalhe imprescindível a ser considerado: as especificidades dos conteúdos. A disponibilidade de uma estrutura formal não basta por si só, pois é preciso ter esquemas construídos para significar os problemas (SILVA; FREZZA, 2011).

Isso explica por que é prejudicial para o estudante, em um nível operatório concreto ou mesmo do operatório formal, ter contato pela primeira vez com determinados conteúdos de Astronomia durante a prova, pois o grau de novidade do conteúdo pode impossibilitar a criança de responder à questão. Por isso, defendemos que seria interessante que todos os conteúdos presentes na prova estivessem de acordo com o currículo das escolas. Ao mesmo tempo, entendemos que os conteúdos de Astronomia, por recrutarem a lógica formal, podem auxiliar no processo de desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória deste estudo foi feita por caminhos delineados em torno do seguinte objetivo: “Verificar se as questões presentes nas provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica são adequadas ao nível de capacidade cognitiva de seus participantes?”. Essa busca por entendimentos sobre a adequação da prova da OBA nos levou ao estudo e à comparação das questões da olimpíada com a teoria cognitiva de Piaget.

De um total de 157 questões analisadas, 95 questões foram classificadas no estágio operatório concreto e são questões que possivelmente um estudante do 6º ano tem competência cognitiva para solucionar. Entretanto, outras 62 questões foram classificadas no estágio operatório formal, um número bem significativo considerando que, de acordo com a Teoria de Piaget, apenas a partir dos 11 ou 12 anos o pré-adolescente progride para o nível operatório formal.

Cabe ressaltar que Piaget não estabelece idades fixas para que cada sujeito atinja determinado estágio, uma vez que a evolução cognitiva depende de diversos fatores, assim, caso não haja incentivos cognitivos corretos, o pensamento formal pode nem ser desenvolvido. Além disso, como mostram algumas pesquisas discutidas nos tópicos de resultados, atingir o nível de raciocínio formal não basta para saber como aplicá-lo na Astronomia, sendo necessário adquirir os conhecimentos específicos para tomar uma decisão correta.

Os baixos índices de acertos na prova, podem ser indícios de que a prova não está totalmente coerente com os níveis cognitivos dos estudantes a quem é destinada a avaliação, sendo talvez necessária uma nova readequação da prova.

Ainda se faz necessário esclarecer que muitos outros fatores podem influenciar os baixos índices de acertos da prova e existe a possibilidade de que a OBA esteja denunciando um problema que vai muito além da prova, pois a dificuldade pode vir de uma defasagem na forma como as escolas estão preparando os estudantes para desenvolver o pensamento formal necessário para a compreensão dos conteúdos de astronomia. Portanto, dividir a prova do III nível em outros dois subníveis não resolve totalmente o problema em questão.

Infelizmente a OBA não disponibiliza a informação sobre os índices de acertos de cada questão da prova, o que impede de tornar ainda mais rico esse trabalho. Fica a sugestão para os organizadores da OBA, em contato com os professores responsáveis pelas correções das provas de cada escola, elaborem uma forma de disponibilizar o número de acertos de cada questão da prova, pois esse *feedback* pode auxiliar na própria elaboração das provas futuras da Olimpíada.

Ademais, esperamos que esse trabalho tenha contribuído para a área de Educação em Astronomia no que tange aos processos cognitivos de aprendizagem de temas astronômicos.

AGRADECIMENTOS

Sendo derivado da pesquisa de mestrado da primeira autora, que foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), os autores agradecem o apoio financeiro da instituição para a realização da pesquisa. Pela leitura atenta de os comentários construtivos a esta pesquisa, os autores também agradecem aos professores João Batista Siqueira Harres e a professora Mara Fernanda Parisoto.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. Edições 70.
- BARTELMÉBS, R. C. (2014). Psicogênese e história das ciências: Elementos para uma epistemologia construtivista. *Revista Ensaio*, 16(2), 147-165.

- Recuperado em 24 fev. 2024 de <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160208>
- BARTELMEBS, R. C. (2016). *Ensino de Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: Como evoluem os conhecimentos dos professores a partir do estudo das ideias dos alunos em um curso de extensão baseado no modelo de investigação na escola*. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- BARTELMEBS, R. C., KITZBERGER, D. O., JEZUS, M. T., FIGUEIRA, M. M. T., & PANDINI, C. A. (2019). Modelos de significação sobre conteúdos de Astronomia: Considerações acerca de um estudo com professores de Ciências da Educação Básica. *Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas Schème*, 11(2), 34-79. Recuperado em 02 fev. 2021 de <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/scheme/article/view/9736>.
- BARTELMEBS, R. C.; OLIVEIRA, V. S. DA S.; FIGUEIRA, M. M. T. (2022). A epistemologia genética e a compreensão dos processos de aprendizagem de conceitos astronômicos na escola. In: *Schème*. Vol. 14, n.2, p. 226 – 256.
- BECKER, F. (2012). *Epistemologia do professor de matemática*. Ed. Vozes: Petrópolis, RJ.
- CABRAL, N. F., DIAS, G. N., & LOBATO, J. M. S. (2019). O ensino de razão e proporção por meio de atividades. *Ensino da Matemática em Debate*, (6), 155-179. <https://doi.org/10.23925/2358-4122.2019v6i3p155-179>. Acesso em 02 jan. 2023.
- CANALLE, J. B. G. et al. (2017). *XX Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica*. Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Rio de Janeiro: OBA. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio%20da%20XX%20OBA%20-%202017.pdf. Acesso em: 18 set. de 2021.
- CRATO, N. (2010). *O educuês em discurso direto: uma crítica da pedagógica romântica e construtivista* (11a ed.). Lisboa: Gradiva.
- ERTHAL, J. P. C.; VIEIRA, A. S. (2019). Vinte anos de oba: uma análise da Evolução do exame ao longo dos anos. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 27, 35-54. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2019.27.035>. Acesso em: 12 dez. 2020.

- FACCIO, M. et al. (2019). Força e movimento: concepções alternativas no Ensino Superior. *Revista Educar Mais*, 3(2), 173-191. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/1483>. Acesso em 27 jul. 2022.
- FIGUEIRA, M. M. T. (2023). *Análise das capacidades cognitivas dos conteúdos apresentados no III nível da olimpíada brasileira de astronomia e astronáutica* (OBA). Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas.
- GARRATINI, S. (2021). *Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica para o Ensino de Ciências no município de Curitiba*. Dissertação de Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25005>. Acesso em: 4 fev. de 2022.
- GALVÃO, M. C. B.; PLUYE, P.; RICARTE, I. L. M. (2017). Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação. *Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 8(2), 4-24. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/view/121879>. Acesso em: 2 abr. 2018.
- GOULART, I. B. (2005). *Piaget: experiências básicas para utilização pelo professor* (21a ed.). Petrópolis, RJ: Vozes.
- HOSOUME, Y.; LEITE, C.; del CARLO, S. (2010). Ensino de Astronomia no Brasil – 1850 a 1951 – um olhar pelo Colégio Pedro II. *Revista Ensaio*, 12(2), 189-204. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/mGQ3Z65v9X7xRjxN7V3swt/?lang=pt>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- INHELDER, B.; PIAGET, J. (1976). *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo: Pioneira.
- LANGHI, R.; NARDI, R. (2010). Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia Essencial nos anos iniciais do ensino fundamental. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(2), 205-224. Disponível em:

- <https://www.scielo.br/j/epec/a/rBkGV5RCPZbFxfX6mBP5hgD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- LEITE, C.; HOSOUME, Y. (2009). Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de Astronomia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 797-811.
- LEITE, C.; HOSOUME, Y. (2007). O professor de Ciências e sua forma de pensar a Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 4, 47-68.
- MENEZES, L.S.L. (2018). *A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e sua contribuição para o ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental nas escolas da rede pública de São Bernardo do Campo*. Dissertação de Mestrado em Ensino e História das Ciências e Matemática, Universidade Federal do ABC, São Paulo(SP). Disponível em:
https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFBC_3f632cec598aea1ef9146b2c524c5da8. Acesso em: 20 dez. 2021.
- PIAGET, J. (1987). *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- PIAGET, J. (1970). *Epistemologia Genética*. Petrópolis: Vozes.
- RAPPAPORT, C. R.; FIORI, W. da R.; DAVIS, C. (1981). *Psicologia do Desenvolvimento*. São Paulo: EPU.
- REALE, M. (2002). *Filosofia do direito*. 20. ed. São Paulo: Saraiva.
- SILVA, J. A. da; FREZZA, J. S. (2011). Aspectos metodológicos e constitutivos do pensamento do adulto. *Educar em Revista*, n. 39, p. 191–205.
- SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M.A.; AXT, R. (1992). Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 2, p. 187-194.
- SILVÉRIO, B. de A.; SITKO, C. M.; POLIZEL, A. L. (2023). A epistemologia genética no desenvolvimento da relação período-luminosidade de Henrietta Leavitt. In: *Revista Latino Americana de Educação em Astronomia*, n 35, p.22-40.
- SOARES, J. P. (2020). *Elaboração de uma componente curricular eletiva nas escolas em tempo integral (EEMTIS) do Ceará com foco na Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA)*. Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural

- do Semiárido (UFERSA), Mossoró. Disponível em:
<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5448>.
- TREVISAN, R. H.; LATTAR, C. J. B.; CANALLE, J. B. G. (1997). Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros de ciências do primeiro grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 1, p. 7-16.
- VILLAGRÁN, M. A.; GUZMÁN, J. I. N.; PAVÓN, J. M. L.; CUEVAS, C. A. (2002). Pensamiento formal y resolución de problemas matemáticos. *Psicothema*, v. 14, n. 2, p. 382-386.
- ZÁRATE, J. D. B.; CANALLE, J. B. G.; SILVA, J. M. N. da. (2009). Análise e classificação das questões das dez primeiras olimpíadas brasileiras de Astronomia e astronáutica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis*, v. 26, n. 3, p. 609-624. Disponível em:
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p609/11141>.



VIAGEM À LUA: UMA PROPOSTA PARA ABORDAR O ENSINO DE VIAGENS ESPACIAIS EM SALA DE AULA

Joyce Machado Oliveira ¹
João Henrique Rodrigues ²

RESUMO: A viagem à Lua recobrou o seu destaque nas mídias sociais e nos meios de comunicação nos últimos anos graças aos avanços da empresa SpaceX. Em busca de uma forma de conectar os tópicos de Astronomia ensinados na Base Nacional Comum Curricular no Brasil e a realidade científica atual, e contribuir para a divulgação científica, o presente trabalho visa adaptar a Física envolvida em voos espaciais, permitindo uma abordagem mais viável em salas de aula do Ensino Médio. Inicialmente, utilizou-se a viagem à Lua e os conceitos de Movimento Retilíneo e Circular Uniforme, bem como a Lei da Gravitação Universal, para analisar a aceleração que ocorre no foguete ao longo da viagem Terra-Lua e analisou a quantidade aproximada de energia necessária para atingir a Lua. Investigou-se os pontos de lançamento que permitiriam a economia de energia e, conseqüentemente, de combustível. Foram utilizados os conceitos de variação de posição angular para calcular os pontos de partida e chegada do foguete durante a viagem Terra-Marte. Por fim, foram investigados os desafios técnicos e logísticos envolvidos na viagem a Marte, bem como o uso de simulações para abordar questões mais abstratas.

PALAVRAS-CHAVE: Viagem à Lua; Ensino de Física; Propostas didáticas.

VIAJE A LUNA: UNA PROPUESTA PARA ABORDAR LA ENSEÑANZA DEL VIAJE ESPACIAL EN EL AULA

RESUMEN: El viaje a la Luna ha recuperado protagonismo en las redes sociales y en los medios de comunicación en los últimos años gracias a los avances de la empresa SpaceX. En busca de una forma de conectar los recursos de Astronomía impartidos en la Base Curricular Común Nacional en Brasil y la realidad científica actual, y contribuir a la divulgación científica, el presente trabajo tiene como objetivo adaptar la Física proyectada en los vuelos espaciales, permitiendo una comprensión más enfoque viable en las aulas de secundaria. Inicialmente, utilicé el viaje a la Luna y los conceptos de Movimiento Rectilíneo Uniforme y Circular, así como la Ley de Gravitación Universal, para analizar la interferencia que se produce en el cohete durante el viaje Tierra-Luna y ver el aproximado cantidad de energía necesaria para llegar a la luna. Se investigaron los puntos de lanzamiento que permitirían el ahorro de energía y, en consecuencia, el ahorro de combustible. Los conceptos de variación de la

¹ Instituto Federal de Minas Gerais, Bambuí, Brasil. E-mail: joycemachado7070@gmail.com

² Instituto Federal de Minas Gerais, Bambuí, Brasil. E-mail: joao.henrique@ifmg.edu.br

posición angular se utilizaron para calcular los puntos de partida y llegada del cohete durante el viaje Tierra-Marte. Finalmente, se investigaron los desafíos técnicos y logísticos que implica en el deseado viaje a Marte, así como el uso de simulaciones para abordar cuestiones más abstractas.

PALABRAS CLAVE: Viaje a Luna; Enseñanza de la Física; Propuestas didácticas.

JOURNEY TO THE MOON: A PROPOSAL TO APPROACH THE TEACHING OF SPACE TRAVEL IN THE CLASSROOM

ABSTRACT: *The journey to the Moon has regained its prominence on social media and in the media in recent years thanks to advances made by the company SpaceX. In search of a way to connect the topics of Astronomy taught in the National Common Curricular Base in Brazil and the current scientific reality, and to contribute to scientific dissemination, the present work aims to adapt the Physics involved in space flights, allowing a more viable approach in high school classrooms. Initially, the trip to the Moon and the concepts of Rectilinear and Uniform Circular Motion, as well as the Law of Universal Gravitation, were used to analyze the acceleration that occurs in the rocket during the Earth-Moon trip and analyzed the approximate amount of energy needed to reach the moon, along with the launch points that would allow energy savings and, consequently, fuel savings were investigated. The concepts of angular position variation were used to calculate the departure and arrival points of the rocket during the Earth-Mars journey. Finally, the technical and logistical challenges involved in traveling to Mars were investigated, as well as the use of simulations to address more abstract questions.*

KEYWORDS: *Journey to the Moon; Physics teaching; Didactic Proposals.*

INTRODUÇÃO

“Este foi um pequeno passo para o homem, mas um gigantesco salto para a humanidade.” Foram estas palavras, proferidas por Neil Armstrong, primeiro ser humano a pisar na superfície lunar, que marcaram a corrida espacial da década de 1960, em 20 de julho de 1969. O programa Apollo, responsável por levar os astronautas até a Lua e trazê-los de volta à Terra sãos e salvos foi, de fato, um grande salto para a humanidade. Tal como apontado por Macau (2007) “o programa (...) foi um fabuloso empreendimento de engenharia, que envolveu durante uma década cerca de 40.000 pessoas num minucioso trabalho coordenado entre indústrias, universidades e centros de pesquisas.”.

No entanto, antes mesmo do surgimento das missões Apollo, diversas iniciativas feitas pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) já pretendiam trabalhar no desenvolvimento de equipamentos tecnológicos que seriam essenciais para que o ser humano conseguisse chegar à Lua. O Projeto Mercury (*National Aeronautics and Space Administration* [NASA] 2006), criado pela agência norte-americana no final da década de 1950, por exemplo, tinha como objetivo corrigir falhas nos primeiros foguetes projetados por Robert Goddard, e criar um sistema seguro e eficiente para enviar as tripulações até o satélite natural do planeta Terra. Tal projeto foi bem-sucedido em sua missão, tendo sua primeira glória com “o voo orbital de John Glenn a bordo da espaçonave Mercury, ‘Amizade 7’”, como aponta o historiador

James M. Grimwood no artigo “*Project Mercury: A Chronology*”, publicado pela NASA em 1963. Ainda nas palavras de Grimwood (1963):

Desde o início, o trabalho estava sendo realizado em todos os componentes da espaçonave, adaptando os veículos de lançamento, preparando a rede mundial de rastreamento, selecionando e treinando astronautas e desenvolvendo equipamentos de suporte terrestre para verificação de sistemas e treinamento de astronautas. (tradução nossa)

O sucessor do Projeto Mercury foi o denominado Projeto Gemini, que trabalharia no aprimoramento dos equipamentos e preparou a NASA para o que seria o Programa Apollo, responsável por definitivamente levar o ser humano à Lua. Segundo o site oficial da NASA, “as missões do projeto Gemini ocorreram de 1965 à 1966, entre os projetos Mercury e Apollo, e consistiram em dez tripulações, com dois homens em cada uma.” E em 1969 a missão Apollo 11 levou três astronautas para a Lua (National Aeronautics and Space Administration [NASA] 2019).

Atualmente, algumas agências espaciais - incluindo a NASA, a SpaceX e a ISRO - estão desenvolvendo novas missões para a Lua. De acordo com o site oficial da agência indiana (Indian Space Research Organization [ISRO] 2023), a Missão Chandrayaan-3 realizou um pouso bem sucedido na Lua do dia 23 de agosto de 2023. Já a agência SpaceX trabalha em diversos projetos voltados para a exploração lunar e também para viagens a Marte. A agência trabalha atualmente no aprimoramento de seus foguetes, segundo o site oficial da SpaceX (n.d):

A Starship e o foguete Super Heavy representam um sistema de transporte totalmente reutilizável projetado para transportar tripulação e carga para a órbita da Terra, Lua, Marte e além. Starship é o veículo de lançamento mais poderoso já desenvolvido no mundo, capaz de transportar até 150 toneladas métricas totalmente reutilizáveis e 250 toneladas métricas descartáveis. (tradução nossa)

A agência pretende realizar voos interplanetários com até 100 tripulantes passageiros, realizar o lançamento de satélites e o desenvolver de uma base lunar. Seu projeto denominado *dearMoon*, segundo o site oficial da agência (Project dearMoon n.d.), pretende levar de 10 a 11 passageiros em uma trajetória circunlunar, que sairá da Terra e dará a volta em torno da Lua, retornando à Terra utilizando apenas a gravidade do planeta. Ainda não há datas oficiais de lançamento para nenhum projeto da agência.

Ao falar de viagens espaciais, pode surgir o questionamento do porquê não há missões voltadas para o pouso ou a exploração de planetas como Mercúrio, Vênus e até mesmo Júpiter e Saturno. Para esclarecer este questionamento, é necessário considerar as condições físicas e geofísicas dos planetas no Sistema Solar.

O planeta Vênus, segundo em órbita solar, apesar de estar bem mais próximo orbitalmente à Terra e também ser um planeta rochoso, possui um ambiente pouco favorável para qualquer

ser humano, dado que “a atmosfera é composta principalmente de dióxido de carbono — o mesmo gás que causa o efeito estufa em Vênus e na Terra — com nuvens compostas de ácido sulfúrico.” (National Aeronautics and Space Administration [NASA] n.d.a)³.

O planeta Mercúrio poderia entrar nas indagações de outra parcela da população, já que é o primeiro planeta em órbita solar (vale lembrar que a Terra é o terceiro). No entanto, apesar de ter uma aparência que se assemelha com a da Lua, com crateras formadas por colisões com asteroides, seu ambiente também é hostil para os seres humanos, já que o planeta não possui uma atmosfera e suas temperaturas na superfície oscilam de maneira extrema, como aponta o site oficial da NASA (National Aeronautics and Space Administration [NASA] n.d.b)³:

As temperaturas em Mercúrio são extremas. Durante o dia, as temperaturas na superfície podem chegar a 800 graus Fahrenheit (430 graus Celsius). Como o planeta não tem atmosfera para reter esse calor, as temperaturas noturnas na superfície podem cair para 290 graus Fahrenheit negativos (180 graus Celsius negativos). (tradução nossa).

Já os planetas jovianos (ou gasosos), se tornam inviáveis devido a sua grande distância da Terra (Júpiter, por exemplo, no seu ponto mais próximo da Terra, está a uma distância de aproximadamente 590 milhões de quilômetros). Outro fator é a superfície que, em gigantes gasosos como Júpiter e Saturno, tende a ser inexistente. De acordo com o site oficial da NASA (National Aeronautics and Space Administration [NASA] n.d.c)³:

Como um gigante gasoso, Júpiter não tem uma superfície verdadeira. O planeta é formado principalmente por gases e líquidos em turbilhão. Enquanto uma espaçonave não teria onde pousar em Júpiter, ela também não seria capaz de voar ilesa. As pressões e temperaturas extremas no interior do planeta esmagam, derretem e vaporizam naves espaciais que tentam voar para o planeta. (tradução nossa)

O mesmo se estende para Saturno e para os gigantes gelados, Urano e Netuno.

Considerando estes fatores, o vizinho vermelho da Terra se torna o alvo perfeito para uma exploração espacial. Marte é o quarto planeta em órbita solar e o planeta com maiores semelhanças geofísicas com a Terra. Nas palavras de Mark Buchanan, físico estadunidense (Buchanan 2017):

Primeiramente, (Marte) não está muito distante e é muito mais hospitaleiro que outras alternativas como Vênus e Mercúrio. O dia marciano tem 24 horas e 40 minutos, e suas temperaturas variam de -140°C a 30°C, comparado à temperatura um pouco mais quente da Terra, que varia de -88°C a 58°C. (tradução nossa)

³ As características dos planetas podem também ser encontradas no livro “ABCD da Astronomia e Astrofísica” (Horvath 2008). Optamos por colocar as referências do site da NASA.

Logo, Marte é o planeta mais amigável para uma viagem. Stinner e Begoray (2005) discutem um pouco a respeito da história por trás do fascínio por Marte e completam “(desde de 1975) a NASA tem explorado o planeta em busca de dados científicos”. Porém, os desafios para chegar até lá são muito complexos. Como cita a Revista Superinteressante de 2011 (Superinteressante 2011), em uma edição especial sobre as conquistas espaciais, “se os cientistas tivessem de eleger o maior desafio tecnológico para a 1.^a metade do século XXI, ele dificilmente fugiria disso: uma viagem tripulada para Marte.”

Há diversos fatores que devem ser considerados ao cogitar e planejar uma viagem ao planeta. O primeiro deles é a dificuldade tecnológica que os pesquisadores devem superar. Entre estas, aponta-se a radiação do espaço profundo. Deixar a Terra significa, basicamente, deixar a proteção da Magnetosfera do planeta para trás e entrar em espaços cujas fontes de radiação, como o Sol e até mesmo raios cósmicos, podem penetrar uma imensa diversidade de materiais, incluindo a pele humana. Como aponta Boice (2017), “a radiação cósmica é um fator importante e potencial limitante na ida para Marte.” Portanto, quando o ser humano eventualmente embarcar em viagens de meses e até mesmo anos nesse tipo de ambiente, o nível de radiação ao qual a tripulação estará exposta será muito maior do que a radiação experienciada aqui na Terra.

Outro fator é construir um foguete que leve e preserve suprimentos (como água, comida e remédios) para duas viagens de 6 à 9 meses mais a estadia de dois anos em solo marciano. De acordo com o site Tua Saúde (Zanin 2023a, 2023b), a Organização Mundial de Saúde aponta que um homem entre 30 à 55 anos com 70 kg que pratica atividades físicas leves (trabalhar sentado e caminhar até 1 km por dia) precisa consumir, em média, 2,6 kcal em alimentos e beber 2,4 litros de água diariamente, e uma mulher com estas mesmas características precisa consumir, em média, 2,2 kcal em alimentos e beber a mesma quantidade de água diariamente. Se a viagem tripulada a Marte levar os seus alimentos em barras energéticas de proteína (uma forma bem compacta e leve), estima-se que cada pessoa se alimenta, em média, por 14 barras de 171cal em cada dia, cada uma pesando 40g. Logo, seriam necessários levar 4913 barras energéticas para alimentar uma pessoa durante um ano, as quais pesam 196.52 kg no total. A quantidade de água, por outro lado, não sabemos estipular, uma vez que o foguete pode ter um sistema projetado para reaproveitamento de água. Ao considerar a quantidade de carga apontada acima, vê-se que o foguete precisa ser maior do que aquele tripulado para a Lua para conseguir caber e levar uma maior quantidade de suprimentos, e ele seria, por consequência, mais pesado, o que precisaria de gastar uma quantidade maior de energia/combustível para tirá-lo da Terra e enviá-lo para Marte (retomaremos esse assunto mais adiante); entre outros.

De acordo com previsões feitas por cientistas e pesquisadores da agência espacial norte-americana, com a tecnologia que se tem disponível agora seria possível enviar uma espaçonave tripulada para o vizinho vermelho entre 2030 e 2040.

Além das limitações tecnológicas, a distância entre Terra e Marte é também um motivo preocupante. A distância média entre esses planetas é de, aproximadamente, 228 milhões de quilômetros, podendo chegar a um mínimo de 58 milhões de quilômetros. Em seu artigo,

Ornes (2018) aponta que “décadas antes do primeiro lançamento de uma sonda ao espaço, Wather Hohmann calculou a trajetória mais eficiente em parâmetros de energia entre duas órbitas circulares [...]”. Por esta, calcula-se que a viagem da Terra até Marte levaria 8,5 meses, e as posições angulares da Terra e de Marte no lançamento seriam de, respectivamente, 0° e 44° , e o foguete chegaria ao seu destino quando Marte estivesse na posição angular de 180° , assim como apontado na figura abaixo, fora de escala (Figura 1). As expressões “Earth at launch”, “Mars at launch” e “Mars at arrival” significam, respectivamente, “Terra no lançamento”, “Marte no lançamento” e “Marte na chegada”. O disco em azul representa a Terra, o disco em vermelho representa Marte, o disco em amarelo representa o Sol e o objeto em cinza representa um satélite.

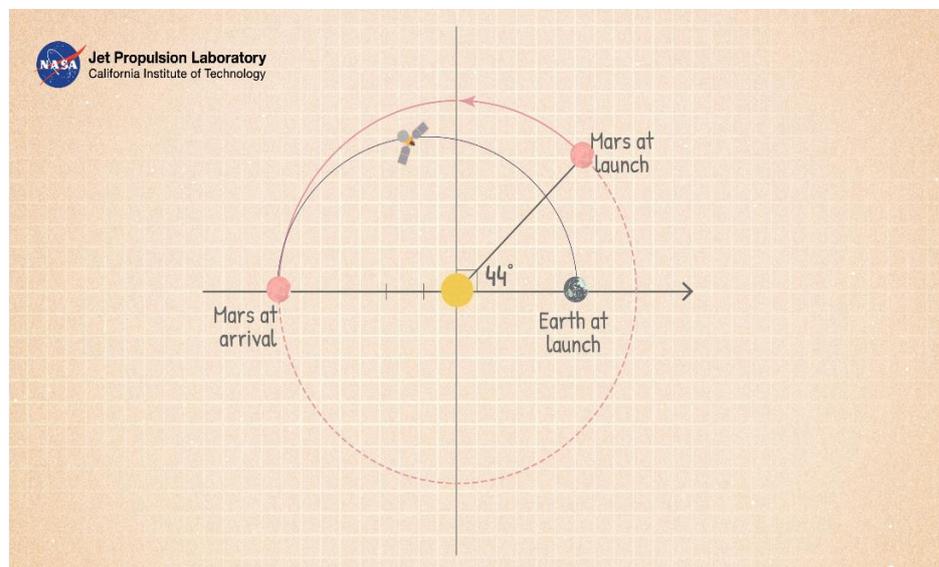


Figura 1 – Trajetória de lançamento Hohmann da Terra para Marte.

Fonte: *Jet Propulsion Laboratory*, 2016. Disponível em:

<https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/lets-go-to-mars-calculating-launch-windows/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

De acordo com o site oficial da Missão Perseverance (Figueiredo 2021, National Aeronautics and Space Administration [NASA] 2020), o primeiro pouso bem sucedido em Marte ocorreu pela sonda não tripulada *Perseverance* em 18 de fevereiro de 2021, levando 6 meses e 19 dias para realizar a sua viagem. Para uma breve comparação de tempo, os astronautas Neil Armstrong, Michael Collins e Buzz Aldrin levaram pouco mais de 3 dias e meio para realizar a viagem até a Lua.

Assim como se deixa transparecer acima, as viagens espaciais são cheias de fascínios e curiosidades, as quais muitas pessoas têm um grande interesse de ver, aprender e entender; não somente em sua parte retórica, mas também os números que elas carregam por trás. Então, por que não a apresentar nas escolas e para a sociedade presente no meio acadêmico para ajudá-los a entendê-la, principalmente neste momento em que as viagens a Marte estão ganhando cada vez mais espaço na mídia? Por isso, o foco principal será buscar uma abordagem que permita que alunos do Ensino Médio ou indivíduos que já passaram por ele e compreendem partes da Física presentes em viagens espaciais, possam de tal forma colaborar com a divulgação científica através de discussões envolvendo temas contemporâneos. Respeitando o nível de ensino e um processo ensino-aprendizagem coerente para alunos do Ensino Médio, é possível apresentá-los conceitos utilizados na realização dos cálculos iniciais que levaram o ser humano à Lua e que, agora, servem de base para levá-lo à Marte.

METODOLOGIA

Este trabalho se propõe a servir como base fundamental para o ensino de Física no Ensino Médio, sendo especialmente direcionado tanto para professores da educação básica quanto para os cursos de formação de docentes. A abordagem adotada considera cenários simplificados para descrever as jornadas espaciais, a fim de tornar a linguagem matemática mais acessível. Para tanto, buscou-se descrever as viagens espaciais através de conceitos comumente apresentados no Ensino Médio (como a Lei da Gravitação Universal de Newton, o Movimento Circular Uniforme, o Movimento Retilíneo Uniforme, entre outros) com o intuito de aproximar a física dessas viagens do conhecimento já adquirido pelos estudantes. Além disso, procurou-se reduzir os rigores matemáticos e físicos o máximo possível para deixar os conteúdos explorados mais simples e acessíveis aos estudantes. A primeira viagem espacial explorada é a da Lua, a qual é amplamente divulgada pelos meios de comunicação e é mais conhecida pela população geral. Isso facilita a contextualizar as ciências da Física para as viagens espaciais, principalmente com auxílio de recursos didáticos facilitadores (como gráficos e simulações), assim como apontado por Miranda, Vanin e Bechara (2004). As principais grandezas estudadas são a aceleração e as energias mecânicas envolvidas na viagem, pressupondo um cenário em que a viagem é linear, e que o planeta Terra e o satélite natural Lua estão parados. Em seguida, é apresentada uma argumentação teórica sobre a importância do movimento de rotação da Terra para o lançamento de objetos para o espaço sideral, evidenciando o porquê muitas bases estão próximas à Linha do Equador.

Em um segundo momento, é desenvolvido os estudos acerca da viagem a Marte, estipulando o tempo que uma nave espacial demoraria para percorrer a distância do planeta Terra até o planeta Marte em uma órbita de transferência que leva em consideração os ângulos orbitais entre os planetas no momento do lançamento e os movimentos que o foguete realiza durante a viagem, tal como a Órbita de Transferência de Hohmann. Em grande parte do trabalho, é enfatizado a importância do uso de figuras, gráficos e simulações para enriquecer e facilitar o ensino de Física. Em especial, é explorado o programa GeoGebra (n.d.) - um programa com

interface de livre acesso, online e intuitivo de manusear - para mostrar a sua diversidade e como pode ser usado em diversos esquemas de apresentação (como slides ou materiais online).

ABORDAGENS SIMPLIFICADAS PARA ESTUDAR A VIAGEM À LUA

Em 20 de junho de 1969, a agência espacial americana NASA enviou os astronautas Neil Armstrong, Buzz Aldrin e Michael Collins na missão que se tornaria responsável pelo primeiro pouso do ser humano na Lua. A partir dessa missão – que foi nomeada Apollo 11 – é possível obter informações importantes acerca das viagens espaciais.

De modo a aplicar a abordagem sugerida neste trabalho para viagens espaciais, considerar-se-á alguns itens essenciais. O primeiro deles é calcular a aceleração exercida no foguete durante o seu percurso Terra-Lua, em que será considerado que os astros celestes em questão estão espacialmente parados (não transladam ou rotacionam em torno de seus eixos de rotação) e o foguete fará um movimento retilíneo da Terra até a Lua. Para isso, usaremos a Lei da Gravitação Universal de Newton, que é dada por:

$$F = \frac{G.m_1.m_2}{R^2} \quad (1)$$

Pela equação 1, entende-se que o módulo da força gravitacional (F) é proporcional ao produto das massas dos dois corpos (m_1 e m_2) e inversamente proporcional ao quadrado da distância (R), em que a constante de proporcionalidade é G (conhecida como constante de gravitação universal). Em nossa proposta, assumimos que existem apenas dois corpos celestes que exercem força gravitacional sobre o foguete: a Terra e a Lua; e as tradicionais notações vetoriais e coordenadas espaciais são apresentadas por ideias mais simples, que conseguem refleti-las e, ao mesmo tempo, são mais compreensíveis para um estudante que está aprendendo física. A força gravitacional sentida pelo foguete é representada por uma pequena seta que sai dele e aponta para o centro do astro que o atrai, e a trajetória (que tem a mesma direção da velocidade) é retratada por uma longa seta que tem o seu início e fim, respectivamente, nas superfícies da Terra e da Lua. Por estas representações, ensina-se que a força gravitacional recebe um sinal positivo (uma força que colabora a viagem a se realizar) quando estiver na mesma direção daquela da trajetória (e da velocidade, por consequência), e recebe um sinal negativo (uma força que dificulta) se essas mesmas setas apontam para sentidos opostos. Essa proposta almeja que o ensino vetorial das viagens espaciais seja realizado com abordagens visuais (setas), e reforçadas por palavras que atribuam e justifiquem os sinais de cada força para a realização da viagem entre astros, como positivo-colaborar e negativo-atrapalhar.

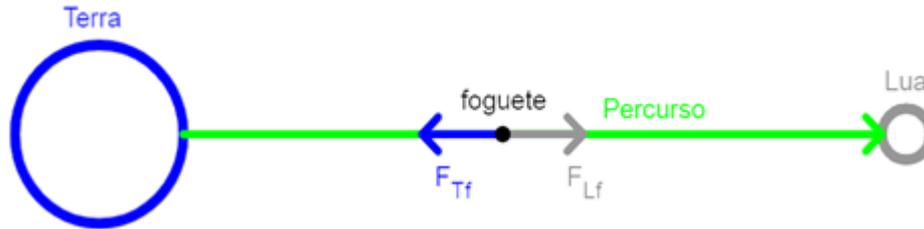


Figura 2: Sentido das forças atuantes sobre o foguete na trajetória Terra-Lua.
 Fonte: RODRIGUES, J. H. Figura feita utilizando a ferramenta GeoGebra. 2023.

A Figura 2 ilustra a proposta descrita no parágrafo anterior, onde o aro em azul representa o planeta Terra, o aro em cinza representa o satélite Lua, a seta longa em verde simboliza o percurso linear da Terra até a Lua, e as setas curtas em azul e em cinza são, na devida ordem, as forças gravitacionais que a Terra e a Lua fazem no foguete. Quando a seta da força está no mesmo sentido da do percurso, entende-se que a força é positiva e contribui para o foguete chegar à Lua, e quando está no sentido contrário, entende-se que a força é negativa e atrapalha o foguete a chegar à Lua. Por essas caracterizações, o sinal que acompanha o termo referente à interação Terra-foguete carrega consigo o sinal negativo, uma vez que a força do planeta agirá no sentido contrário à trajetória do objeto. Por outro lado, o termo referente à interação Lua-foguete carrega o sinal positivo, já que a força do satélite natural agirá na mesma direção da trajetória do objeto. Tem-se, portanto, a seguinte equação:

$$\mathbf{F}_R = -\frac{G.M_T.m_f}{(R_{Tf})^2} + \frac{G.M_L.m_f}{(R_{Lf})^2} \quad (2)$$

A equação acima é composta por algumas constantes, como G (constante de gravitação universal), M_T (massa da Terra) e M_L (massa da Lua), e os termos variáveis, como R_{Tf} (distância Terra-foguete) e R_{Lf} (distância Lua-foguete) e m_f (massa do foguete). A massa do foguete depende do próprio foguete que será lançado, e considerando que a ideia deste trabalho é compreender a física por trás das viagens espaciais de maneira geral, não se pode prender-se apenas a um tipo de foguete. Para tanto, analisar-se-á a força por quilograma do foguete, cuja razão resultará, também, na aceleração gravitacional que o foguete sentirá durante o seu percurso (a_f). Ao considerar tal cenário, encontra-se que:

$$\frac{F_R}{m_f} = \mathbf{a}_f = -\frac{G.M_T}{(R_{Tf})^2} + \frac{G.M_L}{(R_{Lf})^2} \quad (3)$$

A equação acima pode ser simplificada e apresentar uma variável dinâmica a menos ao interpretar e compreender que a variável R_{Lf} é dada pela distância da Terra-Lua (R_{TL}) (um valor médio constante e tabelado, o qual o estudante pode consultar) menos a distância Terra-foguete (R_{Tf}) (uma variável já presente na equação):

$$R_{TL} = R_{Tf} + R_{fL} \rightarrow R_{fL} = R_{TL} - R_{Tf}. \quad (4)$$

Assim, a equação pode reescrita como:

$$\mathbf{a}_f = -G \left[\frac{M_T}{(R_{Tf})^2} - \frac{M_L}{(R_{TL} - R_{Tf})^2} \right] \quad (5)$$

Uma outra vantagem da substituição acima é apresentar ao estudante que uma variável pode apresentar vínculos com outras já presentes na equação e que alterá-la também modifica as essas demais. No caso dessa simplificação, é apresentar matematicamente que afastar o foguete da Terra (ou seja, aumentar o R_{Tf}) implica na aproximação do foguete à Lua (diminuir o R_{fL}) ou diminuir a distância entre o foguete e a Lua (diminuir o $R_{TL} - R_{Tf}$). Por fim, a última manipulação a fazer é colocar em evidência os termos M_L e R_{TL} , que são constantes já conhecidas e tabeladas, e os seus isolamentos facilitará futuras construções de gráficos. A equação abaixo define, portanto, a aceleração no foguete em termos de R_{Tf}/R_{TL} :

$$\mathbf{a}_f = -\frac{G.M_L}{(R_{TL})^2} \left[\frac{(M_T/M_L)}{(R_{Tf}/R_{TL})^2} - \frac{1}{[1 - (R_{Tf}/R_{TL})]^2} \right] \quad (6)$$

Ao realizar as manipulações acima, resta agora substituir os valores das massa ($M_L = 7,36 \times 10^{22} \text{ kg}$ e $M_T = 5,972 \times 10^{24} \text{ k}$), da distância ($R_{TL} = 3,82 \times 10^8$) e da constante da

gravitacional universal ($G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$), e proceder com as operações matemáticas, os quais nos levam em:

$$a_f = -3,392921 \times 10^{-5} \text{ N/kg} \left[\frac{81,25}{x^2} - \frac{1}{(1-x)^2} \right], x = R_{Tf}/R_{TL} \quad (7)$$

Acima, na equação 7, substituímos a razão R_{Tf}/R_{TL} pela variável x , o que nos ajudará a apresentar as distâncias entre o foguete e a Terra com uma didática mais acessível para os estudantes: ao invés de mostrarmos a escala da distância com valores numéricos reais (da literatura), exporemos em uma escala percentual da distância entre Terra e a Lua, a qual é mais fácil de compreender e ajudará os estudantes a visualizar melhor a posição do foguete entre os dois astros. A equação acima expressa a aceleração em função de N/kg para apresentar e reforçar aos estudantes que estamos interessados em saber qual é a força exercida pelos astros para cada quilograma do foguete.

É necessário estabelecer limites de distância para que os resultados não extrapolem a distância Terra-Lua e que o foguete saia de uma superfície e chegue na outra. Para isso, divide-se as distâncias conhecidas (raios dos astros pela distância entre seus centros) e se estabelece estas como limites. A distância mínima ($x_{\text{mínimo}}$) reflete a decolagem do foguete a partir da superfície do planeta Terra (cujo raio é dado por $R_T = 6,37 \times 10^6$), enquanto a distância máxima ($x_{\text{máximo}}$) reflete seu pouso na superfície da Lua ($R_{TL} - R_L$, sendo $R_{TL} = 3,82 \times 10^8 \text{ m}$ o valor médio da distância entre os centros da Terra e da Lua, e $R_L = 1,74 \times 10^6$ o raio da Lua):

$$x_{\text{mínimo}} = \frac{R_T}{R_{TL}} = \frac{6,37 \times 10^6}{3,82 \times 10^8} \approx 0,016675392 \quad (8)$$

$$x_{\text{máximo}} = \frac{R_{TL} - R_L}{R_{TL}} = \frac{3,82 \times 10^8 - 1,74 \times 10^6}{3,82 \times 10^8} \approx 0,995445026 \quad (9)$$

Portanto, os limites são $0,016675392 \leq x \leq 0,995445026$. Aplicando os limites (8) e (9) na equação (7), obtemos o seguinte resultado.

$$g(x_{\text{mínimo}}) \approx -9,98 \text{ m/s}^2 \quad (10)$$

$$g(x_{\text{máximo}}) \approx +1,68 \text{ m/s}^2 \quad (11)$$

A aceleração da gravidade no ponto mínimo, ou seja, quando o foguete está na Terra, é aproximadamente o valor da gravidade na Terra. Quando o foguete está no ponto máximo, na Lua, ele assume a gravidade na Lua. Os resultados obtidos condizem com aqueles apresentados por Halliday, Resnick e Walker (2016). A seguir, na Figura 3, é apresentado o gráfico da aceleração gravitacional sentida pelo foguete na trajetória linear Terra-Lua.

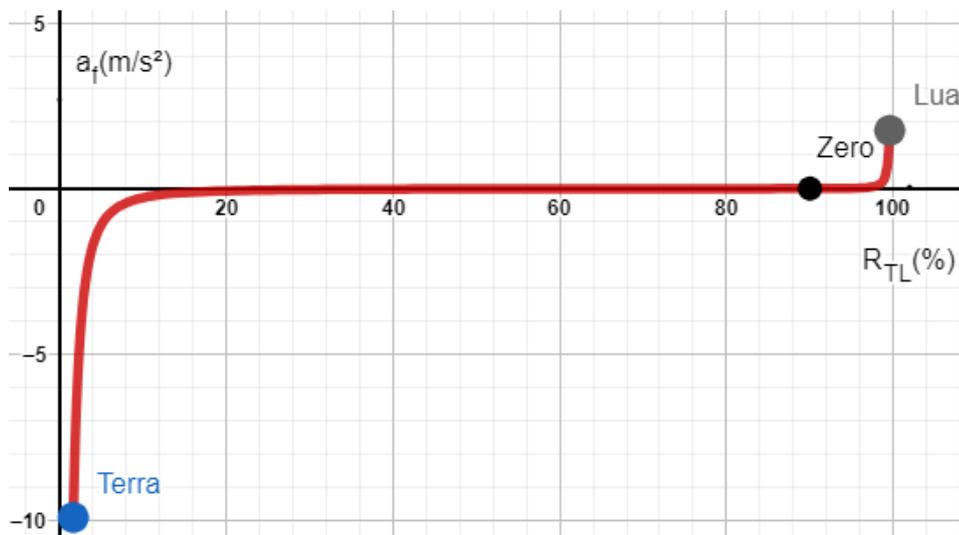


Figura 3 – Gráfico da aceleração a que o foguete está submetido devido apenas às massas da Terra e da Lua, na trajetória Terra-Lua.

Fonte: OLIVEIRA, J.M. Gráfico plotado utilizando a ferramenta GeoGebra. 2022.

Um fato interessante a respeito do gráfico presente na Figura 3 é que existe um ponto “Zero” (90% R_{TL} , quando $x = 0,900136586$) entre o percurso Terra-Lua, onde o objeto (o foguete) assume uma aceleração gravitacional igual a zero. Isso ocorre quando as forças gravitacionais da Terra e da Lua se anulam, e a partir deste ponto, pode-se entender que o foguete escapou da força gravitacional da Terra e será, agora, atraído pela força gravitacional da Lua.

TRABALHO FEITO PELA FORÇA GRAVITACIONAL E ENERGIA GASTA PELO FOGUETE

A abordagem desta seção tem o objetivo de ampliar o entendimento da relação entre energia e trabalho ao apresentar que é preciso dispor de energia (no caso do foguete, pela queima de combustível) para vencer a força opositora da gravidade que “trabalha” para puxar o foguete de volta para a superfície e da força de arrasto que retira a sua energia de movimento (a energia

cinética). A ideia principal é apontar que a energia mínima que o foguete precisa usar para realizar o percurso é a proveniente do trabalho da força gravitacional, tendo a energia advinda do trabalho da força de arrasto como um custo de energia a mais e presente somente na atmosfera terrestre.

No entanto, a força gravitacional e a força de arrasto não são constantes durante o percurso do foguete e o desenvolvimento matemático para obter as energias a partir de seus trabalhos se prossegue através do uso da integração (uma ferramenta matemática que é apresentada em alguns cursos de Ensino Superior), já que tanto a gravidade quanto a densidade do ar não são constantes. E não somente isto, o resultado da integração, por si só, apresenta muitas grandezas físicas acompanhadas por diversos operadores matemáticos, o que pode ser complicado contextualizá-las e explicá-las em sala de aula, principalmente para estudantes do Ensino Médio que estão sendo introduzidos ao conteúdo de Física.

Por esse motivo, o desenvolvimento realizado aqui será mais simples e tem a finalidade de servir como um guia breve para o professor entender os passos que usamos para produzir o gráfico da energia mínima do foguete a partir do trabalho da força gravitacional (Figura 4), que é o principal instrumento que sugerimos usar em sala de aula para apresentar o tema desta seção. A partir dele, planeja-se mostrar graficamente que a energia consumida pelo foguete tem relações com a magnitude da força gravitacional que ele sente durante o percurso.

Em vista da apresentação acima, indica-se que uma das formas que podemos usar para estipular a energia mínima gasta pelo foguete (E_f) é através do trabalho realizado pela força gravitacional no foguete (W), o qual podemos entender pela relação:

$$E_f = -W; \quad (12)$$

$$W = \int_{R_T}^R \vec{F} \cdot d\vec{l}; \quad (13)$$

em que \vec{F} é a força da gravidade, R é posição que o foguete se encontra entre a Terra e a Lua, R_T é o raio da Terra (a posição inicial de “partida” do foguete) e $d\vec{l}$ é o seguimento do caminho que o foguete pode percorrer. Acima, a energia gasta é positiva, pois o trabalho realizado pela força gravitacional no foguete é negativo, uma vez que a força gravitacional é contrária e antiparalela ao caminho feito pelo foguete. Quando se realiza o cálculo da integral que define o trabalho (W), chega-se aos resultados a seguir:

$$W = - \left(\frac{G.M_T m_f}{R} + \frac{G.M_L m_f}{R_{TL}-R} \right) + \left(\frac{G.M_T m_f}{R_T} + \frac{G.M_L m_f}{R_{TL}-R_T} \right) \quad (14)$$

A partir daqui, serão repetidos os mesmos passos realizados na seção anterior:

- Divide pela massa do foguete (obtendo-se, a energia gasta por quilograma do foguete);
- Substitui-se R_{Lf} por $R_{TL} - R_{Tf}$;
- Coloca-se em evidência os termos G , M_L e R_{TL} ;
- Troca-se R/R_{TL} por x e R_T/R_{TL} por $x_{\text{mínimo}}$;
- E, por fim, faz-se a substituição numérica.

Assim, ter-se-á que:

$$\frac{E_f}{m_f} = \frac{-W}{m_f} = + \frac{G.M_L}{R_{TL}} \left[\frac{(M_T/M_L)}{x} + \frac{1}{(1-x)} \right] - \frac{G.M_L}{R_{TL}} \left[\frac{(M_T/M_L)}{x_{\text{mínimo}}} + \frac{1}{(1-x_{\text{mínimo}})} \right] \quad (15)$$

Considerando então a última equação e substituindo os dados que já se conhece, como a constante G e os valores de massa, obtém-se os resultados a seguir:

$$\begin{aligned} \frac{E_f}{m_f} = \frac{-W}{m_f} = & -12.816,178\,01 \text{ J/kg} \left[\frac{81,25}{x} + \frac{1}{(1-x)} \right] + \\ & + 12.816,178\,01 \text{ J/kg} \left[\frac{81,25}{0,016675392} + \frac{1}{(1-0,016675392)} \right] \quad (16) \end{aligned}$$

Os limites para esta equação são os mesmos limites estabelecidos para a equação da aceleração no foguete, uma vez que a energia está sendo definida a partir da trajetória do foguete partindo da superfície da Terra até a superfície da Lua. Portanto, tal como visto anteriormente, tem-se que $0,016675392 \leq x \leq 0,995445026$.

Abaixo, na Figura 4, encontra-se o gráfico da equação acima em função do eixo x , o qual está expresso em porcentagem da distância que o foguete está entre o centro do planeta Terra com o do satélite Lua, R_{TL} (%), por entendemos ser mais simples de apresentar para os estudantes do Ensino Médio. O eixo vertical (eixo y) está na unidade de 10 MJ/k , a fim de facilitar a visualização dos resultados e tornar melhor seu entendimento.

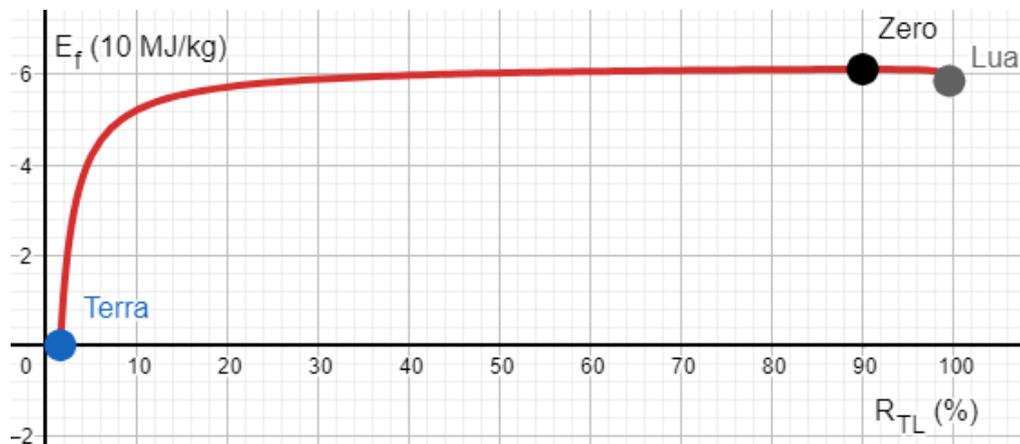


Figura 4 – Gráfico da Energia Potencial sobre o foguete.

Fonte: OLIVEIRA, J. M. Gráfico plotado utilizando a ferramenta GeoGebra. 2022.

No gráfico da Figura 4 é possível observar padrões interessantes pelo comportamento da curva. Nota-se que o foguete gasta uma grande energia até, aproximadamente, 10% R_{TL} , mais de 80% da energia máxima de toda viagem. Este resultado se mostra claro com o auxílio da Figura 3, a qual revela que o foguete está sob a influência de uma grande aceleração gravitacional até esta posição também e, por isso, precisa despende grandes energias para vencer a força gravitacional. A partir de 10% R_{TL} , a aceleração da gravidade é menor e o foguete precisa gastar uma quantidade menor de energia para continuar o seu percurso até chegar ao ponto “Zero” (o mesmo da Figura 3). A partir dele, um padrão interessante aparece, onde é possível ver que a energia claramente passa a ‘cair’. Isso se dá pelo fato de que o gráfico foi construído considerando que a energia gasta pelo foguete é dada apenas pelo inverso do trabalho realizado pela força gravitacional, que é uma força conservativa. Aproximadamente, nos primeiros 90% da trajetória, a força gravitacional é contrária ao deslocamento do foguete. Isso resulta em uma contribuição negativa ao trabalho quando se avança o percurso e, conseqüentemente, há a necessidade de gasto de energia positiva para que se possa realizá-lo (ou seja, é preciso gastar energia para ir contra a força da gravidade). No entanto, nos 10% restantes do percurso, ao passar do ponto “Zero”, a força gravitacional e o deslocamento têm o mesmo sentido, o que resulta em uma contribuição positiva ao trabalho e, pelas nossas simplificações, isso proporciona uma recuperação de energia ao foguete. Contudo, a nossa atual tecnologia de viagens espaciais não permite transformar e armazenar o trabalho realizado no foguete em algum tipo de energia que ele possa usar posteriormente, como, por exemplo, para voltar da Lua para a Terra. Por este motivo, entende-se somente que não é mais necessário gastar energia do foguete para chegar à Lua a partir do ponto “Zero”; a própria inércia do foguete o

faria (só para chegar lá, o que exclui o gasto de energia para fazer um pouso seguro e controlado).

O trabalho realizado pela força de arrasto, por sua vez, está presente somente na atmosfera terrestre, o que leva a entender que a energia consumida pelo foguete até a posição 10% R_{TL} seja maior ainda, e, após estes, o foguete escapa da atmosfera terrestre e a quantidade consumida seria similar àquela proposta pelo gráfico.

FACILITADORES DE LANÇAMENTO

Os foguetes devem ser lançados de tal forma que alcancem a órbita desejada ao redor da Terra com velocidade suficiente para evitar serem atraídos de volta à superfície pelo campo gravitacional e essa velocidade depende da altura acima da Terra. Por exemplo, a Estação Espacial Internacional circula a Terra uma vez a 1,5 horas (90 minutos) a uma velocidade de cerca de 27.000 quilômetros por hora (executando 16 ciclos ao longo do dia), enquanto viaja a uma altitude de cerca de 400 quilômetros.

A fim de diminuir o gasto de energia, o foguete pode aproveitar a rotação do planeta Terra e ser impulsionado para sua órbita ao adotar a velocidade superficial do planeta onde está pousado (que depende da latitude), e assim, começar a sua viagem com uma energia inicial de movimento (a energia cinética). A caso de exemplo, um ponto no equador está girando a 1.670 quilômetros por hora para percorrer a distância de 40.000 km em 24 horas. Dentro do mesmo período de 24 horas, um ponto mais próximo do polo percorre uma distância menor: a velocidade de um ponto na superfície devido à rotação da Terra é de 1.180 quilômetros por hora a 45 graus de latitude. Como resultado, quanto mais próximo do equador um foguete for lançado, maior será a sua velocidade inicial devido à rotação da Terra e, conseqüentemente, menos combustível será usado para atingir a órbita alvo, tal como demonstrado na Figura 4.

A altura também auxilia no lançamento do foguete, uma vez que quanto mais alto ele estiver, maior será a sua velocidade (e a sua energia inicial de movimento), assim como apresentado pela equação abaixo:

$$v = \omega_T \cdot R_p \quad (17)$$

$$k_f = \frac{1}{2} m_f \cdot v^2 \quad (18)$$

Onde v é a velocidade tangencial na superfície do planeta, ω_T é a velocidade angular de rotação da Terra (que é constante), R_p é a distância perpendicular do foguete em relação ao eixo de rotação da Terra, k_f é a energia cinética inicial do foguete e m_f é a massa do foguete. Ao fazer a substituição da velocidade tangencial na equação de energia cinética, tem-se que:

$$k_f = \frac{1}{2} \cdot m_f (\omega_T \cdot R_p)^2 \quad (19)$$

Aplicando a distribuição a potência e isolando a massa do foguete, temos que:

$$\frac{k_f}{m_f} = \frac{1}{2} \cdot \omega_T^2 \cdot R_p^2 \quad (20)$$

A Figura 5 ilustra como a velocidade tangencial na superfície do planeta (v) muda de acordo com longitude (afastamento da Linha do Equador), sendo que **N** e **S** representam, respectivamente, o norte e o sul geográfico da Terra, β representa o ângulo entre os paralelos da latitude dos pontos **A** e **B**, ω representa a velocidade angular da Terra em torno do seu eixo de rotação, e **O** e **O'** são pontos no eixo de rotação de mesmas latitudes dos, na devida ordem, pontos **A** e **B**. Nota-se que R_p varia de acordo com as seguintes situações: quanto mais próximo da Linha do Equador for realizado o lançamento, maior será o valor de R_p ; quanto mais alto for o ponto de lançamento do foguete, maior será esse valor.

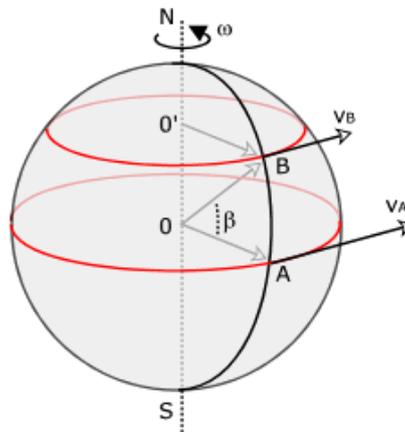


Figura 5 – Velocidade tangencial para dois pontos na superfície da Terra.

Fonte: MSPC. Disponível em: https://www.mspc.eng.br/dir40/cin_210.php. Acesso em: 01 dez. 2022.

A imagem acima (Figura 5) possibilita obter a relação entre a latitude do ponto de lançamento e a trajetória realizada por um objeto genérico, a qual consegue obter a relação de R_p com R_T por:

$$R_p = R_T \cdot \cos \beta \quad (21)$$

Portanto, a relação entre a altura e a energia é dada por:

$$\frac{k_f}{m_f} = \frac{1}{2} \cdot \omega_T^2 (R_p \cdot \cos \beta)^2 \quad (22)$$

A equação acima revela que a energia cinética máxima que o foguete pode adquirir será quando $\beta = 0$. Ao usar os valores das grandezas $\omega_T \approx 7,292 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$ e $R_T = 6,372 \times 10^6$, consegue-se concluir que:

$$\begin{aligned} \frac{k_f}{m_f} &\approx \frac{1}{2} \cdot (7,292 \times 10^{-5} \text{ rad/s})^2 (6,37 \times 10^6 \text{ m} \cdot \cos 0)^2 \\ &\approx 1,08 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1,08 \times 10^{-2} \text{ 10 MJ/kg} \end{aligned} \quad (23)$$

Teoricamente, a energia cinética por quilograma adquirida pelo foguete em seu lançamento representa uma economia de energia para chegar à Lua e, conseqüentemente, precisaria de uma menor quantidade de combustível para realizar a viagem. Ao se comparar o valor encontrado com o valor presente no gráfico 4 (Figura 4) de, aproximadamente, $6,1 \times 10 \text{ MJ/kg}$, é possível notar que a economia é relativamente pequena (de aproximadamente, 0,18% da energia total por quilograma - 18 partes em cada 10000). No entanto, mesmo que pequena, esta é muito bem-vinda, uma vez que o combustível faz parte da massa do foguete e quanto mais pesado ele é, mais energia e mais combustível serão necessários para realizar a viagem (ou seja, um efeito dominó: é preciso usar mais combustível para levar mais combustível). Não obstante, maiores quantidades de combustível precisam, também, de maiores tanques para armazená-los, o que aumentaria o peso do foguete, o que precisaria (de novo) mais combustível para levar mais peso do tanque.

Para dar uma ideia da quantidade de energia que pode ser economizada, é preciso saber qual o peso aproximado de combustível que é transportado durante a viagem. A fim contextualizar este cenário, pode-se apresentar o seguinte exemplo: de acordo com o CBIE, em um artigo publicado em outubro de 2020 (Centro Brasileiro de Infraestrutura [CBIE] 2020), “um ônibus espacial decola com mais de 3 milhões de litros de combustíveis, que somados, pesam cerca de 728 toneladas. Para comportar este volume, um tanque de combustível de um ônibus espacial possui cerca de 50 metros de largura e pode pesar até 30 toneladas vazio.” (Neste caso, sabe-se que um ônibus espacial não tem a mesma finalidade de uma nave que viajaria até a Lua, mas estabelece um parâmetro que permite o cálculo aproximado, que é a finalidade deste trabalho). Portanto, ao considerar que a economia de 0,18% reflete (em uma análise simplificada) diretamente na redução de combustível (que é a fonte de energia propulsora), vemos que o foguete deixará de levar, aproximadamente, 1,31 toneladas. Logo, a massa reduzida é grande, podendo ser comparada a um satélite de grande porte que, de acordo com a Constelação de Nano Satélites Ambientais (n.d.), seria aquele que teria uma massa superior à de 1000 k (uma tonelada).

ABORDAGENS SIMPLIFICADAS PARA ESTUDAR A VIAGEM PARA MARTE

Para que se possa chegar à Marte, neste estudo, considera-se que os planetas exercem movimento circular uniforme e que o foguete, predominantemente, não sofrerá aceleração gravitacional significativa (na Figura 3, viu-se que a aceleração de gravidade na reta que liga os dois astros próximos, Terra e Lua, era em grande parte muito pequena. Logo, para astros cuja distância entre si é maior, como Terra e Marte, entende-se que a gravidade será graficamente pontual e respectiva aos próprios planetas). A velocidade circular do foguete, neste caso, será igual ao que ele obteve no planeta Terra e o radial será uma constante que permitirá o foguete sair da órbita da Terra para a de Marte. Com tais considerações, espera-se encontrar qual é a posição relativa dos planetas para que o foguete saia da Terra e seja ‘capturado’ por Marte.

Para tanto, vamos definir as equações da variação das posições angulares (θ) dos planetas Terra (subíndice T) e Marte (subíndice M) em função do tempo (t) e de suas velocidades angulares (ω):

$$\theta_T(t) = \theta_{T,0} + \omega_T \cdot \Delta t; \quad (24)$$

$$\theta_M(t) = \theta_{M,0} + \omega_M \cdot \Delta t; \quad (25)$$

em que o subíndice zero (0) representa as grandezas iniciais de cada planeta, a qual considera-se que irá acontecer no tempo zero, no momento do lançamento do foguete. Para simplificação

de contas e de entendimento, considerar-se-á que a posição angular da Terra no lançamento seja zero ($\theta_{T,0} = 0$) e que o foguete (cuja posição angular será descrita por θ_f) seja apanhado por Marte quando a distância entre os planetas for a menor possível, a qual ocorrerá quando " $\theta_M = \theta_T$ ", o que se leva a concluir que:

$$\theta_T(t) = \theta_f(t) = \theta_{T,0} + \omega_T \cdot \Delta t; \theta_{T,0} = 0 \quad (26)$$

$$\theta_M(t) = \theta_{M,0} + \omega_M \cdot \Delta t \quad (27)$$

$$\omega_T \cdot \Delta t = \omega_M \cdot \Delta t + \theta_{M,0} \rightarrow \theta_{M,0} = (\omega_T - \omega_M) \cdot \Delta t \quad (28)$$

Ao usar as velocidades angulares orbitais dos planetas Terra ($\omega_T = 1/12$) e Marte ($\omega_M = 1/22,6$) – a unidade de medida das velocidades é a de revoluções por meses, sendo que a Terra faz uma revolução a cada 12 meses e Marte faz uma revolução a cada 22,6 meses – e considerar que o tempo da viagem (Δt), será de 8,5 meses, conclui-se que:

$$\theta_{M,0} = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{22,6} \right) \cdot 8,5 \text{ meses} \approx 0,33 \text{ revolução} = 119,6^\circ \quad (29)$$

Utilizando os conceitos dos movimentos de translação de cada planeta e a conclusão acima, estima-se que a diferença entre a posição angular de Marte e a da Terra (0°) no momento do lançamento seja de $119,6^\circ$. A Figura 6 representa o percurso realizado pelo foguete do planeta Terra até ao planeta Marte de acordo com a proposta e os dados deste trabalho. Nela, temos que cada ponto em preto representa a posição do foguete a cada meio mês após o seu lançamento do planeta Terra (em azul) em uma rotação no sentido anti-horário até a sua chegada no planeta Marte (em vermelho). Os discos preenchidos representam os planetas na chegada do foguete, os vazios representam os planetas no lançamento do foguete e as circunferências representam as orbitas circulares dos planetas.

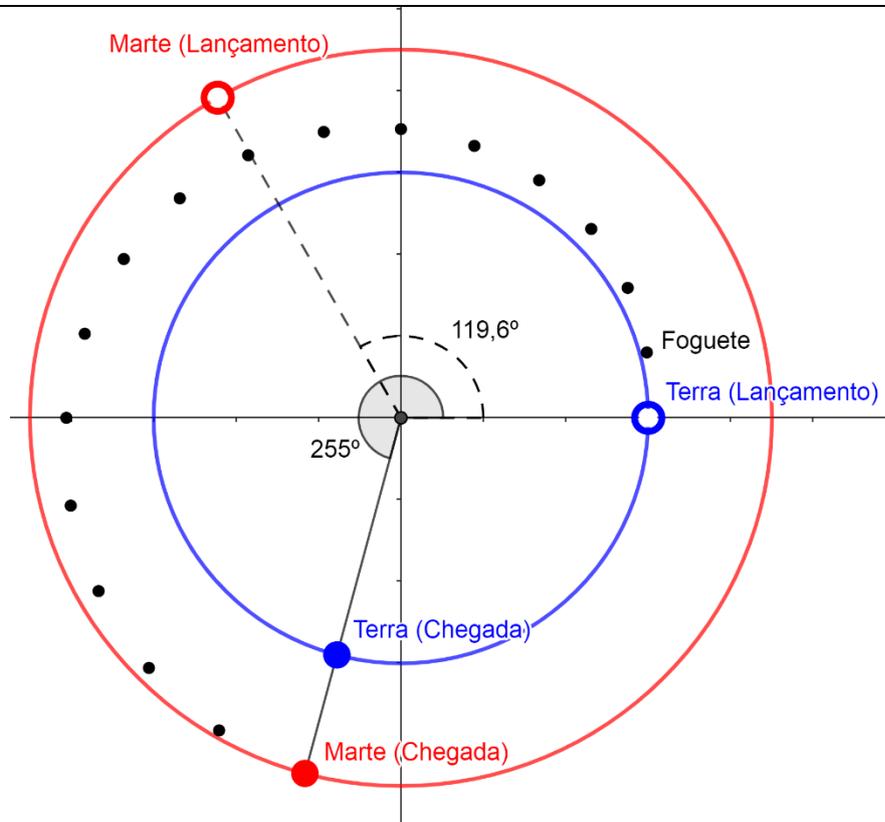


Figura 6 – Trajetória de lançamento para Marte de acordo com os dados obtidos neste trabalho.
 Fonte: RODRIGUES, J.H. 2023. Figura feita com o aplicativo GeoGebra.

Os valores apresentados e obtidos acima refletem um estudo de movimento circular com alguns parâmetros já conhecidos na literatura. Em nossa introdução, apresentamos a trajetória de Hohmann (Ornes 2018), a qual indica que o foguete levaria 8,5 meses para sair da Terra e chegar a Marte. A posição angular inicial da Terra e de Marte no lançamento do foguete são de, respectivamente, 0° e de 44° , e a posição angular final destes planetas na chegada do foguete seriam, na devida ordem, de 255° (em sua translação usual de 360° em 12 meses, a Terra percorre 255° em 8 meses e meio) e de 180° (Figura 1). Ao comparar estes valores com aqueles que propomos e obtivemos em nosso trabalho, notamos que as posições de Marte se diferenciam pelo mesmo valor de, aproximadamente, 75° ($119,6 - 44 \approx 255 - 180 = 75$). Se reduzirmos as posições angulares de Marte do nosso trabalho em 75° , chega-se a valores próximos ao do JPL. Abaixo, segue o esquema matemático que ilustra a mudança.

$$\theta'_M(t) = \theta'_{M,0} + \omega_M \cdot \Delta t \rightarrow \text{valores do JPL} \quad (30)$$

$$\theta'_M(t) + 75^\circ = \theta'_{M,0} + 75^\circ + \omega_M \cdot \Delta t \quad (31)$$

$$\theta_M(t) = \theta_{M,0} + \omega_M \cdot \Delta t \rightarrow \text{valores deste trabalho} \quad (32)$$

Uma outra análise interessante a se explorar em sala de aula dos resultados acima é comparar as trajetórias que o foguete realizou nos percursos do artigo do JPL (Figura 1) com a do nosso trabalho (Figura 6). Percebe-se que a distância radial percorrida entre órbitas foi a mesma percorrida, indicando que as velocidades lineares (radiais) em ambos trabalhos são as mesmas (distância entre as órbitas dividido pelo tempo da viagem). A variação da posição angular, por outro lado, já não é. Enquanto no artigo do JPL o foguete varre um ângulo de 180° ao sair da Terra e chegar a Marte, em nosso trabalho o foguete varre um de 255° , o qual ele fez ao adotar a velocidade angular da Terra. Isso revela que a velocidade angular da Órbita de Transferência de Hohmann (180° em 8,5 meses) é feita com uma velocidade angular intermediária entre aquela dos dois planetas: menor do que a da Terra (255° em 8,5 meses) e maior do que a de Marte (136° em 8,5 meses). Apesar da simplicidade da conclusão, entendemos que ele propicia uma ótima oportunidade para discussão de ideias e reflexão de entendimentos sobre o movimento orbital dos corpos em órbita.

Os estudos realizados aqui mostram que as simplificações da viagem à Marte permitiram construir uma metodologia que é fácil de apresentar no Ensino Médio, por ser condizente com os conteúdos ensinados nesta modalidade de ensino. Não somente isso, os seus resultados se aproximam daqueles presentes na literatura, precisando fazer somente algumas adaptações.

CONCLUSÃO

As viagens espaciais despertam o interesse de muitas pessoas e é um ótimo tema para abordar e fazer divulgação científica no Ensino Médio, principalmente sobre as atuais explorações do planeta Marte. Por um lado, entendemos que é possível divulgá-la retoricamente, debatendo e mostrando o como se daria uma viagem tripulada e quais são os contratempos que a impedem dela ocorrer nos dias atuais (recursos tecnológicos limitados, a duração da viagem e quantidade de recursos necessários para levar, etc). Por outro lado, percebemos que é inviável apresentá-la com uma abordagem física-matemática técnica e fidedigna para esse nível de Ensino, pois precisa-se de conhecimentos que são ensinados posteriormente para alguns cursos do Ensino Superior. Por este motivo, propomos realizar algumas simplificações e trabalharmos com um número reduzido de variáveis físicas que tentam ensinar sobre viagem interplanetária explorando somente um pouco de sua base teórica. Vimos que foi possível adaptar o conteúdo para uma linguagem mais simples e aplicável no Ensino Médio, o que levam a resultados próximos daqueles apresentados na literatura.

Iniciamos os estudos pela viagem à Lua, uma vez que é bem difundida e conhecida pela população, o que entendemos ser um bom começo para introduzir as ideias das viagens espaciais e as físicas por trás delas. Primeiro, realizamos o estudo da força gravitacional no foguete quando este realiza um percurso retilíneo da Terra à Lua (considerando que estes últimos estão parados) e encontramos que a aceleração gravitacional nas superfícies dos astros é mais intensa e iguais aquelas presentes na literatura, e que grande parte da viagem ocorre com uma aceleração gravitacional desprezível, quase nula. Observamos que há uma inversão do sentido da aceleração gravitacional em, aproximadamente, 90% do percurso, o qual o nomeamos de ponto “Zero”. Em seguida, usamos o trabalho da força gravitacional para calcular a energia mínima consumida pelo foguete, e mostramos que grande parte dela é consumida próximo à superfície da Terra (onde há uma grande força gravitacional) e que consumo poderia ser interrompido a partir do ponto “Zero”, onde a gravidade da Lua supera a da Terra. Esclarecemos que os lançamentos de foguete realizados em regiões próximas à Linha do Equador fazem com que ele adquira uma energia inicial de movimento maior do que se ele fosse lançado de outras regiões da Terra, o que favorece uma economia de combustível, cujo peso pode ser equiparado ao de um grande satélite.

Em seguida, prosseguimos com os estudos da viagem espacial a Marte, a qual estendemos um resultado obtido nos estudos da viagem até a Lua e consideramos que ela ocorreria predominantemente sem uma aceleração gravitacional atuante no foguete. Assim, por este entendimento, consideramos que o foguete faria seu percurso através de dois movimentos: retilíneo uniforme (assim como o da Lua) e o circular uniforme, onde ele teria a mesma velocidade angular do planeta Terra. Ao considerar que o foguete faz seu percurso em 8,5 meses (um valor presente na literatura), obtivemos que a variação de posição angular do foguete em sua viagem foi de $119,6^\circ$, um valor próximo àquele apontado por Ornes (2018) em seu artigo, precisando fazer um pequeno translado de valores para encontrar a equivalência entre os resultados do seu trabalho com os do nosso. Também, foi possível perceber que a Órbita de Transferência de Hohmann acontece com uma velocidade angular intermediária entre os dois planetas em questão, sendo maior do que a de Marte e menor do que a da Terra.

Além das abordagens apresentadas acima, sugerimos que o ensino deste conteúdo seja complementado com figuras ilustrativas e por gráficos, assim como fizemos aqui. Usamos o programa GeoGebra para gerar muitos de nossos gráficos e figuras para enfatizar e estimular esta abordagem educacional. Escolhemo-lo por ser muito acessível a todos: é gratuito, é fácil de manusear (pode programá-lo por interface) e pode ser usado online, o que dispensa o uso de um computador para instalá-lo. Outra sugestão para complementar o ensino de viagens espaciais é o uso de jogos eletrônicos de simulação que permitem mostrar as viagens espaciais com uma maior riqueza de detalhes, os quais são difíceis de apresentá-las em uma sala de aula com o uso de quadro e giz, ou maquetes, por exemplo. Sugerimos o *Spaceflight Simulator*⁴ (Spaceflight Simulator n.d.), o qual permite realizar simulações que envolvem a construção, a correção de trajetória e o pouso de foguetes em corpos celestes, tornando, assim, os estudos

4 https://store.steampowered.com/app/1718870/Spaceflight_Simulator/

sobre o tema mais completos e, de uma certa maneira, mais próximos da realidade. Caso não haja um dispositivo adequado para simular o jogo, os detalhes dele podem ser vistos e explorados no canal Youtube do Frederico Andrade (Frederico Andrade n.d.), em que o youtuber simula as viagens até a Lua e até Marte com riqueza de detalhes de suas etapas, entre outros. Ainda, Wei e Zhang (2019) apresentam alternativas para realizar simulações computacionais, utilizando Python para simular a órbita de transferência de Hohmann e a trajetória do foguete.

REFERÊNCIAS

- Frederico Andrade. (n.d.). *Página principal* [Canal do YouTube]. YouTube. Recuperado em 7 nov. 2022, de <https://www.youtube.com/@FredericoAndrade>
- Boice, J. D. (2017). Space: The Final Frontier—Research Relevant to Mars. *Health Physics*, 112 (4), 392–397. Recuperado de doi:10.1097/HP.0000000000000656
- Buchanan, M. (2017). Colonizing mars. *Nature Physics*, 13(11), 1035–1035. Recuperado de doi:10.1038/nphys4311
- Centro Brasileiro de Infraestrutura (2020). *Com o que as naves espaciais são abastecidas?*. Recuperado de <https://cbie.com.br/artigos/com-o-que-as-naves-espaciais-sao-abastecidas/>
- Constelação de Nano Satélites Ambientais. (n.d.). *Nano satélites*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Recuperado em 21 dez., 2023, de <http://www.crn.inpe.br/conasat1/nanosatt.php>
- Figueiredo, S. (2021). Rumo a Marte: as missões espaciais que podem mudar o futuro da Terra. *VEJA*. Recuperado de <https://veja.abril.com.br/ciencia/rumo-a-marte-as-missoes-espaciais-que-podem-mudar-o-futuro-da-terra/>.
- Geogebra (n.d.). *GeoGebra - Aplicativos Matemáticos*. Recuperado em 19 mai., 2023, de <https://www.GeoGebra.org/>
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2016). *Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica* (10th ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Horvath, J. E. (2008). *ABCD da Astronomia e Astrofísica*. São Paulo - SP: Livraria da Física.
- Indian Space Research Organization (2023) *Chandrayaan-3*. Recuperado de <https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3.html>
- Jet Propulsion Laboratory (n.d.) *Educator Guide: Let's Go to Mars! Calculating Launch Windows*. National Aeronautics and Space Administration (NASA), California Institute of Technology. Recuperado em 24 nov., 2022, de <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/lets-go-to-mars-calculating-launch-windows/>.
- Macau, E., & Winter, O.C (2007). *A Conquista do Espaço: Do Sputnik à Missão Centenário*. São Paulo: Livraria da Física.

- Miranda, R. M., Vanin, V. R., & Bechara, M. J. (2004). *Uso de simulações em disciplinas básicas de Mecânica em um curso de Licenciatura em Física*. In Programas e Resumos. São Paulo: SBF. Recuperado de <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/sys/resumos/RO115-1.pdf>
- MSPC (2022). Recuperado de https://www.mspc.eng.br/dir40/cin_210.php
- National Aeronautics and Space Administration (n.d.a). *Venus Overview*. Recuperado em 7 ago. 2022, de: <https://science.nasa.gov/venus/>
- National Aeronautics and Space Administration (n.d.b). *Mercury Overview*. Recuperado em 7 ago. 2022, de: <https://science.nasa.gov/mercury/>
- National Aeronautics and Space Administration (n.d.c). *Jupiter Overview*. Recuperado em 7 ago. 2022, de: <https://science.nasa.gov/mercury/>
- National Aeronautics and Space Administration (2006). Project Mercury: A Chronology. SP-4001. Recuperado de <https://history.nasa.gov/SP-4001/cover.htm>.
- National Aeronautics and Space Administration (2019) *50 Years Ago: Apollo 11 – The Journey Home*. Recuperado de <https://www.nasa.gov/history/50-years-ago-apollo-11-the-journey-home/>
- National Aeronautics and Space Administration (2020). *Mars 2020 Perseverance Rover*. Recuperado de <https://mars.nasa.gov/mars2020/>
- National Aeronautics and Space Administration (2022). Overview Mars – *NASA Solar System Exploration*. Recuperado em 7 ago. 2022, de <https://solarsystem.nasa.gov/planets/mars/overview/>
- Project dearMoon (n.d.). *The first civilian mission to the Moon by SpaceX*. Recuperado em 20 de dezembro de 2023, de <https://dearmoon.earth/>
- Ornes, S. (2018). The long road to Mars. *Physics World*, 31(2), 25–29. Recuperado de doi:10.1088/2058-7058/31/2/29
- Spaceflight Simulator (n.d.). Página principal [Steam]. Recuperado em 7 nov. 2022, de https://store.steampowered.com/app/1718870/Spaceflight_Simulator/
- SpaceX (n.d.). *Space Exploration Technologies Corporation*. Recuperado em 20 de dezembro de 2023, de <https://www.spacex.com/>
- Stinner, A., & Begoray, J. (2005). Journey to Mars: the physics of travelling to the red planet. *Physics Education*, 40(1), 35–45. Recuperado de doi:10.1088/0031-9120/40/1/002
- Superinteressante (2011). Os primeiros passos rumo a Marte. Recuperado de <https://super.abril.com.br/ciencia/os-primeiros-passos-rumo-a-marte>
- Wei, Y., & Zhang, Y. (2019) The Simulation and the Calculation of the Shortest Hohmann Transfer Orbit to Mars. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 07(10), 2384–2400. Recuperado de doi:10.4236/jamp.2019.710162
- Zanin, T. (2023a). Quantos litros de água se deve beber por dia?. *Tua Saúde*, nov. 2023. Recuperado de <https://www.tuasaude.com/beber-agua/>.
- Zanin, T. (2023b). Calculadora de calorias: quantas ingerir por dia?. *Tua Saúde*, fev. 2023. Recuperado de <https://www.tuasaude.com/como-calcular-o-gasto-calorico/>.



ASTRONOMIA NOS CURRÍCULOS DOS CURSOS QUE HABILITAM PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ESTADO DO PARÁ

Fábio Andrade de Moura¹
Fernanda Gabrielle Silva Quintal²
Pedro Eduardo Azevedo da Costa³
France Fraiha-Martins⁴
Gladys Denise Wielewski⁵
Laura Isabel Marques Vasconcelos de Almeida⁶

RESUMO: O presente trabalho é resultado de uma pesquisa sobre o currículo da formação inicial dos docentes de Licenciatura em Física, Ciências Naturais com habilitação em Física e Licenciatura integrada em Matemática e Física no estado do Pará. Os objetivos deste estudo foram: analisar e refletir sobre o currículo da formação inicial docente das IES do estado do Pará habilitados a ministrar conteúdos relativos à Astronomia; analisar o PPC dos cursos de Licenciatura, que habilitam a ministrar aulas de Física, das IES no estado do Pará; refletir se as disciplinas que envolvem a Astronomia contemplam a formação inicial docente para o ensino das competências e habilidades em Astronomia, na educação básica, previstas na BNCC. Realizou-se, então, uma pesquisa descritiva e exploratória, buscando mostrar a realidade da formação inicial de futuros docentes habilitados a ministrar a disciplina de Física na educação básica. Verificou-se, que apenas 36,86% cursos analisados oferecem disciplinas relativas à Astronomia. Portanto, pode-se concluir que os resultados obtidos explicitam a predominância da não oferta de conteúdos relacionados a temas de Astronomia nos cursos analisados no estado do Pará, o que tem um impacto negativo na formação inicial dos futuros docentes e, conseqüentemente, na abordagem dessa temática na educação básica.

PALAVRAS-CHAVE: Astronomia; Formação inicial; Ensino; Educação básica; BNCC.

1 Instituto Federal do Pará, Bragança, Brasil. E-mail: fabio.moura@ifpa.edu.br

2 Instituto Federal do Pará, Bragança, Brasil. E-mail: fernandaquin43@gmail.com

3 Instituto Federal do Pará, Bragança, Brasil. E-mail: pazevedo138@gmail.com

4 Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil. E-mail: francefraiha@ufpa.br

5 Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, Brasil. E-mail: gladysdw@gmail.com

6 Universidade de Cuiabá, Cuiabá, Brasil. E-mail: lauraisabelvasc67@gmail.com

ASTRONOMÍA EN LOS CURRÍCULOS DE CURSOS QUE ELIGIBILIZAN PARA LA ENSEÑANZA DE FÍSICA EN EL ESTADO DE PARÁ

RESUMEN: El trabajo es resultado de una investigación sobre el currículo de formación inicial de profesores de Física, Ciencias Naturales con título en Física y Licenciatura Integrada en Matemáticas y Física en el estado de Pará. Los objetivos de este estudio fueron: analizar y reflexionar sobre el plan de estudios de formación inicial de docentes en IES del estado de Pará calificados para impartir contenidos relacionados con la Astronomía; analizar el PPC de las carreras de Grado, que posibilitan la impartición de clases de Física, en las IES del estado de Pará; reflexionar sobre si las materias que involucran Astronomía incluyen la formación inicial docente para la enseñanza de competencias y habilidades en Astronomía, en la educación básica, prevista en el BNCC. Luego se realizó una investigación descriptiva y exploratoria, buscando mostrar la realidad de la formación inicial de los futuros docentes capacitados para impartir la asignatura de Física en la educación básica. Se encontró que sólo el 36,86% de los cursos analizados ofrecen materias relacionadas con la Astronomía. Por lo tanto, se puede concluir que los resultados obtenidos explican el predominio de no ofrecer contenidos relacionados con temas de Astronomía en los cursos analizados en el estado de Pará, lo que impacta negativamente en la formación inicial de los futuros docentes y, en consecuencia, en el abordaje a este tema en la educación básica.

PALABRAS CLAVE: Astronomía; Formación inicial; Enseñando; Educación básica; BNCC.

ASTRONOMY IN THE CURRICULA OF COURSES THAT ELIGIBILIZE FOR TEACHING PHYSICS IN THE STATE OF PARÁ

ABSTRACT: The present work is the result of research into the initial training curriculum for teachers of Physics, Natural Sciences with a qualification in Physics and Integrated Degree in Mathematics and Physics in the state of Pará. The objectives of this study were: to analyze and reflect on the curriculum of initial teacher training at HEIs in the state of Pará qualified to teach content related to Astronomy; analyze the PPC of Degree courses, which enable the teaching of Physics classes, at HEIs in the state of Pará; reflect on whether the subjects involving Astronomy include initial teacher training for teaching skills and abilities in Astronomy, in basic education, provided for in the BNCC. A descriptive and exploratory research was then carried out, seeking to show the reality of the initial training of future teachers qualified to teach the subject of Physics in basic education. It was found that only 36.86% of the courses analyzed offer subjects related to Astronomy. Therefore, it can be concluded that the results obtained explain the predominance of not offering content related to Astronomy themes in the courses analyzed in the state of Pará, which has a negative impact on the initial training of future teachers and, consequently, on the approach to this theme in basic education.

KEYWORDS: Astronomy; Initial formation; Teaching; Basic education; BNCC.

1. INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma área da Física que se encontra em evidência nos meios de comunicação, pois a cada dia revelam-se novos estudos repletos de informações sobre a origem do Universo

(Falcão; Trigo, 2015; Guttman; Braga, 2015; Coelho, 2022; Teixeira et al., 2022). Por meio da Astronomia, é possível proporcionar interesse, apreciação, curiosidade e aproximação entre as pessoas e a cultura científica (Langhi; Nardi, 2009).

Gorges Neto e Arthur (2021) concordam com Langhi e Nardi (2009) ao destacar que apesar da Astronomia ser um assunto que desempenha papel importante na educação, poucas Instituições de Ensino Superior (IES) ofertam conteúdos astronômicos nos cursos de formação inicial de professores e, conseqüentemente, a educação básica também sofre com a ínfima abordagem dessa ciência em sala de aula.

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) está previsto conteúdos relacionados à Astronomia, que buscam proporcionar competências e habilidades aos alunos (Brasil, 2018). Entretanto, segundo Langhi (2011), tais conteúdos, de modo geral, são pouco abordados em sala de aula, uma vez que, o professor não teve a preparação necessária ao longo de sua formação inicial sobre temas relativos à Astronomia.

Langhi (2009); Langhi e Nardi (2010b); Langhi, Oliveira e Vilaça (2018); Prado e Nardi (2020), evidenciam em suas pesquisas, que há pouca formação de professores em Astronomia nas IES. Fato que produz um impacto negativo na aprendizagem dos alunos da educação básica sobre Astronomia, os quais poderão não construir as competências e habilidades, previstas na BNCC. Considerando estas informações e analisando as pesquisas de Slovinski, Brito e Massoni (2021) e Roberto Junior, Reis e Germinaro (2014), observamos que a região norte do Brasil é a que menos realiza a formação inicial docente para o ensino desse conteúdo. Os pesquisadores identificaram que na região norte do Brasil poucas IES oferecem disciplinas de Astronomia nos cursos de Licenciatura que habilitam ministrar aulas de Física.

Diante das proposições acima assumimos nesta investigação como objetivo geral: analisar e refletir sobre o currículo de formação inicial de professores das IES do estado do Pará, que habilitam o professor para o ensino de Física na educação básica, especialmente Astronomia. E como objetivos específicos: i) analisar o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) desses cursos de Licenciatura em questão; ii) refletir sobre as propostas das disciplinas que envolvem a Astronomia desses cursos e a formação do professor para as competências e habilidades em Astronomia previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

2. ASTRONOMIA E A BNCC

A Astronomia é uma das ciências mais antigas e que, provavelmente, foi a primeira a usar recursos matemáticos na sua aplicação (Ronan, 2001). Sabemos igualmente que ela é a ciência que estuda o Universo e os corpos celestes com o objetivo de situá-los no espaço e no tempo, além de explicar sua origem e seu movimento. É através da Astronomia que tentamos

compreender a origem vida – a partir da teoria do Big Bang, a existência de outros planetas fora do nosso sistema solar (exoplanetas), compreender as características da lua e dos planetas vizinhos da Terra, entre várias outras curiosidades que somente esta ciência leva para a sociedade, por meio de artigos, da imprensa e das mídias sociais.

A Astronomia possibilita a compreensão de fenômenos naturais, como a previsão de marés e a queda de asteroides (Menezes, 2018). Segundo Lopes (2017) é possível perceber que essa ciência é importante para a sociedade, uma vez que estudos advindos da Astronomia possibilitam diversos benefícios tecnológicos, dentre estes o sistema de posicionamento global (Global Position System – GPS).

Concordamos que deve haver o ensino de temas astronômicos aos estudantes da educação básica, bem como, na formação inicial e continuada de professores, pois além de possuir caráter interdisciplinar, a Astronomia é um tema importante para proporcionar a construção da cultura científica na sociedade (Barbosa, 2018). Portanto, ela se torna um fator de grande relevância para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos e das pessoas em geral (Langhi; Nardi, 2015).

É necessário destacar que documentos oficiais que regem a educação básica no Brasil como, por exemplo, a BNCC, propõem o estudo de forma mais intensa de temas como Terra e Universo, tendo em vista que, essas temáticas são essenciais para continuar desenvolvendo aptidões – como as cognitivas – que podem ser utilizadas para tomar decisões e resolver problemas (Brasil, 2018).

A BNCC recomenda que os conhecimentos relacionados à origem da vida; modelos cosmológicos; Astronomia; gravitação; mecânica newtoniana e a dinâmica da vida na Terra e do Cosmos sejam trabalhados durante o ensino médio (Brasil, 2018). Como competência na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC aponta a necessidade do estudante compreender sobre a dinâmica do Cosmos, a fim de desenvolver argumentos e produzir previsões sobre como funciona e como evolui o Universo (Brasil, 2018).

Além disso, os conceitos sobre Astronomia podem ser utilizados pelos estudantes de modo tal que eles possam desenvolver capacidades como a de reconhecer a imprevisibilidade dos fenômenos da natureza. Diante dessa competência, se espera ter como resultado a habilidade de produzir explicações e previsões sobre o movimento de objetos no Universo, tendo como base a análise das interações gravitacionais (Brasil, 2018).

A BNCC busca por meio desses objetivos, proporcionar reflexões aos estudantes, acerca da humanidade e do planeta Terra, situando-os em meio a evolução histórica do Universo (Brasil, 2018). Dessa maneira, portanto, é inevitável o estudo do tema Astronomia para compreender o disposto nas competências e habilidades, haja vista que, o desenvolvimento do Cosmos é embasado por assuntos astronômicos.

Para que estes temas sejam ministrados na educação básica, é necessário que a formação docente contemple os principais tópicos de Astronomia em seus cursos. Langhi (2009); Langhi e Nardi (2010b); Langhi, Oliveira e Vilaça (2018); Prado e Nardi (2020), Slovinski, Brito e Massoni (2021); Roberto Junior, Reis e Germinaro (2014) reconhecem que nos cursos de formação docente ainda há poucos componentes curriculares sobre este tema.

Desta forma, concordamos com Oliveira e Carvalho (2022) ao afirmar que com as diretrizes da BNCC é importante ampliar os conteúdos de Astronomia em cursos de formação de professores. Os autores destacam que a falta de preparo para o ensino de Astronomia faz com que esses profissionais encontrem dificuldades até mesmo no momento de selecionar fontes confiáveis ao conteúdo a ser ensinado.

Langhi (2009) considera que apesar de alguns tópicos da Astronomia fazerem parte do currículo escolar, os professores, em sua maioria, não foram preparados para ministrar estes conteúdos durante sua graduação. Desta forma, para proporcionar um ensino de qualidade com as temáticas defendidas pela BNCC, o docente precisa estar constantemente atualizado sobre os temas envolvendo a Astronomia. É necessário ler artigos, jornais e periódicos que tratam do tema com seriedade para não levar aos seus alunos falsas ideias. Tendo em vista as indicações da BNCC sobre o ensino de Astronomia na educação básica, se torna urgente a formação do professor para o ensino dessa ciência.

3. FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O ENSINO DOS CONTEÚDOS RELATIVOS À ASTRONOMIA

Pesquisas sobre a formação de professores em Astronomia indicam que a formação inicial dos docentes não acontece de forma apropriada nos cursos de licenciatura. Seja por falta da oferta de disciplinas ou por falta de conteúdo programático (Leite, 2002; Langhi, 2004; Leite, 2006; Langhi; Nardi, 2008; Iachel, 2009; Langhi, 2009; Langhi; Nardi, 2010b; Amaral; Oliveira, 2011; Iachel, 2013; Langhi; Nardi, 2015; Langhi; Oliveira; Vilaça, 2018; Prado; Nardi, 2020). A formação incipiente de professores em Astronomia provoca uma inconsistência no ensino desse conhecimento na educação básica, pois, esse desconhecimento sobre essa temática causa insegurança no professor e acarreta em uma abordagem superficial dos conteúdos desta disciplina ou em diversos casos, na omissão desse assunto em sala de aula (Langhi, 2004).

Segundo Fontanella e Meghioratti (2016), o encargo da busca pelo conhecimento astronômico recai ao docente em exercício, que no decorrer de sua profissão busca estudar sobre Astronomia. Lamentavelmente, o desenvolvimento da aprendizagem sobre Astronomia pelo próprio docente no ato da profissão, sem uma formação básica de qualidade, não proporciona ao professor possibilidades para superar falhas conceituais (Fontanella; Meghioratti, 2016).

Langhi e Nardi (2010b) entendem que o fato de professores com formação inconsistente em Astronomia ensinarem tais conteúdos em sala de aula é, alarmante, visto que, seus conhecimentos foram edificados por meio de fontes com teor não confiável. Desse modo, alguns pesquisadores acreditam que cursos de formação continuada podem diminuir essa deficiência na educação básica, assim como, contribuir para a redução de concepções alternativas dos professores, possibilitando a construção de novos conhecimentos (Pinto; Fonseca; Vianna, 2008).

Problematizando a temática da formação inicial docente em Astronomia, os pesquisadores Roberto Junior, Reis e Germinaro (2014) na pesquisa realizada com dados do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) de 2011 com 132 cursos de Licenciatura em Física do Brasil, constataram que em apenas 15% dos cursos analisados apresentam a disciplina de Astronomia como obrigatória; em 32% dos cursos a disciplina é ofertada como optativa e nos 53% restantes dos cursos, não há a disponibilização da disciplina em sua grade curricular. Segundo os autores:

Em relação ao número de alunos concluintes que fizeram o ENADE 2011, os resultados desse trabalho mostram que são grandes as possibilidades de que 85% deles se formaram sem cursar uma disciplina de Astronomia. Isso significa que os cursos de Licenciatura em Física estão entregando para a sociedade professores sem uma formação mínima necessária para ensinar os conteúdos básicos de Astronomia (Roberto Junior; Reis; Germinaro, 2014, P.99).

Para eles, há “um total de 1207 alunos que concluíram o curso sem terem contato com o conteúdo dessa ciência, sendo que 59% deles estão nas regiões Norte e Nordeste”. Segundo a pesquisa, analisando os dados da região norte, a distribuição da disciplina de Astronomia, verifica-se que nenhum curso avaliado possui disciplina obrigatória com esse conteúdo na sua estrutura curricular e apenas 2 cursos contemplam a disciplina de Astronomia como disciplina optativa (Roberto Junior; Reis; Germinaro, 2014).

Analisando os dados da pesquisa de Roberto Junior, Reis e Germinaro (2014), concordamos com Iachel (2013 apud Fontanella e Meglhioratti 2016) que para a formação de professores em Astronomia é importante que se tenha a inclusão da disciplina Astronomia na formação, durante a graduação, mas cuja concretização ainda parece distante.

Além disso, Longhini e Mora (2010), revelam a necessidade, tanto para a formação inicial quanto para a formação continuada em ensino de Astronomia, de se “preparar estratégias de ensino que caminhem em direção a uma compreensão de aspectos de Astronomia que avancem

para além do conhecimento isolado de nomes, distâncias ou definições” (Longhini; Mora, 2010, p. 103).

Longhini e Mora (2010, p.103) sugerem que o conhecimento de Astronomia por professores, em serviço e em formação, carece do entendimento de que, tão importante quanto a teoria são as observações reais do céu. Estes, “são aspectos que necessitamos rever, caso desejemos que novas gerações de professores, além daqueles que se encontram em serviço, tenham capacidade de ensinar Astronomia como ela realmente é, tridimensional, dinâmica e em constante mudança”.

Nessa perspectiva, Fernandes (2018) considera relevante que as diferentes metodologias no ensino de Astronomia colaborem umas com as outras, pois, conforme afirmam Bretones e Compiani (2011, p. 750) “a ausência de articulação entre a observação direta do céu e o uso de modelos e representações para a formação de conceitos leva a dificuldades do aprendiz”. Em Leite (2006), encontramos afirmações que ratificam a presença e a relevância das práticas de observação astronômica, do processo ensino-aprendizagem e as noções de espacialidade, desenvolvidas em cursos de formação continuada em Astronomia. De acordo com a autora, as inúmeras dificuldades envolvidas na aprendizagem de conceitos astronômicos exigem conhecer as diversas atividades para a melhoria de seu ensino, propostas por diferentes pessoas preocupadas com esse tema (Leite, 2006).

Entendemos que a formação docente em Astronomia não ocorre apenas com o estudo teórico de conceitos e ideias. Compreendemos que a formação docente para o ensino da Astronomia necessita privilegiar estudos sobre metodologias de ensino; utilizar Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC); desenvolver atividades práticas de observações astronômicas e, também, de astrofotografias; compreender, na prática, o movimento da Lua, Sol e planetas; entender o movimento aparente das estrelas; entender e manusear telescópios de diferentes construções.

No entanto, compreendemos que é necessário ter as condições efetivas para lançar mão das variadas formas de ensinar Astronomia. Sabemos que as atividades de observações astronômicas ocorrem no turno da noite, exceto quando o objeto observado é o sol. Para que estas observações ocorram com sucesso, faz-se necessário ter um conjunto de fatores como céu aberto e sem nuvens; umidade relativa do ar baixa – para não embaçar espelhos e lentes; e baixa turbulência no céu para que a observação dos astros pelo telescópio não seja dificultada. Na visão de Costa e Leite (2017) as atividades de observação do céu requerem tempo, para realizar as atividades, e espaços em sala de aula e locais com céu aberto que fogem do sistema tradicional escolar.

4. METODOLOGIA

Para a natureza do presente estudo foi utilizada a pesquisa básica, pois, há a necessidade do aprofundamento no tema. Uma vez que, segundo Gil (2017), corroborando com Podanov e Freitas (2013), a pesquisa básica tem por objetivo suscitar a ampliação do conhecimento com a premissa de possibilitar avanços na ciência.

Quanto à abordagem, foram utilizados dados quantitativos para então desenvolver uma análise qualitativa dos fatos. O método quantitativo se baseia na quantificação da coleta de dados, além do uso de estatística para analisar os resultados (Richardson et al., 2012). Já a pesquisa qualitativa, como pensava Gerhardt e Silveira (2009), não se atenta com reconhecimento numérico, mas sim, com o aperfeiçoamento da percepção de um grupo coletivo, de uma sociedade, etc.

Neste estudo foram utilizadas a pesquisa bibliográfica e a documental. Segundo Fonseca (2002) e Andrade (2010) um trabalho científico para que seja bem elaborado, necessariamente deve começar pelo levantamento bibliográfico. Essa pesquisa preliminar, de acordo com Amaral (2007), Severino (2013), e Gil (2017), é uma etapa basal para o estudo, elaborada em torno de obras acadêmicas já publicadas como livros, artigos, teses, dissertações e, dentre outros, as quais, tornam-se as fontes para o devido trabalho.

Para Gil (2017) a pesquisa documental, baseia-se na utilização de documentos que não são encontrados na literatura e que tenham a finalidade de comunicar, autorizar, regulamentar e etc. Segundo os pensamentos de Sá-Silva, Almeida e Guindani (2009), é possível extrair uma riqueza de informações desse tipo de pesquisa, ampliando o entendimento a respeito do tema estudado. Deve-se ter cuidado para não confundir a pesquisa documental com a bibliográfica. Desse modo, é recomendado que as fontes documentais utilizadas sejam internas à organização (Gil, 2017).

O presente estudo pretende aprofundar o conhecimento científico a respeito de características dos cursos que habilitam o ensino de Física no estado do Pará, entendendo-se como uma pesquisa descritiva e exploratória com destaque no Ensino de Astronomia, buscando mostrar a realidade da formação inicial de futuros docentes da educação básica. Segundo Gerhardt e Silveira (2009) ao citar Triviños (1987), os estudos descritivos podem ser criticados porque podem existir uma descrição exata dos fenômenos e dos fatos. A pesquisa descritiva exige uma série de informações sobre o objeto pesquisado além de descrever os fatos e fenômenos da realidade analisada. Já a pesquisa exploratória, tem como objetivo trazer maior familiaridade com o tema, tornando-o dilucidado (Gerhardt; Silveira, 2009).

Os dados coletados e analisados relacionados às IES que ofertam os cursos de Licenciatura em Física, Ciências Naturais com habilitação em Física e Licenciatura integrada em Matemática e

Física, foram obtidos no portal e-MEC⁷ e nos sites das IES que atuam no estado do Pará.

O e-MEC tem como objetivo realizar a tramitação eletrônica dos processos de regulamentação, credenciamento, recredenciamento, busca autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimento de cursos. Em funcionamento desde janeiro de 2007, o sistema permite a abertura e o acompanhamento dos processos pelas instituições de forma simplificada e transparente.

No portal e-MEC encontramos 19 IES, totalizando 236 cursos – excluindo os não iniciados ou em extinção – que habilitam o ensino de Física como Licenciatura em Física, Ciências Naturais com habilitação em Física e Licenciatura integrada em Matemática e Física, os quais são ofertados presencialmente e/ou à distância no estado do Pará.

Por meio de pesquisa individualizada nos portais eletrônicos das IES e/ou solicitação por e-mail foi possível coletar o Projeto Pedagógico de Curso (PPC) e/ou a Matriz Curricular dos cursos, para então, analisar a oferta de disciplinas de Astronomia. Nesse momento pesquisamos, por meio de leitura individual, nos PPC, disciplina(s) em que a ementa contempla os conteúdos relacionados a Astronomia. Para as IES que disponibilizaram apenas a Matriz Curricular (IES particulares EaD)⁸ pesquisamos pelo nome de disciplinas com a temática Astronomia.

Para analisar os resultados desta pesquisa agrupamos as IES de acordo com a esfera administrativa; cursos; modalidade de ensino; se há ou não oferta de disciplinas na área de astronomia e em caso de oferta, se a mesma é presencial ou a distância.

Para finalizar a pesquisa, realizamos uma análise nos PPC dos cursos para compreender se os mesmos realizaram a formação inicial docente para que os futuros docentes possam ministrar aulas de astronomia conforme é previsto na BNCC.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No estado do Pará, por meio dos dados do portal e-mec, identificamos 4 IES federais, 1 IES estadual e 14 IES particulares. Os cursos em atividade cadastrados no portal e-mec que habilitam a docência em Física estão organizados em: Licenciatura em Física, com 222 cursos; Licenciatura em Ciências Naturais com Habilitação em Biologia, Física ou Química com 12 cursos; Licenciatura Integrada em Matemática e Física, com 1 curso; e Programa Especial de Formação Pedagógica de Docentes – Física, com 1 curso. Totalizando 236 cursos que habilitam para a docência em Física que estão agrupados na modalidade Presencial e à Distância (EaD).

⁷ <https://emec.mec.gov.br/>

⁸ Assumimos a Matriz Curricular para análise pelo fato das IES particulares não disponibilizarem os PPC.

A Tabela 1 apresenta os resultados e o quantitativo de cursos por modalidade e o tipo de administração.

Tipo de administração das IES	Cursos Ofertados			Percentual Total
	Presencial	EaD	Total	
Federal	8	6	14	5,93%
Estadual	14	8	22	9,32%
Privada	-	200	200	84,75%
Total	22	214	236	100%

Tabela 1 – Distribuição dos cursos que habilitam o ensino de Física, ofertados segundo o tipo de administração das IES e a modalidade de ensino, no estado do Pará em 2022. Fonte: Autores, a partir dos dados do Portal e-mec (2022)

Os dados da Tabela 1 identifica que 84,75% dos cursos que habilitam a docência em Física são ofertados por IES Privada e que todos os cursos em atividade são na modalidade EaD. Este quantitativo não representa que as IES particulares habilitam professores na mesma proporção.

Percebe-se que há uma diferença significativa entre o percentual de cursos em cada modalidade, sendo explícito que a oferta do EaD é predominante, pois conta com 214 cursos do total e apenas 22 cursos são oferecidos presencialmente.

Destacamos que esses números não revelam o quantitativo de licenciandos matriculados e sim apenas aos números de cursos com autorização de funcionamento. Para analisar o contexto da astronomia na formação dos docentes das IES citadas na Tabela 1, realizamos estudos nos PPC e/ou na Matriz Curricular que serão apresentados a seguir.

5.1 Quantitativo de cursos oferecidos, de acordo com a natureza das disciplinas relativas à Astronomia

Analisando os PPC e/ou as Matrizes Curriculares dos cursos que habilitam o ensino de Física, constatou-se que há cursos em que as disciplinas relacionadas a Astronomia são obrigatórias para a conclusão do curso; e que tem as disciplinas eletivas, as que são optativas e o licenciando poderá ou não escolher essa disciplina; e há casos que simplesmente não há oferta de disciplinas. A Tabela 2 demonstra a quantidade de cursos que ofertam ou não disciplinas relacionadas a Astronomia.

Natureza das disciplinas de Astronomia ofertadas	Cursos ofertados	Percentual
Obrigatória	79	33,47%
Eletiva	8	3,39%
Não oferece	149	63,14%
Total	236	100%

Tabela 2 – Distribuição do número de cursos que habilitam o ensino de Física, segundo a natureza das disciplinas de Astronomia no estado do Pará em 2022.

Fonte: Autores, a partir da leitura dos PPC e/ou Matriz Curricular dos cursos analisados (2022)

Diante das informações apresentadas na Tabela 2, percebemos que no estado do Pará, nos cursos que habilitam o ensino de Física, apenas 33,47% dos cursos têm disciplinas obrigatórias relacionadas a astronomia e em 3,39% dos cursos essas disciplinas são eletivas. Para 63,14% destes cursos, não há oferta de disciplinas relativas à Astronomia. Esses resultados são corroborados pelas pesquisas de Roberto Junior, Reis e Germinaro (2014). Os autores constataram que 59% dos discentes formados em Física da região Norte do Brasil, que fizeram o ENADE 2011, não tiveram disciplinas relacionadas a Astronomia durante a licenciatura; já na pesquisa realizada por Slovinski, Brito e Massoni (2021) constataram que a região Norte do Brasil possui 53,4% dos cursos de Licenciatura em Física que não ofertam disciplinas de Astronomia.

A partir da Tabela 2, reorganizamos os dados para compreender as informações relativas à natureza de oferta das matérias astronômicas, segundo a esfera administrativa das IES conforme Tabela 3 abaixo.

Administração da IES	Natureza da disciplina			Total
	Obrigatória	Eletiva	Não oferece	
Federal	-	3	11	14
Estadual	22	5	-	22
Privada	62	-	138	200
Total	79	8	149	236

Tabela 3 – Distribuição de acordo com a natureza das disciplinas relacionadas à Astronomia, encontradas em cursos que habilitam o ensino de Física no estado do Pará em 2022, segundo a categoria administrativa das IES.

Fonte: Autores, a partir da leitura dos PPC e/ou Matriz Curricular dos cursos analisados (2022)

A Tabela 3 evidencia que os cursos ofertados por IES estaduais se sobressaem quanto a oferta de disciplinas relativas à Astronomia. Todos os cursos ofertam disciplinas obrigatórias e em 5 cursos acrescentam disciplinas eletivas voltadas ao ensino de astronomia. A formação de professores proposta pelas IES estaduais se alinha à pesquisa de Pimenta e Anastasiou (2005) que apontam a formação inicial de professores em Astronomia como uma das soluções para combater a problemática da formação deficiente de professores. Quanto a oferta de disciplinas eletivas após a disciplina obrigatória, concordamos com Langhi e Nardi (2004, p.10) ao afirmarem que “não basta que os cursos de formação inicial e/ou continuada privilegiem a capacitação em termos de conteúdos, divorciados das metodologias de ensino correspondentes, o grande desafio é a questão da transposição didática, ou seja, investir também, concomitantemente, no conhecimento pedagógico do conteúdo”. Os autores complementam afirmando que nos cursos de formação devem ser analisadas as concepções, necessidades expectativas, e preocupações dos docentes participantes.

Os cursos ofertados pelas IES federais se destacam por não ter disciplinas relativas à astronomia com oferta obrigatória e com apenas 3 cursos ofertando de forma eletiva alguma disciplina. Esta prática de oferta não garante que os licenciandos terminem seus cursos com a devida formação para ministrar aulas sobre estes temas. Já as Instituições Particulares têm 31% dos cursos que ofertam disciplinas relacionadas com a Astronomia na forma obrigatória e 69% não ofertando.

Langhi e Nardi (2009) demonstram preocupações com professores que não tiveram contato com os conceitos da astronomia durante a formação inicial e que tenham que trabalhar em sala de aula com tais saberes. É inquietante imaginar um docente trabalhando em sala de aula consultando fontes nem sempre seguras e materiais didáticos contendo erros conceituais. Gil-Pérez et al. (2001), entendem que professores podem apresentar visões distorcidas acerca da atividade científica e que podem facilmente influenciar a visão dos estudantes.

5.2 Considerações a respeito das disciplinas relativas à Astronomia na formação de professores e a BNCC

A BNCC traz as competências e habilidades que precisam ser desenvolvidas nos alunos da educação básica relacionado às Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Entre as competências, podemos destacar a capacidade de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos; realizar interpretações sobre a vida, terra, cosmos, evolução do ser vivo e do universo; analisar situações-problema, propor soluções e publicar, descobertas e soluções, por meio de diversas mídias.

Essas competências da BNCC, remete-nos à reflexão sobre as temáticas que devem ser discutidas em sala de aula. O documento cita que, para estas competências, podemos mobilizar conhecimentos relacionados à/aos: origem da vida; modelos cosmológicos; gravitação; mecânica newtoniana e a dinâmica da vida na Terra e do cosmos; análises do sistema solar e dos movimentos da Terra em relação ao Sol e à Lua, entre outros (BRASIL, 2018). Esses temas precisam se fazer presentes nas ementas dos cursos das IES Públicas e Privadas que ofertam as disciplinas relacionadas a Astronomia.

Entendemos que uma análise a respeito das ementas das disciplinas se faz necessário para que se possa entender a formação inicial docente para o ensino de Astronomia, além de incentivar novos estudos na área. Entretanto, apenas as IES Públicas disponibilizaram o PPC dos cursos com as ementas das disciplinas, já as IES Particulares dispuseram apenas a matriz curricular de seus cursos sem ementas das disciplinas. Portanto, a análise ficará restrita à IES públicas localizadas no estado do Pará.

Destarte, o universo a ser analisado compõe-se por 25 dos 36 cursos que habilitam ao ensino de Física no estado do Pará. Destes, 3 são IES federais, ofertados no regime presencial em disciplinas eletivas, e 22 cursos de uma IES estadual, 14 ofertados em regime presencial e 8 EaD, em disciplinas obrigatórias.

Desse modo, entre as ementas analisadas destacamos que todos os cursos das IES têm em comum os seguintes conteúdos: origem da vida/universo; modelos cosmológicos; gravitação; sistema solar e o movimento da Terra em relação ao Sol e à Lua; Estrelas e Galáxias. Esses conteúdos programáticos, condizem com a formação docente necessária para a capacitação dos professores para abordar os temas previstos na BNCC.

Destacamos que nas IES federais há previsto a realização de atividades de pesquisa, ensino e extensão voltados para o ensino de astronomia; astronomia observacional e astrofísica.

Os cursos da IES estadual se destacam por ter em todos os cursos disciplinas de astronomia como obrigatória e abordar todos os temas previstos na BNCC. Alguns cursos também ofertam 01 (uma) disciplina eletiva voltada para o ensino de astronomia para a educação básica que, segundo o PPC do curso, a disciplina permite ao futuro docente ter subsídios e atitudes crítico-reflexivo acerca da própria prática docente como professor e pesquisador, desenvolvendo temas interdisciplinares durante essa disciplina. Além disso, a disciplina oferta conteúdos relacionados à astronomia observacional, técnicas de astrofotografia e instrumentos astronômicos.

Analisando as informações descritas acima, questionamos: se os cursos que habilitam o ensino de Física oferecessem disciplinas relacionadas à astronomia, o cenário atual da educação científica, no estado do Pará, seria diferente dos resultados das pesquisas apresentados por

Roberto Junior, Reis e Germinaro (2014) e Slovinski, Brito e Massoni (2021)? Inferimos que a educação em astronomia não depende apenas desses fatores. Isto porque não podemos afirmar que a presença de disciplinas dessa natureza implique efetivamente na aprendizagem docente para o ensino de Astronomia. Nos cursos de formação, podem ocorrer situações em que determinados conteúdos sejam ignorados ou ministrados sem nenhum aprofundamento. O que podemos considerar é que se nos cursos de formação de professores que habilitam o ensino de Física houvesse disciplinas com a temática voltada para a astronomia e seu ensino na educação básica, teríamos menos problemas relacionados à temática desta pesquisa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como intuito realizar uma análise do PPC e/ou da matriz curricular dos cursos de Licenciatura em Física e Ciências Naturais com Habilitação em Física, em todo o estado do Pará, a fim de entender a formação inicial docente para o ensino de Astronomia.

De tal modo, observamos que embora a Astronomia tenha as competências e habilidades previstas pela BNCC e a temática é um assunto relevante para a discussão em sala de aula devido as suas contribuições para a cultura científica da sociedade e os avanços tecnológicos observados no decorrer dos anos até a atualidade, ainda sim, é um tema negligenciado nos cursos de formação inicial docente.

Desse modo, tendo como base os resultados observados na pesquisa, se pôde notar que nos cursos de Licenciatura em Física e Ciências Naturais com habilitação em Física no estado do Pará, predominam a não oferta de disciplinas relacionadas a Astronomia, o que corresponde a um percentual de 63,14% dos cursos. Em 33,47% dos cursos ofertam disciplinas obrigatórias e de forma eletiva correspondem a 3,39% dos cursos.

Ademais, é necessário enfatizar que entre todos os PPC analisados, os cursos da IES estadual se destacam pelo fato de todos proverem disciplinas relativas à Astronomia na forma obrigatória e eletiva. Enquanto os cursos das IES federais apresentam apenas 3 cursos com disciplinas eletivas e 11 cursos não ofertam disciplinas relativas à Astronomia.

A ausência dessas disciplinas na formação docente resulta em uma falta de preparação e uma exclusão da temática na aula dos professores que consideram a sua formação como insuficiente. Diante desses resultados, podemos considerar que os cursos de formação de professores analisados não estão completamente adequados com as recentes demandas do ensino básico para tratar assuntos de Astronomia.

Destacamos que a formação do professor para lecionar assuntos relativos à Astronomia é relevante e urgente para a sociedade em sua totalidade. Por isso, é fundamental que haja formação inicial e continuada sobre essa temática, visto que, é necessário que os docentes que

não tiveram contato com o tema na formação inicial, tenham qualificação para ensinar sobre esse tema, por meio de processos de formação continuada.

Logo, para além da oferta de cursos de formação continuada para professores em pleno exercício da profissão, deve existir, também, reformulações para incluir a Astronomia como disciplina obrigatória na matriz curricular dos cursos de licenciatura. Com essas possíveis mudanças, o ensino de Astronomia na educação básica poderá ser de qualidade.

Entendemos que esta pesquisa proporciona base para futuros estudos sobre o ensino de Astronomia no Brasil. Portanto, este trabalho procura fomentar um novo olhar para a formação dos futuros docentes da área já citada, uma vez que, isso implica diretamente na educação básica.

REFERÊNCIAS

- Amaral, J. J. F. (2007). Como fazer uma pesquisa bibliográfica. (3^a. ed.). Fortaleza: UFC.
- Amaral, P., & Oliveira, C. E. Q. V. de. (2011). Astronomia nos livros didáticos de ciências: uma análise do PNL D 2008. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (12), 31–55. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2011.12.031>
- Andrade, M. M. de. (2010). Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. (10^a. ed.). São Paulo: Atlas.
- Barbosa, J. I. L. (2018). Astronomia: Representações Sociais de Estudantes do Ensino Médio Integrado e Licenciandos em Física. (Tese de Doutorado). Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo.
- Brasil. (2018) Base Nacional Comum Curricular.
- Bretones, P. S., & Compiani, M. (2011). Evolução conceitual de professores sobre o movimento diário da esfera celeste. *Ciência & Educação*, 17(3), 735–755. <https://doi.org/10.1590/s1516-73132011000300014>
- Coelho, J. G. (2022). O Telescópio Espacial James Webb - uma nova era na Astronomia. *Cadernos De Astronomia*, 3(2), 112–121. <https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v3n2.38762>
- Costa, G., Leite, C. (2017). A observação do céu nos livros didáticos de ciências no Brasil. *Enseñanza de las ciencias*.
- Falcão, E. B. M., & Trigo, E. D. (2015). Origem do universo, diversidade das espécies e fenômenos da natureza: ciência e religião no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência E Tecnologia*, 8(1). <https://doi.org/10.3895/rbect.v8n1.1723>
- Fernandes, T. C. D. (2018) Um estudo sobre a formação continuada de professores da educação básica para o ensino de Astronomia utilizando o diário do céu como estratégia de ensino. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru.

- Fonseca, J. J. S. (2002). Metodologia da pesquisa científica (1ª. ed.). Fortaleza: UFC.
- Fontanella, D., & Meghioratti, F. A. (2016). Educação em Astronomia: contribuições de um curso de formação de professores em um espaço não formal de aprendizagem. *Revista Eletrônica De Educação*, 10(1), 234–248. <https://doi.org/10.14244/198271991314>
- Gerhardt, T. E. & Silveira, D. T. (2009). Métodos de pesquisa. (1ª. ed.). Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Gil, A. C. (2017). Como elaborar projetos de pesquisa. (6ª. ed.). São Paulo: Atlas.
- Gil-Pérez, D. et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(2), 125–153. <https://doi.org/10.1590/s1516-73132001000200001>
- Gorges Neto, L., & Arthury, L. H. M. (2021). A formação docente e as concepções dos estudantes no âmbito da astronomia. *Cadernos De Astronomia*, 2(1), 159. <https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v2n1.33137>
- Guttmann, G. A. M., & Braga, M. (2015). A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(2), 442–460. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n2p442>
- Iachel, G. (2009) Um estudo exploratório sobre o ensino de Astronomia na formação continuada de professores. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru.
- Iachel, G. (2013). Os caminhos da formação de professores e da pesquisa em ensino de Astronomia. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru.
- Langhi, R. (2004) Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Langhi, R. (2009) Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Langhi, R. (2011). Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(2), 373–399. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n2p373>
- Langhi, R., & Nardi, R. (2004) Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental In: *Revista Tecnê, Episteme y Didaxis*, nº 16 (Facultad de Ciencia y tecnologia, Bogotá).
- Langhi, R., & Nardi, R. (2008). Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciência. *caderno brasileiro de ensino de Física*, 24(1), 87–111. recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055>
- Langhi, R., & Nardi, R. (2015). Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros?. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em*

- Ciências, 14(3), 041–059. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4292>
- Langhi, R., Oliveira, F. A. de, & Vilaça, J. (2018). Formação reflexiva de professores em Astronomia: indicadores que contribuem no processo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(2), 461–477. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n2p461>
- Langhi, R., & Nardi, R. (2009). Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(4), 4402–4412. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172009000400014>
- Langhi, R., & Nardi, R. (2010b). Formação De Professores E Seus Saberes Disciplinares Em Astronomia Essencial Nos Anos Iniciais Do Ensino Fundamental. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 12(2), 205–224. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120213>
- Leite, C. (2002) Os professores de ciências e suas formas de pensar a Astronomia. (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Leite, C. (2006) Formação do professor de Ciências em Astronomia uma proposta com enfoque na espacialidade. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Longhini, M. D., Mora, I. M. (2010). Uma investigação sobre o conhecimento de Astronomia de professores em serviço e em formação. In Longhini, M. D. (org) *Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica*. (pp. 87-116). Campinas: Átomo.
- Lopes, K. V. S. (2017) O ensino de Astronomia na formação de professores de Física. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- Menezes, L. S. L. (2018) A olimpíada brasileira de Astronomia e astronáutica e sua contribuição para o ensino de Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental nas escolas da rede pública de São Bernardo do Campo. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do ABC, Santo André.
- Oliveira, D. N. ., & Carvalho, T. (2023). Análise dos Conteúdos de Astronomia nas Ementas dos Cursos de Formação de Professores. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (34), 7–24. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2022.34.007>
- Pimenta, S.G.; Anastasiou, L.G.C. (2005) *Docência no ensino superior*. São Paulo: Cortez.
- Pinto, S. P., Fonseca, O. M. da, & Vianna, D. M. (2008). Formação continuada de professores: Estratégia para o ensino de astronomia nas séries iniciais. *aderno brasileiro ensino de Física*, 24(1), 71–87. recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6054>
- Prado, A. F., & Nardi, R. (2020). Formação de professores dos anos iniciais e saberes docentes mobilizados durante um curso de formação em Astronomia. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (29), 103–116. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2020.29.103>

- Richardson, R. J. et al. (2012) *Pesquisa social: métodos e técnicas*. (3^a. ed.). São Paulo: Atlas.
- Roberto Junior, A. J., Reis, T. H., & Germinaro, D. dos R. (2014). Disciplinas E Professores De Astronomia Nos Cursos De Licenciatura Em Física Das Universidades Brasileiras. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (18), 89–101. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2014.18.089>
- Ronan, C. A. (2001) . *História ilustrada da ciência: da Renascença à Revolução Científica*. (ed. 3). Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Sá-Silva, J. R., Almeida, C. D. de, & Guindani, J. F. (2009). Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira De História & Ciências Sociais*, 1(1). Recuperado de <https://www.periodicos.furg.br/rbhcs/article/view/10351>
- Severino, A. J. (2013) *Metodologia do trabalho científico*. (1^a. ed.) São Paulo: Cortez.
- Slovinski, L., Brito, A., & Massoni, N. T. (2021). A Astronomia em currículos da formação inicial de professores de Física: uma análise diagnóstica Astronomy in curricula for the initial training of physics teachers: a diagnostic analysis. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0173>
- Teixeira, I. M., et al. (2022). Da luneta de Galileu ao telescópio espacial Hubble: contributos do desenvolvimento tecnológico na divulgação da História da Astronomia. *Research, Society and Development*, 11(5), e26811528214. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28214>
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas.



A PERSPECTIVA DOS PROFESSORES DOS ANOS INICIAIS ACERCA DO USO E DA CRIAÇÃO DE JOGOS ANALÓGICOS NO ENSINO DE ASTRONOMIA

Vanessa Simões da Silva Oliveira¹
Marcos Antonio Florczak²
Roberta Chiesa Bartelmebs³

RESUMO: Este estudo tem como objetivo analisar a perspectiva dos professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao uso e à criação de jogos para o ensino da Astronomia. Para isso, foi conduzida uma pesquisa com professores da rede municipal de Curitiba que lecionam Ciências ou em áreas afins, como Ciência e Tecnologias (prática da Educação Integral) e Farol do Saber Inovação (Laboratório Maker), por meio de um questionário online aplicado pelo Google Forms. Um total de 43 questionários foram respondidos, fornecendo dados sobre a eficácia dos jogos analógicos no ensino de Astronomia, bem como as discussões sobre suas potencialidades e desafios. A partir da análise de conteúdo, concluímos que tanto o uso quanto a criação de jogos são recursos promissores para o ensino da Astronomia, pois permitem a exploração de conceitos astronômicos em sala de aula e incentivam os professores a buscar conhecimentos específicos nessa área. No entanto, os participantes identificaram alguns desafios, destacando a necessidade de mais formação e materiais de apoio específicos para a implementação eficaz dos jogos no contexto educacional.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Ciências, Anos Iniciais, Astronomia, Jogos.

LA PERSPECTIVA DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA SOBRE EL USO Y CREACIÓN DE JUEGOS ANALÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA

RESUMEN: Este estudio tiene como objetivo analizar la perspectiva de los profesores de la Educación Primaria en relación con el uso y la creación de juegos para la enseñanza de la Astronomía. Para ello, se llevó a cabo una investigación con profesores de la red municipal de Curitiba que enseñan Ciencias o áreas relacionadas, como Ciencia y Tecnología (práctica de Educación Integral) y Farol del Saber Inovação (Laboratorio Maker), a través de un cuestionario en línea en Google Forms. Se respondieron

1 Doutoranda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET), Curitiba, Paraná, Brasil. Email: vanessa.1985@alunos.utfpr.edu.br.

2 Professor Titular da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil. Email: florczak@utfpr.edu.br.

3 Professora Adjunta, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Paraná, Brasil. Email: roberta.bartelmebs@ufpr.br.

un total de 43 cuestionarios, proporcionando datos sobre la eficacia de los juegos analógicos en la enseñanza de Astronomía, así como discusiones sobre sus potencialidades y desafíos. A partir del análisis de contenido, concluimos que tanto el uso como la creación de juegos son recursos prometedores para la enseñanza de la Astronomía, ya que permiten la exploración de conceptos astronómicos en el aula e incentivan a los profesores a buscar conocimientos específicos en esta área. Sin embargo, los participantes identificaron algunos desafíos, destacando la necesidad de más formación y materiales de apoyo específicos para la implementación efectiva de los juegos en el contexto educativo.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de las Ciencias, Educación Primaria, Astronomía, Juegos.

THE PERSPECTIVE OF EARLY YEAR TEACHERS ON THE USE AND CREATION OF ANALOG GAMES IN ASTRONOMY TEACHING

ABSTRACT: This study aims to analyze the perspective of teachers in the early years of Elementary Education regarding the use and creation of games for teaching Astronomy. To do this, a survey was conducted with teachers from the municipal network of Curitiba who teach Science or related areas such as Science and Technologies (Integral Education practice) and Farol do Saber Inovação (Maker Laboratory), through an online questionnaire using Google Forms. A total of 43 questionnaires were completed, providing data on the effectiveness of analog games in teaching Astronomy, as well as discussions about their potentialities and challenges. Based on content analysis, we conclude that both the use and creation of games are promising resources for teaching Astronomy, as they allow for the exploration of astronomical concepts in the classroom and encourage teachers to seek specific knowledge in this area. However, participants identified some challenges, highlighting the need for more training and specific support materials for the effective implementation of games in the educational context.

KEYWORDS: Science Teaching, Elementary School, Astronomy, Boardgames.

INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta os dados de uma pesquisa de mestrado profissional pelo programa de pós graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) intitulada como: A criação e uso de jogos como estratégia didática para desenvolver o ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental, tendo como objetivo analisar a perspectiva dos professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao uso e à criação de jogos para o ensino da Astronomia.

Após a promulgação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), a Astronomia, no eixo Terra e Universo, do currículo de Ciências, passa a ser tema obrigatório desde o 1º ano do Ensino Fundamental, com a justificativa de que,

Os estudantes dos anos iniciais se interessam com facilidade pelos objetos celestes, muito por conta da exploração e valorização dessa temática pelos meios de comunicação, brinquedos, desenhos animados e livros infantis.

Dessa forma, a intenção é aguçar ainda mais a curiosidade das crianças pelos fenômenos naturais e desenvolver o pensamento espacial a partir das experiências cotidianas de observação do céu e dos fenômenos a elas relacionados. A sistematização dessas observações e o uso adequado dos sistemas de referência permitem a identificação de fenômenos e regularidades que deram à humanidade, em diferentes culturas, maior autonomia na regulação da agricultura, na conquista de novos espaços, na construção de calendários etc. (Brasil, 2018, p. 328).

A partir desse documento, o professor dos anos iniciais tem o desafio de ensinar Astronomia, desde os seis anos de idade, e apesar de ser um assunto que os estudantes se interessam com facilidade, é também complexo, dadas as abstrações que são necessárias para compreender o funcionamento de objetos que não estão ao alcance humano.

Para desenvolver a temática, propõe-se ao professor a utilização de recursos que representem os objetos estelares de modo lúdico, sobretudo o jogo, uma vez que este possibilita a representação, como também a ação do sujeito sobre o objeto de conhecimento.

O Ensino de Astronomia nos Anos Iniciais

A Astronomia está presente em diferentes recursos midiáticos, como filmes, músicas, desenhos animados e jogos, que proporcionam às crianças o contato e o levantamento de hipóteses. Além desses recursos, a própria observação do céu proporciona questionamentos, o que nos mostra que a criança tem referências, mesmo que primárias, sobre Astronomia.

Piaget revela que, antes de iniciar a sua pesquisa sobre como as crianças compreendiam a origem dos astros, acreditava ser estranho questioná-las a esse respeito, até que o fez, e observou que não há questionamentos absurdos para uma criança. Ao analisar as respostas obtidas, foi possível identificar que os seus “interesses vinculam-se com problemas relativos aos astros, e a maneira como as crianças formulam essas interrogações indicam qual a solução que elas são levadas a dar a si mesmas” (Piaget, 2017, p. 209).

Diante desta constatação, o autor apresenta uma pesquisa relevante sobre como as crianças vão no decorrer de sua trajetória e experiências de vida construindo os conceitos acerca da natureza, no caso, de elementos astronômicos, o que nos mostra que a criança não é uma tábula rasa, mas tem ideias sobre tudo que a cerca, bem como os Astros que são visíveis a olho nu.

Compreender que a criança possui ideias prévias sobre os astros possibilita a produção e a organização de materiais pedagógicos que as estimule a refletir, criar hipóteses e se colocar em conflito entre o que sabe e o novo apresentado, assim como aponta o estudo de Kitzberger, Bartelmebs e Rosa (2019), ao resgatarem as diferentes concepções de crianças acerca do fenômeno das fases da Lua.

Ainda, como destacado nos estudos de Bartelmebs e Silva (2013) e Bartelmebs e Figueira (2021), quanto às ideias das crianças, são preponderantes no processo de aprendizagem de conceitos de Astronomia. Portanto, conhecê-las pode possibilitar ao professor construir diferentes caminhos para a aprendizagem. Para isso, diferentes estratégias podem ser empregadas, desde a solicitação de desenhos até questionários ou entrevistas individualizadas.

No processo complexo entre a desconstrução e a reconstrução de um conhecimento, o sujeito passa pelo desafio de desprender-se de uma concepção preestabelecida e se adaptar a novas ideias. Nesse momento, o sujeito estabelece uma conexão mais profunda com o conhecimento, tornando este mais significativo.

Bartelmebs e Moraes (2012) descrevem esse conflito como uma das potencialidades do ensino da Astronomia nos anos iniciais:

Uma das muitas potencialidades permitidas pelo ensino de Astronomia nos anos iniciais é o exercício da dúvida, da pesquisa e da sistematização do conhecimento. Além disso, é possível superar as dificuldades práticas que existem dentro do exercício dessa ciência (como a distância dos objetos a serem estudados, a dificuldade nas observações etc.), para promover o conhecimento. Outra grande potencialidade é possibilitar que se instigue a curiosidade infantil, a vontade de aprender. É ensinar a fazer ciência com prazer, o prazer de conhecer o mundo em que se vive. (Bartelmebs; Moraes, 2012, p. 350-351).

Confrontar os saberes internos da criança é uma ação que vai ao encontro da teoria da equilíbrio de Piaget, na qual se dá o nascimento da inteligência.

[...] a inteligência é uma organização, o desenvolvimento dela não se dá por acúmulos de informações, mas sobretudo por uma reorganização desta troca de inteligências, ou seja, crescer é uma forma de reorganizar a própria inteligência de forma a ter maiores possibilidades de assimilação. (Pádua, 2009, p. 26).

Entender o processo do desenvolvimento da inteligência nos dá aporte para compreender e estabelecer métodos e recursos para o desenvolvimento da aprendizagem da Astronomia nos anos iniciais. Uma vez que a criança tem ideias a respeito do espaço, o professor necessita explorá-las para conduzir o aluno a construir o seu próprio conhecimento.

Portanto, é importante que o professor de Ciências dos anos iniciais propicie aulas com metodologias e ferramentas que permitam maior participação do aluno, colocando-o como protagonista de sua aprendizagem. Dessa forma, neste estudo, propomo-nos a compreender, a partir do olhar dos professores, o uso e a criação de jogos analógicos como recurso didático para o ensino da Astronomia.

O que são jogos?

A palavra jogo, na língua portuguesa, pode ter diferentes significados, dependendo da situação em que ela é empregada, podendo ser uma disputa, um conjunto, um desafio, um esporte, um brinquedo, entre outros significados, sejam eles abstratos ou concretos. Essa diferença na definição da palavra jogo também é vista em outras línguas, ou seja, o jogo é definido de acordo com a cultura em que está inserido, trazendo-nos uma diversidade de definições.

Para este trabalho, deu-se preferência às definições de Huizinga (2014) e Piaget (2017), sendo que o primeiro explica o jogo sob uma perspectiva filosófica e o segundo em uma perspectiva epistemológica.

Para Huizinga (2014), o jogo é,

[...] uma atividade livre, conscientemente tomada como “não séria” e exterior à vida habitual, mas ao mesmo tempo capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total. É uma atividade desligada de todo e qualquer interesse material, com a qual não se pode obter qualquer lucro, praticada dentro de limites espaciais e temporais próprios, segundo uma certa ordem e certas regras. Promove a formação de grupos sociais com tendência a rodearem-se de segredo e a sublinharem sua diferença em relação ao resto do mundo por meio de disfarces ou outros meios semelhantes. (Huizinga, 2014, p. 16).

É importante salientar que Huizinga compreende o jogo como um elemento da cultura e não cultural, ou seja, para o autor, o jogo antecede à cultura, sendo um dos elementos que a constitui. Em sua obra, o autor compreende o homem e os animais como seres lúdicos, capazes de se relacionar entre seus pares por meio de atividades “não sérias” que estão além das características cotidianas. Para ele, o jogo é um elemento da natureza que promove ao ser humano a diversão e tem fins em si mesmo.

O mais simples raciocínio nos indica que a natureza poderia igualmente ter oferecido a suas criaturas todas essas úteis funções de descarga de energia excessiva, de distensão após um esforço, de preparação para as exigências da vida, de compensação de desejos insatisfeitos etc., sob a forma de exercícios e reações puramente mecânicos. Mas não, ela nos deu a tensão, a alegria e o divertimento do jogo (Huizinga, 2014, p. 5).

Para Piaget, a natureza do jogo está na relação do sujeito com o objeto e se desenvolve durante as primeiras fases de desenvolvimento cognitivo e na sua organização da inteligência. Segundo o autor, o processo do nascimento da inteligência se dá pela formação de símbolos, o qual o sujeito se apropria e constrói significados por meio da representação da realidade, ou seja, quando o sujeito expressa uma funcionalidade a um objeto, ele começa a ter um sentido, uma significação e essa ação do sujeito com o objeto é o que Piaget considera como jogo, compreendendo-o como uma das etapas da formação da inteligência humana.

Se o ato da inteligência culmina num equilíbrio entre a assimilação e a acomodação, enquanto a imitação prolonga a última por si mesma, poder-se-á dizer, inversamente, que o jogo é

essencialmente assimilação, ou assimilação predominando sobre a acomodação. (Piaget, 2017, p. 99).

A assimilação é a incorporação de uma realidade externa qualquer a uma ou a outra parte do ciclo de organização (Piaget, 2016, p. 17). Ou seja, uma vez que o jogo é a assimilação, é também uma forma simbólica da realidade, na qual o sujeito passa a organizar suas estruturas lógicas quanto a seu conhecimento de mundo.

Para Piaget, há três estruturas de jogos: jogos de exercícios, simbólicos e de regras. Além dessas três categorias, às quais o autor estabelece uma linearidade conforme o desenvolvimento da criança, ele ainda descreve os jogos de construção que transitam entre as duas últimas.

Os jogos de exercícios, também conhecidos como jogos sensório-motores, são comuns antes da fase verbal da criança, tendo como principal característica a funcionalidade do objeto para ela.

Já nos jogos simbólicos, também conhecidos como jogos de imitação, a criança passa por um processo de representação de papéis, incorporando uma personagem e desempenhando suas funções, a fim de imitar ou representar de acordo com a sua leitura de mundo.

Os jogos de regras, como o próprio o nome revela, são constituídos por consignas que determinam o que o jogador pode ou não fazer. Essa tipologia prevê a socialização do sujeito, logo, quando a criança inicia esses jogos, ela se encontra em uma fase de desenvolvimento em que estabelece uma comunicação com o outro, seguindo as regras estabelecidas do jogo.

Já os jogos de construção são aqueles que a criança representa um objeto real, por meio da modelagem, como a criação de um carrinho de papel, um barco de argila e uma casa feita de blocos de construções. Esta tipologia é encontrada tanto no período em que a criança passa pelos jogos simbólicos como os de regras.

Tanto Piaget como Huizinga trazem o jogo como representação da realidade, compreendendo-o como um aporte para o desenvolvimento da cultura e da inteligência. Ambos os autores não distinguem o brinquedo ou a brincadeira do jogo, pois, para eles, a função do objeto dada pelo sujeito é uma função lúdica, além de compreenderem o ser humano como um ser em construção, o qual constrói a cultura e o saber por meio de processos lúdicos, dando sentido ao mundo em que vivem.

Logo, compreende-se na leitura de Piaget e Huizinga que o jogo é uma atividade natural dos seres humanos. Um nos mostra que a cultura é formada pela ludicidade, nascendo nas relações lúdicas que o sujeito possui com o outro e com o objeto; e o outro nos mostra que o jogo é uma das etapas do desenvolvimento cognitivo.

Jogos para o ensino da Astronomia nos anos iniciais

A importância da ludicidade se dá pelo prazer da vivência simbólica de uma situação ou um fenômeno real, potencializando, dessa forma, o processo de ensino e aprendizagem. Bretones (2014, p.3) ressalta que:

[...] o ensino de Ciências se torna muito mais eficiente e produtivo quando provocamos o aluno a construir o seu conhecimento através da observação e da pesquisa e um dos fatores facilitadores na aprendizagem na sala de aula é o lúdico.

Estudos como os de Siedler *et al.* (2022) evidenciam o potencial do jogo para a aprendizagem de Astronomia, quando inserido junto a uma sequência didática. Assim como o trabalho de Damasceno (2022), que evidencia o potencial dos jogos educativos para o processo de ensino e de aprendizagem, especialmente quando pensados a partir de seu potencial pedagógico e não apenas lúdico.

E, ainda, no trabalho de Miranda *et al.* (2016), os autores exploram as potencialidades dos jogos para ensinar Astronomia no contexto das Olimpíadas Brasileiras de Astronomia e Astronáutica. Os resultados encontrados apontam que o jogo propiciou novas ferramentas de aprendizagem e também se tornou objeto de divulgação científica entre os participantes.

A Astronomia, apesar de seu caráter instigante e curioso, é uma Ciência que requer habilidades específicas para seu entendimento, sendo necessária a compreensão do professor quanto ao desenvolvimento cognitivo da criança para que seus temas sejam introduzidos de acordo com a sua etapa de desenvolvimento escolar. Como já apontado por Leite e Housume (2007, p. 66):

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 devem ser incorporados à estrutura e à metodologia das propostas de ensino.

Assim, mais uma vez evidenciamos o potencial didático e pedagógico do uso de jogos no ensino e na aprendizagem de Astronomia, em consonância com o que a área da Educação em Astronomia já vem apontando como necessário.

De nossa parte, pautamo-nos epistemologicamente na teoria da epistemologia genética. É a partir desse arcabouço teórico que elencamos nossa teoria da aprendizagem, o construtivismo piagetiano. Com base nesse ponto de vista, entendemos que a criança passa por diversas etapas de desenvolvimento na aprendizagem e são elas que propiciam a construção do conhecimento sobre esses conceitos.

O primeiro estágio sensório-motor (do nascimento até os dois anos). O segundo divide-se em dois subestágios: o de preparação para as operações lógico-concretas (2 a 7 anos) e o de operações lógico-concretas (de 7 anos até

a adolescência). A partir da adolescência e até a idade adulta, configura-se o estágio da lógica formal, quando o pensamento lógico alcança seu nível de maior equilíbrio, ou seja, de operatividade, adquirindo a forma de uma lógica proposicional, que seria o auge do desenvolvimento. (Piaget, 1983, p. XII).

Para que haja uma aprendizagem efetiva, conforme a perspectiva piagetiana, é necessário passar por um processo construtivo do conhecimento, no qual, por meio de atividades motoras, intelectuais e afetivas, a criança consiga organizar suas atividades mentais e estruturar seu pensamento.

Um conceito científico, inicialmente incompreensível à criança em razão de suas terminologias técnicas e distantes do cotidiano, pode ser desenvolvido no jogo por meio da representação de suas funções, uma vez que os princípios físicos que permeiam a Astronomia podem ser integrados às mecânicas de um jogo, como simular as órbitas planetárias utilizando o tabuleiro, estabelecer movimentos das peças associadas aos movimentos dos astros, definir regras alinhadas aos fenômenos espaciais, como o passar de um cometa ou a força da gravidade, entre outras possibilidades que o professor, diante do conteúdo proposto, pode desenvolver por meio de um jogo criado por ele ou em conjunto aos seus estudantes.

Além da pesquisa com os professores, Oliveira (2021) apresenta junto a sua dissertação de mestrado profissional, um produto educacional que consiste em um Manual de Criação de Jogos para o Ensino da Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental, para incentivar e dar suporte aos docentes em suas criações. Junto a esse manual, a autora apresenta um jogo de tabuleiro educacional, produzido por ela, com a finalidade de compreender os processos do desenvolvimento de um jogo.

O jogo, intitulado Explorando o Espaço, tem como objetivo a busca por informações dos planetas que compõem o Sistema Solar, apresentando diversos conceitos astronômicos por meio dos elementos do jogo, como o tabuleiro que simula as órbitas e as distâncias planetárias, os nomes dos planetas, o tempo dos movimentos de cada planeta, o funcionamento de naves espaciais e as viabilidades de ações científicas quanto a viagens espaciais.

As potencialidades do jogo foram analisadas durante a aplicação de uma sequência didática que fora aplicada com estudantes do 4º ano do Ensino Fundamental, que apontou como resultado “que o jogo é um recurso eficaz para o desenvolvimento do assunto proposto, pois despertou o interesse do aluno e propiciou a socialização de conhecimentos” (Oliveira, 2022, p. 203).

Além disso, pesquisas como as de Bretones (2014), Siedler *et al.* (2022) e Miranda *et al.* (2016) corroboram com a importância do desenvolvimento de recursos lúdicos no desenvolvimento da aprendizagem de temas de Astronomia, especialmente pautadas em jogos.

Com isso, tem-se que o jogo pode ser um forte aliado no processo de ensino e aprendizagem da Astronomia nos anos iniciais, pois é uma ferramenta que proporciona a abstração e a representação do real, podendo ser utilizado de diferentes formas, com diferentes objetivos.

METODOLOGIA

Os resultados deste estudo estão embasados nas respostas dadas a um questionário de pesquisa a respeito do uso de jogos para ensinar Astronomia nos anos iniciais na Rede Municipal de Ensino de Curitiba (Tabela 1).

Informações pessoais e profissionais do participante.	
1	Nome
2	Nome da Escola que desenvolve ou desenvolveu o conhecimento sobre Astronomia.
3	Qual é a sua formação acadêmica? (nível de escolaridade e curso)
4	Em qual disciplina/oficina desenvolve ou já desenvolveu o conteúdo de Astronomia? Ciências nos anos iniciais do Ensino Regular Prática de Ciência e Tecnologia do Ensino Integral Farol do Saber Inovação
5	Em quais séries atua? <ul style="list-style-type: none"> • 1º ano do Ensino Fundamental • 2º ano do Ensino Fundamental • 3º ano do Ensino Fundamental • 4º ano do Ensino Fundamental • 5º ano do Ensino Fundamental • Outro: _____
6	Há quanto tempo atua como professor(a)?
Sobre o ensino de Astronomia	
7	Há quanto tempo você desenvolve ou desenvolveu o ensino de Astronomia nas séries iniciais?
8	Você utiliza ou já utilizou jogos para ensinar Astronomia? Sim, com frequência. Sim, em alguns momentos. Não utilizo jogos para ensinar Astronomia.
9	Relate um pouco sobre a sua experiência com o uso de jogos para ensinar Astronomia.

10	<p>Que tipo de jogos você utiliza ou utilizou em suas aulas de Astronomia?* <i>Marque todas que se aplicam.</i></p> <p>Jogos de Tabuleiro Jogos Digitais Jogos Esportivos/Jogos de rua/Jogos Corporais/Jogos de Cirandas Jogos de Cartas Jogos de RPG Jogos de Perguntas e Respostas Nunca usei jogos Outro: _____</p>
11	<p>Você acredita que o jogo pode contribuir para o ensino de Astronomia?</p> <p>Sim Não Talvez</p>
12	<p>Como você acredita que ele pode contribuir para o ensino de Astronomia nos anos iniciais?</p>
13	<p>Você já produziu jogos para ensinar Astronomia? Caso a resposta seja afirmativa, poderia fazer uma breve descrição do jogo?</p>
14	<p>Você acredita que é possível criar jogos de Astronomia com os alunos?</p>
15	<p>Você acredita que um manual de construção de jogos de Astronomia seria um bom recurso para auxiliar os professores a produzirem seus próprios jogos?</p>

Tabela 1. Questionário da Pesquisa. Fonte: dados da pesquisa.⁴

Contexto e perfil dos colaboradores da pesquisa

A pesquisa foi realizada na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, com professores de Ciências, Ciência e Tecnologia e do Farol do Saber Inovação dos anos iniciais do Ensino Fundamental da Rede Municipal de Ensino de Curitiba.

Os professores de Ciências no Ensino Regular desenvolvem seus conteúdos com base no plano curricular da Rede de Ensino Municipal, conforme a organização trimestral disposta no documento, enquanto os professores de Ciência e Tecnologia atuam no contraturno da Escola Regular, atuando com práticas pedagógicas por meio de oficinas temáticas relacionadas ao currículo. Já os professores que atuam no Farol do Saber Inovação desenvolvem um trabalho

⁴ Pesquisa apreciada pelo comitê de Ética da Universidade Tecnológica Federal do Paraná sob o parecer de número 3849704

pedagógico extracurricular e não formal, por meio de projetos e atividades que envolvem robótica, programação e modelagem.

O questionário foi respondido por 43 professores da Rede Municipal de Ensino de Curitiba de diferentes Unidades de Ensino.

A Rede Municipal tem 185 unidades e, dessas, 37 foram representadas na pesquisa, entre as 10 regionais existentes (Tabela 2).

Unidades Educacionais	Regional	Quantidade de participantes por regional		
Rio Negro	Bairro Novo	3		
Paulo Freire				
Paulo R. G. Esmanhotto				
Prof. Tereza Matsumoto	Boqueirão	2		
David Carneiro				
Romário Martins	Boa Vista	15		
Erasmus Pilotto				
Jaguariaiva				
Cerro Azul				
Theodoro de Bona				
Ulysses S. Guimarães				
Santa Águeda				
Pilarzinho				
José Wanderley Dias				
Doutel de Andrade				
Augusto C. Sandino				
América da Costa Sabóia			CIC	3
Monteiro Lobato				
Ditmar Brepohl				
Rita Anna Cássia	Cajuru	12		
Elza Lerner				
Michel Khury				

João Macedo Filho		
Maria Marli Piovesan		
Maria de Lourdes L. Pegoraro		
Madre Antonia		
Omar Sabbag		
Irati		
Dom Manuel da Silveira	Matriz	2
Vila Torres		
José Lamartine C. O. Lyra	Pinheirinho	3
Francisco Frischmann		
José de Anchieta	Portão	1
Foz do Iguaçu	Santa Felicidade	2
Raoul Wallenberg		
Santa Ana Mestra	Tatuquara	2
Newton Borges Reis		

Tabela 2. Relação de regionais e escolas representadas na pesquisa. Fonte: dados da pesquisa.

Quanto à formação acadêmica, está se dá majoritariamente pela formação em pedagogia, porém a amostragem apresenta um número interessante de professores que possuem formação em outras áreas específicas (Tabela 3).

Curso de graduação	Quantidade de participantes
Pedagogia	29
Matemática	1
Letras	3
Filosofia	1
Biologia	2
Educação Física	1
História	1
Artes Visuais	1

Não informaram o curso	5
------------------------	---

Tabela 3. Cursos de graduação dos professores participantes. Fonte: dados da pesquisa.

Outro dado importante descrito nessa pesquisa é que dos 43 participantes, 24 têm especialização em distintas áreas da Educação, como Psicopedagogia, Educação Especial, Ensino de Ciências, Ensino de Matemática, Alfabetização e Letramento, Ensino da Língua Portuguesa, Gestão Escolar, Tecnologias na Educação e Ensino Lúdico.

Entre as respostas obtidas, identificamos que houve um número equilibrado entre as respostas dos professores que atuam com Ciências no Ensino Regular e os professores que lecionam nas práticas de Ciência e Tecnologia na Educação Integral. Quanto ao número de professores do Farol do Saber Inovação, estes têm um número reduzido em virtude da proporção de Faróis do Saber Inovação existentes, uma vez que a sua implantação está em andamento (Tabela 4).

Disciplina/oficina na qual desenvolve ou já desenvolveu o ensino da Astronomia	Número de respostas
Ciências nos anos iniciais do Ensino Regular	23
Prática de Ciência e Tecnologia do Ensino Integral	26
Farol do Saber Inovação	8

Tabela 4. Disciplina/oficina nas quais os participantes atuam. Fonte: dados da pesquisa.

Com relação aos níveis escolares dos quais os professores participantes atuam ou já atuaram no ensino da Astronomia, todos atuam com turmas dos anos iniciais do Ensino Fundamental, porém os professores das práticas de Ciências e Tecnologia e do Farol do Saber Inovação possuem grupos mais diversificados, enquanto o professor de Ciências geralmente atende a turmas do mesmo ano escolar.

Quanto ao tempo de profissão, observa-se que a maioria dos profissionais tem mais de cinco anos de experiência na profissão (gráfico 1).

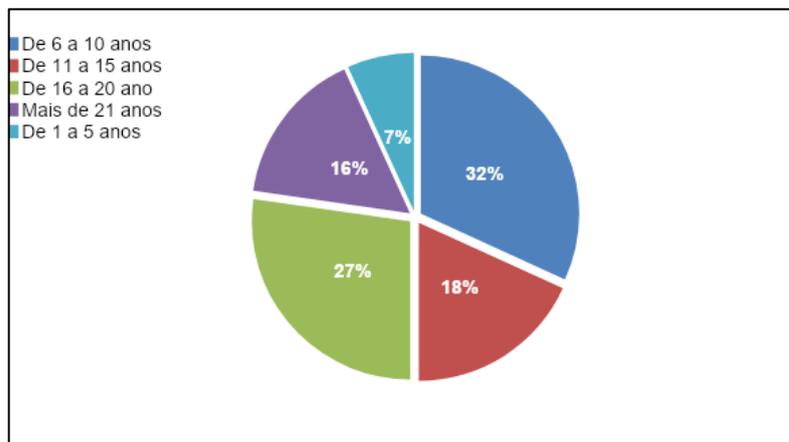


Gráfico 1. Tempo de experiência como professor. Fonte: dados da pesquisa.

As respostas abertas relacionadas aos objetos de pesquisa – o jogo e o ensino de Astronomia – foram analisadas com base na análise de conteúdo de Bardin (2011), a fim de “conhecer aquilo que está por trás das palavras sobre as quais se debruça”, uma vez que “a análise de conteúdo busca outras realidades através das mensagens” (Bardin, 2011, p. 43).

A metodologia da análise de conteúdo, segundo a autora (2011), tem como base uma ordem cronológica de três fases:

- Pré-análise: momento em que o pesquisador organiza e seleciona os materiais de análise, faz uma leitura flutuante, levanta hipóteses e organiza indicadores para interpretação do conteúdo.
- Exploração do material, também conhecido como “codificação”: essa fase é o momento de tratamento sistemático do material, transformando as informações em unidades temáticas.
- Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação: etapa na qual se faz uma leitura interpretativa dos dados, fazendo inferências de acordo com as categorias estabelecidas na codificação do material.

Com base nas três fases metodológicas de análise de conteúdo, as discussões dos resultados dessa pesquisa estruturam-se da seguinte forma:

- Pré-análise das respostas dadas a questões abertas de um questionário a respeito da visão e da experiência do professor participante sobre o uso e a criação de jogos para o ensino da Astronomia.
- Exploração do material, a fim de estabelecer unidades de registro e contextos temáticos na perspectiva da criação e do uso do jogo e no ensino da Astronomia.

– Tratamento dos resultados, inferência e interpretação dos dados estabelecidos em categorias, as quais foram definidas com base nas perguntas abertas do questionário e nas unidades definidas na fase da codificação.

As categorias definidas para análise estão expostas a seguir, na tabela 5, com suas definições.

Categorias	Definições
Experiência dos professores dos anos iniciais com o ensino da Astronomia.	Prevê o tempo de experiência que o professor dos anos iniciais possui com o ensino da Astronomia, como também a utilização de jogos para o desenvolvimento desta ciência.
Os jogos como contribuição no ensino-aprendizagem.	Apresenta como os professores dos anos iniciais visualizaram o jogo como recurso para o desenvolvimento da Astronomia.
O desenvolvimento de jogos como o processo ensino-aprendizagem da Astronomia nos anos iniciais.	Nesta categoria, observamos as falas dos professores dos anos iniciais, frente a sua visão e experiências ao criar seus próprios jogos para o desenvolvimento da Astronomia.
Ferramentas pedagógicas como suporte didático para o professor.	Expõe o pensamento do professor quanto à importância e à necessidade de ferramentas de apoio para que possam aplicar ou criar materiais de ordem lúdica.

Tabela 5. Categorias e suas definições. Fonte: dados da Pesquisa. Resultados e Discussões

Nesta etapa do artigo apresentaremos os resultados e a discussão dos dados coletados para a pesquisa, os quais estão organizados em categorias.

Categoria: Experiência dos Professores dos Anos Iniciais com o Ensino da Astronomia

Em um primeiro momento foi possível identificar que há um declínio quanto à permanência do professor nas áreas em que o ensino da Astronomia é ou pode ser abordado (gráfico 2).

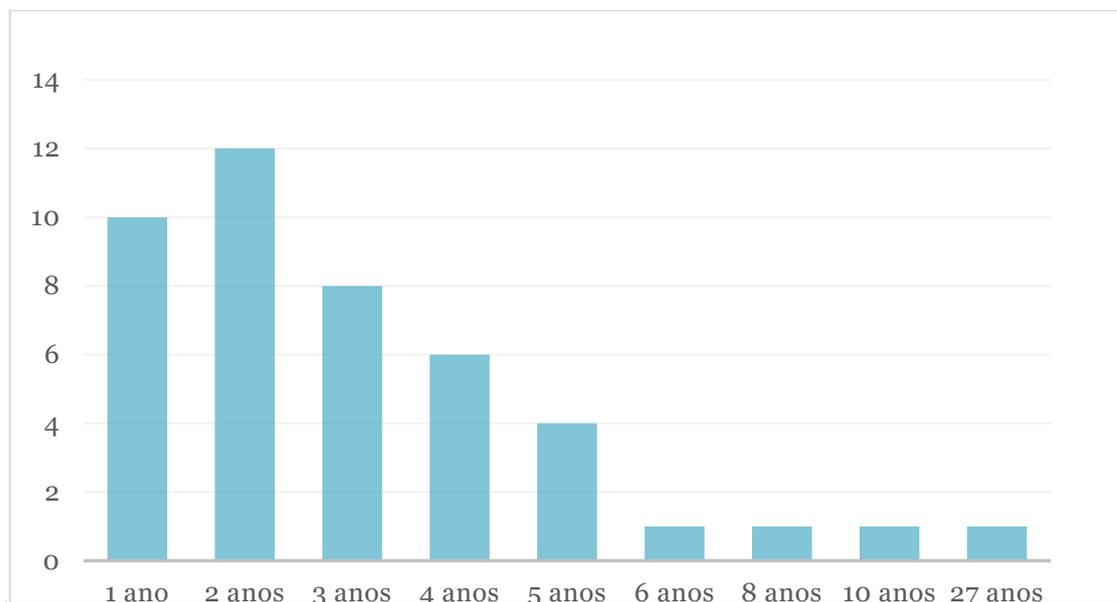


Gráfico 2. Tempo de experiência com o ensino da Astronomia nos anos iniciais. Fonte: dados da Pesquisa.

O declínio apresentado no gráfico acima pode estar associado ao sistema de remanejamento escolar e de funções na escola que ocorrem anualmente na Rede Municipal de Ensino de Curitiba.

Outro fator seria o tempo de experiência do professor na profissão, porém, em nossos dados, apenas 7% têm de 1 a 5 anos de experiência como professor, logo, ainda há um grande contingente de professores que mudam de função com o decorrer dos anos, mostrando-nos a importância no investimento constante na formação continuada destes professores, tanto para aqueles que desejam ou têm a oportunidade de continuar na função, como para os professores que iniciam na prática pela primeira vez, como enfatizado pelos estudos de Pimenta e Ghedin (2012).

Quanto à experiência do uso de jogos para o ensino da Astronomia, obtivemos um resultado de que 57% dos participantes utilizam jogos em alguns momentos em suas aulas, 25% utilizam com frequência e 18% não utilizam o recurso como forma de desenvolver o conhecimento em Astronomia com seus estudantes (gráfico 3).

Da mesma forma que evidenciado nos estudos de Damasceno (2022), o potencial didático dos jogos possivelmente é uma das principais características que levam boa parte de nossos participantes da pesquisa a utilizarem o jogo em suas aulas (Siedler, 2022).

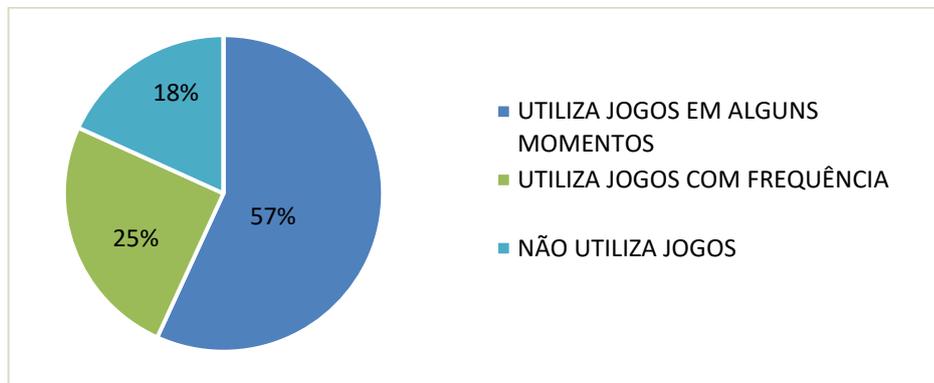


Gráfico 3. Utilização de jogos para o ensino da Astronomia. Fonte: dados da Pesquisa.

Quanto às respostas que expressavam a ideia de experiência com jogos, alguns participantes responderam não os utilizar, mas que demonstravam interesse no recurso. “Nunca utilizei, mas pretendo utilizar, pois o resultado do aprendizado é mais positivo (P.16)”. “Cheguei a planejar, mas não houve tempo” (P.12). “Infelizmente não os utilizei nas minhas aulas” (P.4).

Essa relação entre o professor e o uso de os jogos é muito particular de cada profissional, onde a necessidade de buscar práticas lúdicas surge, segundo Fortuna (2018), com as inquietações dos professores às práticas tradicionais.

Quanto aos participantes que fizeram um breve relato de suas experiências, encontramos o jogo como uma ferramenta aliada do professor em suas práticas pedagógicas, tais como aplicativos que simulam o céu e a Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA). “Durante as oficinas de Astronomia, utilizamos diversos recursos, como jogos digitais, jogos de cartas, aplicativos em realidade aumentada, programação desplugada, foram diversas experiências que contribuíram de uma forma criativa, significativa e divertida para ampliação do conhecimento sobre Astronomia” (P.9). “Utilizei jogos de montagem para observação das constelações, baseado no aplicativo Stellarium” (P.24). “Uso jogos quando faço as estações rotativas e quando estamos estudando para a OBA” (P.40).

Miranda *et al.* (2016, p. 10) apresentam em sua pesquisa um fator importante de como os jogos influenciaram o interesse dos professores na participação da OBA, pois, segundo eles, os próprios professores foram impactados positivamente com o uso de “outras ferramentas no processo de ensino-aprendizagem, identificando fatores positivos no mesmo, como aumento do interesse e da motivação dos alunos nas aulas e o aumento do desempenho acadêmico”.

Observa-se nos relatos dos professores participantes grande interesse em tornar suas aulas lúdicas, trazendo o jogo como um recurso eficaz para desenvolver os conteúdos propostos. Assim como proposto por Bretones, alguém que também usou jogo para falar do

desenvolvimento lúdico da Astronomia, nos traz que “os jogos educativos são elaborados para divertir os alunos e potencializar a aprendizagem de conceitos, conteúdos e habilidades embutidas no jogo, podendo propiciar ao aluno um ambiente aprendizagem rico e complexo” (Bretones, 2014, p. 29).

Porém, também nos mostra a necessidade de analisar os desafios que muitos professores possuem para trabalhar com a ludicidade, a fim de compreendê-los e buscar maneiras de dar suporte a todos os professores.

Outros dados trazidos pelos professores são os tipos de jogos que utilizam. Nota-se que há uma diversidade de jogos, como quebra-cabeça, jogo da memória, tabuleiro, *quis*, jogos digitais e de cartas. Essas informações complementam outra questão levantada no questionário quanto aos tipos de jogos utilizados para o ensino da Astronomia (gráfico 4).

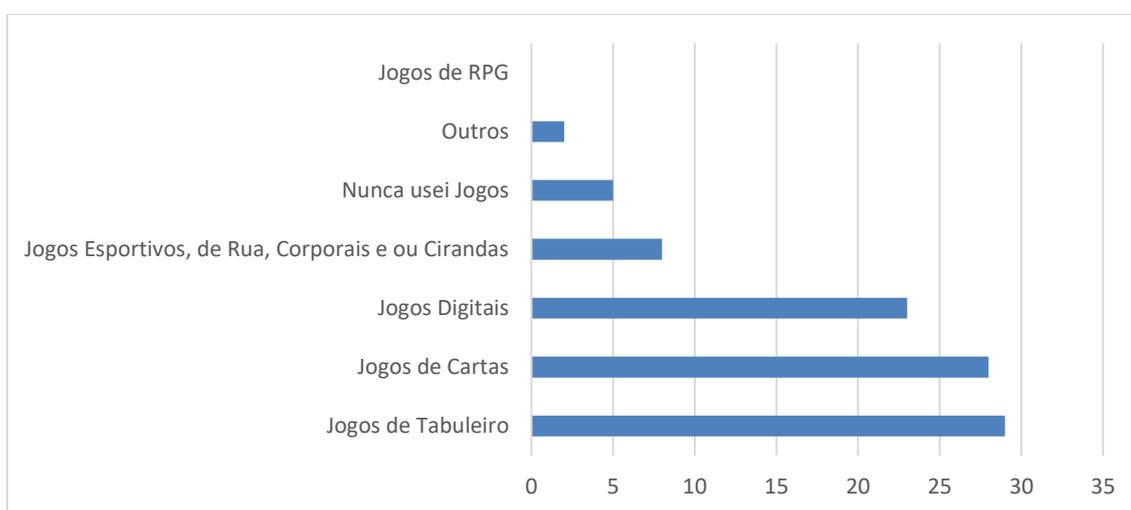


Gráfico 4. Tipos de jogos usados pelos professores. Fonte: (dados da pesquisa).

Os dados evidenciam que os professores utilizam uma boa diversidade de tipos de jogos, sobretudo jogos digitais, de cartas e de tabuleiro.

Fora colocado como opção o “Role-Playing Game – RPG”, a fim de identificar a familiaridade dos professores com os jogos de representação de papéis, porém se nota que este não é um tipo de jogo que os professores dos anos iniciais costumam aplicar em suas aulas, o que nos permite a abertura a uma investigação futura a respeito, para identificar os desafios encontrados pelos professores para aplicar este tipo de jogo.

Apesar de os professores trabalharem com uma diversidade de tipologias de jogos, é importante salientar a necessidade de ampliar o repertório quanto às suas mecânicas (regras), para que possam criar diferentes tipos de jogos, com diferentes objetivos de aprendizagem.

Categoria: Os Jogos como Contribuição no Ensino e na Aprendizagem

A categoria em questão foi embasada nas falas dos professores quanto às contribuições dos jogos para o ensino da Astronomia nos anos iniciais, as quais foram subcategorizadas em: o jogo como forma de se apropriar do conhecimento; o jogo como facilitador da aprendizagem; o jogo como ferramenta para despertar o interesse do aluno e o jogo como um recurso pedagógico de ensino.

As respostas que trazem o jogo como forma de se apropriar do conhecimento demonstram que o professor vê no jogo uma ferramenta de representação de um objeto de estudo, uma forma de o aluno compreender um conceito por meio de informações contidas no jogo e pelas ações realizadas pelos estudantes em cada jogada.

Os jogos estimulam a prática. É brincando entre os alunos que eles esclarecem dúvidas e compreendem melhor sobre que não é tão palpável, mais que nos cerca. É incrível como os jogos ampliam a visão deles a respeito do universo (P. 13).

Tivemos também algumas respostas que indicaram o jogo como um instrumento facilitador da aprendizagem. Nesse caso, ele é visto como um complemento de outras ações pedagógicas. “Facilitando a compreensão de temas mais complexos e reforçando o ensino dos conteúdos de forma geral” (P.8).

Na subcategoria o jogo como ferramenta para despertar o interesse do aluno, encontramos indicadores que colocam o jogo como um meio de aguçar a curiosidade do aluno, levando-o a ter interesse na aula e também em outros assuntos sobre Astronomia. “Sim, embora seja recente minha experiência com o trabalho com Astronomia, pude perceber que o uso de jogos digitais desperta a curiosidade nos estudantes” (P.10).

Outras respostas demonstraram que o professor vê no jogo um recurso pedagógico de ensino, um meio que propicia aulas mais dinâmicas, divertidas e prazerosas. “Através do lúdico, o ensino se torna mais prazeroso” (P.30).

“Um jogo é uma forma particular de olhar alguma coisa, qualquer coisa” (Abt, 1970, p. 5). Assim como a mídia, o jogo pode representar a realidade, abstraindo a complexidade de um conteúdo de maneira prazerosa, porém, diferente das mídias, ele permite que o jogador não seja um mero espectador, mas que realize ações diante das opções apresentadas. Essa peculiaridade do jogo permite que qualquer assunto seja desenvolvido por meio dele, podendo se tornar uma ferramenta para desenvolver a aprendizagem, facilitar a compreensão de um conteúdo, despertar o interesse dos alunos e dinamizar as aulas.

Além disso, o jogo, como nos mostra Piaget (2016), constitui-se como elemento do desenvolvimento cognitivo do sujeito. Os jogos de regra, os quais delineamos neste artigo, são jogos em que o sujeito entra em conflito com o objeto de aprendizagem, precisando tomar decisões e formular estratégias para atingir o objetivo de vencê-lo. Ou seja, é neste momento que a criança estabelece uma conexão entre o conhecimento prévio e o novo apresentado,

tendo a necessidade de refletir sobre as suas ações diante das regras do jogo, como também nas ações dos demais jogadores.

Categoria: O Desenvolvimento de Jogos como o Processo Ensino-Aprendizagem da Astronomia nos Anos Iniciais

Esta categoria teve como base a Unidade Temática: Criação de Jogos para o Ensino da Astronomia, levantando relatos de produções que os professores realizaram em suas práticas. Um primeiro fator que identificamos foi a replicação de jogos existente: “Só imprimi jogos já prontos da internet, dominó e memória em PDF no site da OBA” (P.34). “Não. Só usei os jogos já existentes na mídia” (P.39). “Não produzi (criei), apenas repliquei” (P.5).

Das respostas que apresentaram os jogos criados por eles, obtivemos várias que relataram os tipos de jogos que costumam criar. “Sim, jogo de cartas com perguntas e respostas e de percurso com desafios e informações” (P.14). “Sim. Jogo da memória, dominó, *quiz*, cones de constelações...” (P.20). “Sim. Jogos de trilha, jogos da memória, supertrunfo, bingo e de tabuleiro (usando técnicas do xadrez)” (P.26).

Como podemos observar, são geralmente relatados jogos embasados em alguns já existentes, como perfil, supertrunfo, bingo, xadrez, memória, dominó, *quiz*, trilha, entre outros mais tradicionais.

Vimos que é uma prática comum entre os professores utilizar jogos existentes para aplicar o conteúdo de suas aulas, característica versátil do jogo que utiliza uma mesma mecânica em diferentes temáticas.

Outras respostas acerca da criação de jogos nos trouxeram informações da participação dos alunos na criação. O destaque a essas respostas se dá por mostrar que os jogos não precisam necessariamente ser criados pelo professor, mas também em parceria com os estudantes, ação que vai ao encontro do que Piaget descreve sobre os jogos de construção, uma vez que a criança, no seu processo de representação, modela um objeto e estabelece uma função a ele, logo, o ato de criar um jogo constitui um jogo de construção, uma vez que ao modelar os componentes dele e preparar a temática, o jogador está representando um conhecimento de algo real.

“Sim. Jogos de tabuleiro. Ensinamos a base (o que é preciso ter em um jogo de tabuleiro) e depois cada aluno fez o seu (o tema era sobre o universo). Depois, foi feita uma curadoria entre eles (cada turma) e os 4 escolhidos foram feitos grandes (no tamanho de uma cartolina, confeccionaram as peças e dados) para que as outras crianças da mesma turma pudessem utilizar e brincar” (P.13).

“Construção do jogo trunfo dos planetas. Os estudantes se envolveram e faziam rodas no chão e nos cantos da sala de aula para jogar e com isso aprenderam as características de cada planeta. Foi muito legal!” (P.31).

“Sim. Passeando pelo Sistema Solar, cada grupo de alunos criou um tabuleiro com um caminho a seguir. Jogo de dados, onde algumas casas haviam tarefas ou perguntas a responder sobre determinado planeta. Bingo da Astronomia: cartelas de bingo com imagens ou palavras entre outros...” (P.43).

Já nas respostas a seguir, podemos perceber que os professores se preocuparam em descrever a forma como criaram e aplicaram o jogo, o que reflete a necessidade de apoiar o professor não somente com materiais e como fazer, mas também como conduzir a aplicação do jogo em sala de aula, sem perder o foco da aprendizagem.

“Jogo torta na cara com perguntas e respostas. Construí em cartas vários conhecimentos acerca da Astronomia. Os estudantes foram divididos em 2 equipes, foi dado um tempo para discutirem e estudarem as cartas. Depois aconteceu a brincadeira torta na cara, na medida que respondiam errado a equipe adversária dava tortada” (P.21).

“Sim, normalmente fazemos uma pesquisa do que será colocado no jogo, a forma como será produzido e jogado. Fazemos as anotações, correções e adequações do que será utilizado, impressão e ou desenho para serem utilizados nas cartas e ou tabuleiro” (P.35).

Quanto à possibilidade de criar jogos com os estudantes, muitos professores trouxeram respostas afirmativas frente à possibilidade de serem criados, com a ressalva de que necessitam de auxílio tanto de recursos, como de formação. “Acredito, só não sei o caminho pra isso” (P.4). “Possível, porém complexo” (P.5). “Acredito, desde que tenha uma formação adequada para desempenhar tal função” (P.24). “Sim, mas confesso dificuldade” (P.36).

Com isso, esta categoria nos mostra o interesse dos professores participantes em promover a ludicidade, não apenas jogando jogos existentes, como também criando jogos que atendam às necessidades de seu público-alvo e conteúdos preestabelecidos, o que nos promove uma reflexão frente às formações continuadas, bem como os materiais de suporte didático que são ofertados a estes profissionais.

Segundo Fortuna (2018, p.23),

Como o saber lúdico é essencialmente vivencial e a formação universitária é essencialmente teórica, infelizmente ele está praticamente ausente na formação obtida no ensino superior, só aparecendo naquelas modalidades que prestigiam a interação e a vivência, como é o caso de muitas atividades de formação continuada. Compreende-se, portanto, por que é tão difícil e até mesmo impróprio objetivá-lo.

Como ressalta Fortuna, é necessário apresentar aos professores uma formação lúdica, onde possam conhecer diferentes tipos de jogos, bem como o funcionamento deles para que possam expandir suas práticas pedagógicas lúdicas.

Categoria: Ferramentas Pedagógicas como Suporte Didático para o Professor

Outro ponto destacado pelos participantes foi em relação às ferramentas pedagógicas como suporte didático para o professor criar seus próprios materiais lúdicos de aprendizagem.

“Eu quando trabalhei o conteúdo não encontrei material para me auxiliar” (P.36). “Não temos muito material nessa área” (P.26). “É sempre bom ter um material para pesquisa, orientação, ideias e maneiras de como fazer” (P.17).

Esta categoria nos permite refletir quanto à importância da orientação constante dos professores frente às suas práticas de ensino, sendo necessário propiciar-lhes recursos e cursos de formação científica para que possam compreender o papel do lúdico, como também desenvolvê-lo em sala de aula, a fim de proporcionar aulas em que o estudante tenha maior protagonismo na construção do conhecimento.

O texto de Vitiello (2022, p. 51-53) destaca as peculiaridades dos jogos educativos, enfatizando a importância de estudá-las para compreender como um jogo pode proporcionar a aprendizagem de modo eficaz. Logo, para isso, é necessário um letramento lúdico dos professores, a fim de que compreendam como o jogo educativo pode ser criado e desenvolvido em sala de aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O questionário aplicado possibilitou uma leitura da utilização do jogo como ferramenta prática pedagógica, permitindo observar que o professor entende o jogo como uma ferramenta eficaz na aprendizagem, uma vez que dinamiza as aulas, fomenta o interesse do aluno e facilita a aprendizagem.

Os jogos, além de serem recursos atraentes e facilitadores, potencializam o desenvolvimento da aprendizagem, uma vez que propiciam o desafio e colocam o jogador/estudante em uma posição protagonista, processo que Piaget retrata nos seus quatro tipos de jogos: exercício, simbólico, de regras e de construção, nos quais em todos eles o sujeito experiencia um objeto e estabelece um significado, passando pelo processo de construção de sua inteligência.

Apesar de o professor ter uma visão favorável ao uso e à criação de jogos para o desenvolvimento da Astronomia nos anos iniciais, foram constatadas algumas dificuldades quanto à utilização dessa ferramenta em sala de aula, logo, é importante salientar a relevância de produtos acadêmicos, que deem suporte ao professor, na criação de seus próprios jogos ou em jogos didático-pedagógicos que têm como objetivo o desenvolvimento do conhecimento científico.

Além de materiais de apoio ao professor, é necessário que haja cursos de formação continuada, tanto a respeito do ensino da Astronomia, como na criação e aplicação de jogos para o seu

ensino, ampliando os conhecimentos dos professores e dando-lhes segurança para enriquecer sua prática.

A produção de material pedagógico, a fim de transpor um conteúdo complexo como Astronomia, pode impulsionar a busca do professor por maiores conhecimentos, uma vez que sua produção exige do criador uma base de conhecimentos científicos sobre o assunto, como também metodológicos e epistemológicos para compreender o aluno na sua totalidade e complexidade.

Estes elementos pontuados nos mostram o que Piaget (2016) e Huizinga (2014) reverberam sobre o jogo no desenvolvimento humano. Para o primeiro, o jogo está intrínseco no desenvolvimento da inteligência, enquanto para o segundo, o jogo é inerente à construção da cultura, logo, para ambos, o jogo vai além da materialidade e está na relação sujeito/objeto, em que o sujeito constrói por meio das suas ações diante do objeto, significando-o e compreendendo durante os desafios que lhes são designados.

Por fim, conclui-se com esta pesquisa que a criação e o uso de jogos na perspectiva dos professores iniciais podem potencializar o ensino da Astronomia, sendo necessário, por parte das instituições educacionais, um olhar mais atento ao professor, propondo formações continuadas, que desenvolvam o Ensino da Astronomia a partir de vários recursos lúdicos, sobretudo o jogo.

REFERÊNCIAS

- Abt, Clark C. (1970). *Serious Games*. Viking Press.
- Bartelmebs, R., & Moraes, R. (2013). Astronomia nos anos iniciais: possibilidades e reflexões. *Revista Espaço Pedagógico*, 19(2), 341-352.
- Bartelmebs, R. C., & Silva, J. A. (2013). Representações de crianças do Ensino Fundamental acerca do conceito de céu a partir do Método Clínico-Crítico. *Revista Psicopedagogia*, 5(2), 4-23. <https://doi.org/10.36311/1984-1655.2013.v5n2.p4-23>
- Bartelmebs, R. C., & Figueira, M. M. T. (2021). Ensino de Astronomia nos anos iniciais: As ideias dos alunos à luz do método clínico piagetiano. *Vidya: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 41(2), 271-293 <https://doi.org/10.37781/vidya.v41i2.3853>
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Almedina.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC.
- Bretones, P. (2014). *Os jogos didáticos para o ensino de Astronomia*. São Paulo: Átomo.

- Damasceno, H. (2022). *Jogo em Astronomia: Educação não formal, virtual e lúdica. (Trabalho de Conclusão de Curso)*. Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Departamento de Astronomia. São Paulo.
- Fortuna, T.R. & D'Ávila, C. (2018). *Ludicidade, Cultura Lúdica e Formação de Professores*. Curitiba: CRV.
- Huizinga, J. (2014). *Homo Ludens. Perspectiva*.
- Kitzberger, D. de O., Bartelmebs, R. C., & Rosa, V. (2020). As diferentes concepções sobre as fases da Lua de alunos dos oitavos anos do Ensino Fundamental de uma escola pública. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (28), 67-93. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2019.28.067>
- Leite, C., & Hosoume, Y. (2007). Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA)*, (4), 47-68. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2007.04.047>
- Miranda, J. C., Gonzaga, G. R., Costa, R. C., Freitas, C. C. C., & Côrtes, K. C. (2016). Jogos didáticos para o ensino de Astronomia no Ensino Fundamental. *Scientia Plena*, 12(2), 1-11. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.020701>
- Pádua, G. L. D. (2009). A epistemologia genética de Jean Piaget. *Revista FACEVV, Vila Velha*, (2), 22-35.
- Piaget, J. (1983). *Os pensadores: a epistemologia Genética. Sabedoria e Ilusões da Filosofia; Problemas de Psicologia Genética*. São Paulo: Abril Cultural.
- Piaget, J. (2016). *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: LTC.
- Piaget, J. (2017). *A representação do mundo na criança*. São Paulo: Letras e Ideias.
- Pimenta, S. G.; GHEDIN, E. *Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito*. São Paulo: Cortez, 2012.
- Oliveira, V. S. S. (2021). *A criação e uso de jogos como estratégia didática para desenvolver o ensino de astronomia nas séries iniciais do ensino fundamental (Dissertação de Mestrado Profissional)*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26167>
- Oliveira, V. S. S. (2021). *Criando Jogos para o Ensino da Astronomia (Produto Educacional de mestrado profissional)*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26167>
- Oliveira, V. S. da S., Garratini, S., Lorenzetti, L., & Florczak, M. A. (2021). Uma proposta didática por meio do jogo cooperativo “Explorando o Espaço” nos anos iniciais do

ensino fundamental. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 12(4), 203-216 <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2021.v12i4.1606>

Salen, K., & Zimmerman, E. (2012). *Regras do Jogo: fundamentos do design de jogos: principais conceitos* (Vol. 1). São Paulo: Blucher.

Siedler, M. d. S., Souza, M. C., Cardoso, R. C., Júnior, F. J., & Siedler, M. d. S. (2022). Uma Volta pelo Sistema Solar: Aprendendo Astronomia através de um Serious Game. In *Anais Estendidos do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. https://doi.org/10.5753/sbgames_estendido.2022.225644

Vitiello, P. (2022). Adesão e Resistência na Experiência do Jogo Educativo. In Piccolo, P. & Carvalho, A. V. (Orgs). *Jogos de Tabuleiro na Educação*. (p 50-53). Devir.



UM JOGO DIGITAL QUE APRESENTA A ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Crediana Chris de Siqueira¹

Adhimar Flávio Oliveira²

Newton Figueiredo³

Milady Renata Apolinário da Silva⁴

Marcos Antonio Fonseca Faria⁵

RESUMO: A pandemia da covid-19 provocou mudanças no comportamento das pessoas em ambientes compartilhados que afetaram também o ambiente escolar. Muitos professores tiveram que modificar suas aulas para se adaptar ao ensino remoto e superar as dificuldades impostas pelo distanciamento social. O uso de tecnologias digitais de informação e comunicação e de metodologias ativas tornou-se uma das melhores formas de superar alguns dos desafios impostos ao ensino nesse período. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo digital “A tabela periódica segundo a cosmoquímica”, bem como a aplicação e avaliação da versão inicial com estudantes do ensino médio. O principal objetivo do jogo é apresentar a origem dos elementos químicos dentro do contexto da astronomia. O jogo pode facilitar a compreensão da tabela periódica, sua importância no cotidiano e como ocorreu a evolução do Universo primordial, a depender dos objetivos de aprendizagem, do contexto da sala de aula e da disciplina na qual ele for utilizado. Alguns elementos do jogo que o caracterizam como jogo educativo foram avaliados em uma turma piloto e os resultados foram positivos. Observou-se uma boa interação e aceitação dos estudantes pelo jogo e uma melhora nas respostas após o contato com o jogo.

PALAVRAS-CHAVE: Nucleossíntese; Ensino de química; Jogos educativos; Tabela periódica.

¹Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: credianacsiqueira@gmail.com

²Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: adhimarflavio@unifei.edu.br

³Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: newton@unifei.edu.br

⁴Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: milady@unifei.edu.br

⁵Laboratório Nacional de Astrofísica, Itajubá, Brasil. E-mail: marcosfonsecafaria@gmail.com

UN JUEGO DIGITAL QUE PRESENTA EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

RESUMO: La pandemia del covid-19 provocó cambios en el comportamiento de las personas en los ambientes compartidos, que también afectaron el ambiente escolar. Muchos profesores han tenido que modificar sus clases para adaptarse a la enseñanza a distancia y superar las dificultades que impone el distanciamiento social. El uso de las tecnologías digitales de la información y la comunicación y de las metodologías activas se ha convertido en una de las mejores vías para superar algunos de los retos que impone la docencia en este periodo. Este trabajo presenta el desarrollo del juego digital “La tabla periódica según la cosmoquímica”, así como la aplicación y evaluación de la versión inicial con estudiantes de secundaria. El objetivo principal del juego es presentar el origen de los elementos químicos en el contexto de la astronomía. El juego puede facilitar la comprensión de la tabla periódica, su importancia en la vida cotidiana y cómo ocurrió la evolución del Universo primordial, dependiendo de los objetivos de aprendizaje, el contexto del aula y la disciplina en la que se integró. En una clase piloto se evaluaron algunos elementos del juego que lo caracterizan como un juego educativo, los resultados fueron positivos. Hubo una buena interacción y aceptación de los alumnos por el juego y una mejora en las respuestas tras el contacto con el juego.

PALAVRAS-CHAVE: Nucleosíntesis; Enseñanza de la química; Juegos educativos; Tabla Periódica.

A DIGITAL GAME THAT PRESENTS THE ORIGIN OF CHEMICAL ELEMENTS

RESUMO: Abstract: The covid-19 pandemic caused changes in people's behavior in shared environments, which also affected the school environment. Many teachers had to modify their classes to adapt them to remote teaching and overcome the difficulties imposed by social distancing. The use of digital information and communication technologies and active methodologies has become one of the best ways to overcome some of the challenges imposed by teaching in this period. This work presents the development of the digital game “The periodic table according to cosmochemistry”, as well as the application and evaluation of the initial version with high school students. The main objective of the game is to present the origin of chemical elements within the context of astronomy. The game can facilitate the understanding of the periodic table, its importance in everyday life and how the evolution of the primordial Universe occurred, depending on the learning objectives, the context of the classroom and the discipline in which it was used. Some game elements that characterize it as an educational game were evaluated in a pilot class, and the results were positive. There was a good interaction and acceptance of the game by the students, and we noticed an improvement in the responses after playing the game.

PALAVRAS-CHAVE: Nucleosynthesis; Chemistry teaching; Educational games; Periodic table.

1. INTRODUÇÃO

A busca por novas metodologias de ensino para aumentar o interesse dos estudantes sempre foi um desafio enfrentado pelos professores. Assim, sempre existiu a necessidade de desenvolver estratégias e metodologias de ensino mais adequadas à realidade dos estudantes. Com a pandemia da covid-19, estas dificuldades se somaram aos cuidados para evitar a propagação da doença, limitando as ações em ambientes coletivos, inclusive o escolar. As dificuldades em manter o ensino nesse período revelaram os desafios que boa parte da população brasileira enfrenta para garantir o acesso à educação e as formas encontradas para superar alguns destes desafios estão relacionadas à mediação pedagógica realizada pelo uso de tecnologias digitais (Richter e Cerutti, 2022).

Como apontam Santana e Sales (2020), as novas práticas pedagógicas adotadas de forma urgente durante a pandemia revelaram os desafios e tensões que o contexto escolar já enfrentava. As autoras consideram a pandemia o fator amplificador e revelador das dificuldades no contexto escolar:

Na área da educação, com o clamor pela apresentação de soluções imediatas para o desenvolvimento das ações educacionais formais em tempos de pandemia, [...] precisavam acelerar para o século XXI no que diz respeito à infraestrutura física e tecnológica, mas, em sua grande maioria, permanecem nos séculos passados na dimensão pedagógica centrada na transmissão de conteúdos (Santana e Sales, 2020, p. 77).

Apesar da pandemia ter acelerado, em partes, a utilização de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), causando alterações nas práticas pedagógicas das instituições de ensino, estes processos já eram previstos. Concordando com os apontamentos de Santana e Sales (2020) de que, não basta inserir as tecnologias no ensino e permanecer com as mesmas práticas, assim como defender a sua integração como solução de todos os problemas educacionais não é correto. Para Pereira (2013, p. 9): “Numa sociedade digital em rápida mudança, é urgente que se alterem métodos, se criem momentos pedagógicos dinâmicos, motivadores e ajustados à realidade educativa”.

Considerando o aumento do uso de TDIC no ensino, o uso de recursos didáticos como os jogos digitais e as mudanças impulsionadas nos últimos tempos pela pandemia, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação do jogo digital didático “A tabela periódica segundo a cosmoquímica” (TPSC).

Este jogo permite ao usuário conhecer de forma lúdica como alguns elementos químicos são formados no interior das estrelas, além de apresentar a posição desses elementos na tabela periódica, bem como algumas de suas propriedades, proporcionando assim a possibilidade de um aprendizado mais significativo sobre a tabela periódica.

Para que o jogo possa ser usado de forma eficaz na educação básica, foi necessário

apresentar de forma simplificada os fenômenos relacionados à nucleossíntese estelar. Nesse sentido, o jogo inclui somente alguns elementos químicos e apenas alguns processos físicos, de modo a priorizar os aspectos educacionais que nortearam seu desenvolvimento.

Segundo Benedetti-Filho et al. (2019), o uso de jogos que abordam conteúdos aprendidos em aula contribui para o aumento do interesse pelo tema. Portanto, apresentar aos estudantes a origem de alguns elementos químicos, possibilitando-lhes compreender como eles são sintetizados, pode ser uma forma de complementar o conteúdo visto em aula.

Diante do exposto, vale frisar o objetivo do jogo TPSC, que é apresentar a origem dos elementos químicos da tabela periódica. Para tanto, o jogo apresenta textos com informações, imagens dos símbolos dos elementos, suas propriedades e aplicações no cotidiano, além de contar com a mecânica e dinâmica do jogo para reforçar a importância das reações nucleares para a formação de um novo elemento químico.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo digital didático TPSC, sua aplicação e avaliação com estudantes do ensino médio. A fundamentação teórica sobre nucleossíntese estelar utilizada no desenvolvimento do jogo foram os trabalhos de Esteban et al. (2004) e Oliveira e Saraiva (2014).

2. JOGOS NO ENSINO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), segundo Richter e Cerutti (2022), ressalta a importância do viés tecnológico com incorporação do digital em todos os segmentos. O documento apresenta competências gerais e específicas, da educação infantil ao ensino médio, pensadas para uma sociedade que não se encontra mais em um período analógico.

O desenvolvimento das TDIC e o crescente acesso a elas possibilitaram mudanças na forma como a sociedade se desenvolve e se adapta às novas condições, o que impulsiona a necessidade de mudanças na educação. “Os jovens estão dinamicamente inseridos na cultura digital, não somente como consumidores, mas [...] como protagonistas” (Brasil, 2017, p. 474).

A utilização de jogos como recurso didático tem um grande potencial motivador, ao apresentar os conceitos de forma lúdica. Nas palavras de Ramos (2008), os jogos fazem parte da cultura juvenil e podem ser utilizados como recursos de aprendizagem. Para Savi e Ulbricht (2008), os jogos podem proporcionar práticas educacionais mais atrativas e inovadoras. Tanto na educação formal quanto na informal, os jogos didáticos podem proporcionar ao usuário momentos de interação e diversão, atraindo a atenção do jogador em diversos momentos. Ao mesmo tempo, jogadores/estudantes estariam simultaneamente se divertindo, aproveitando seu tempo e aprendendo.

Os jogos podem melhorar o desempenho dos estudantes em alguns conteúdos de difícil aprendizagem (Bretones, 2014; Pereira, 2013). Conforme observam Pacheco e Costa (2023),

os jogos são muito utilizados no ensino de química:

para o ensino de química, é notório como os jogos podem servir para estabelecer relações entre os níveis macroscópico e microscópico, aproximar o conteúdo com o cotidiano dos alunos sempre que possível, além de utilizar analogias para fazê-los entender a natureza empírica e muitas vezes abstrata dessa área de conhecimento (Pacheco e Costa, 2023, p. 19).

Sendo assim, o uso de jogos como recurso didático apresenta-se com grande potencial no processo de ensino e aprendizagem, na busca por “[...] uma educação que estimule a formação do pensamento criativo e inovador, que os jogos têm potencial para ajudar a promover, [...] precisa ser reformulada para atender as demandas atuais (Sena et al., 2016, p. 2).

Dentre as metodologias ativas, uma possibilidade ao se trabalhar com jogos é utilizar a Aprendizagem Baseada em Jogos (GBL, do inglês *Game Based Learning*). Paiva e Tori (2017) apresentam um levantamento dos benefícios da GBL que são: efeito motivador, facilitação do aprendizado, desenvolvimento de habilidades cognitivas, aprendizagem por descoberta e novas identidades, socialização. Savi e Ulbricht (2008) trazem, além destes benefícios, a coordenação motora, o comportamento “expert”, o processamento de informações, o reconhecimento de padrões e a capacidade de explorar, experimentar e colaborar.

Elaborar jogos que abranjam todos os benefícios citados acima é uma tarefa desafiadora. Savi e Ulbricht (2008, p. 5) afirmam que “embora seja difícil encontrar em um único jogo todas as potencialidades” é necessário compreender e saber identificar quais são os benefícios e os pontos negativos que um jogo apresenta. Desta maneira, o professor poderá julgar se o jogo é adequado ao contexto da sala e se poderá ser utilizado como recurso didático nas práticas de ensino.

Contudo, ainda existem muitos desafios a serem superados, seja para os desenvolvedores de jogos educacionais (Paiva e Tori, 2017; Savi e Ulbricht, 2008), seja para os professores que pretendem utilizá-los (Melo et al., 2021; Pacheco e Costa, 2023). Quando se trata da utilização e da escolha de jogos educacionais pelos professores, Melo et al. (2021) propõem parâmetros que auxiliem os professores na avaliação da qualidade de jogos digitais educacionais a partir da análise de dois *frameworks*: (1) *framework* para análise e *design* de jogos educacionais, em que são analisados os objetivos de aprendizagem, mecânica, dinâmica e estética, conhecidos como MDA (do inglês *mechanics, dynamics, aesthetics*), e princípios de *design* instrucional; (2) *framework* de *flow* para análise da qualidade de jogos educacionais, dividido em duas partes. A primeira está relacionada às características dos elementos do estado de *flow*. A segunda trata especificamente do estado *flow*, são dimensões abstratas que abordam a experiência do jogador advindas do *flow*. O estado *flow* não é um processo automático e imediato. No caso dos jogos é necessário que o jogador se ambiente com o jogo, aprenda os

comandos e conheça os possíveis retornos das ações realizadas (Paiva e Tori, 2017).

Segundo Martins e Giraffa (2015), não há um consenso quanto às contribuições de quais elementos de jogos são realmente importantes para o contexto educacional, que efetivamente trazem resultados satisfatórios. Porém, as autoras elencam alguns elementos de jogos digitais que podem ser utilizados com a intenção de potencializar os processos de ensino e aprendizagem nas práticas pedagógicas que utilizam a gamificação, para “auxiliar no desenvolvimento da fluência digital [...] formar cidadãos adaptados e articulados ao contexto sociocultural [...]”, com a intenção de “aprimorar competências relevantes ao estudante [...]” (Martins e Giraffa (2015, p. 16).

Essas considerações sobre a integração do jogo no contexto educacional vão ao encontro do que afirmam Soares e Garcez (2017) com relação ao lúdico. Para os autores, a utilização do lúdico como recurso não é algo simples de se fazer, demanda preparo e dedicação por parte do professor e

exige que os professores conheçam suas teorias, métodos e seu potencial pedagógico para que possam explorar de forma consciente e deliberada as habilidades e competências que tais atividades podem proporcionar ao aluno (Soares e Garcez, 2017, p.185).

Os jogos são recursos didáticos que por si só, muitas vezes, não conseguem alcançar os objetivos esperados pelos professores, o que justifica a preocupação com a escolha assertiva do jogo e a mediação entre o jogo e o estudante realizada pelo professor.

O jogo TPSC apresenta a tabela periódica no contexto da cosmoquímica como forma de motivar os estudantes a conhecerem mais sobre os temas. A cosmoquímica é um campo multidisciplinar que estuda a composição química do Universo e os processos a ela associados. As condições físicas do Universo primordial – temperatura e densidade extremamente elevadas – permitiram que fossem sintetizados os núcleos dos elementos mais leves da tabela periódica: hidrogênio, hélio, lítio e berílio (Steigman, 2007).

A nucleossíntese estelar, por sua vez, é a responsável pela formação dos demais elementos químicos, embora ela também produza núcleos de deutério e trítio que são isótopos pesados do hidrogênio, hélio, lítio e berílio.

Os estudantes geralmente adquirem conhecimento sobre os elementos químicos durante o estudo da tabela periódica, uma estrutura de classificação amplamente reconhecida, especialmente pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Segundo Ross (2018), os conteúdos relacionados à tabela periódica são fundamentais no ensino de química, pois constituem a base para uma variedade de conceitos no currículo da educação básica.

Apesar de sua importância, há a necessidade de uma visão mais significativa sobre o assunto, o que exige mais do que memorizar, é preciso compreendê-la (Vianna, Cicuto e Pazinato, 2019). A tabela periódica se faz importante nas mais diversas áreas. Segundo Leite (2019),

a Tabela Periódica dos Elementos Químicos é mais do que apenas um guia ou catálogo de todos os átomos conhecidos no Universo; é essencialmente uma janela para o Universo, ajudando a expandir nossa compreensão de mundo. O desenvolvimento da Tabela Periódica é uma das realizações mais significativas da Ciência e um conceito científico unificador, com amplas implicações na Química, Física, Biologia, Astronomia e em outras Ciências. Ela é um recurso que permite os cientistas prever as características e as propriedades da matéria na Terra e no Universo. Diversas áreas tiveram impacto revolucionário a partir das contribuições da Tabela Periódica (Leite, 2019, p. 702).

A tabela periódica e a cosmoquímica são temas que fazem parte do currículo educacional. Muitas vezes estes temas são ensinados de forma disciplinar e as correlações entre eles não são apresentadas aos estudantes. É com a intenção de apresentar origem dos elementos químicos que o jogo TPSC pode ser considerado um recurso didático interessante neste contexto.

3. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Os elementos que compõem um jogo podem ser agrupados em quatro categorias: mecânica, narrativa, estética e tecnologia (Schell, 2011). Cada categoria precisa ser bem desenvolvida, visto que uma influencia diretamente a outra.

Para Schell (2011), a narrativa corresponde à sequência de eventos que se desdobram no jogo. A primeira etapa no desenvolvimento do jogo TPSC foi criar uma narrativa e, para tal, foram selecionadas as reações nucleares que deveriam ser apresentadas. Foram inseridas apenas as informações necessárias para o aprendizado sobre a origem de alguns elementos químicos. As emissões de neutrinos, pósitrons e fótons que são liberados nas reações de formação dos elementos químicos não foram representadas no jogo. A simplificação foi feita de forma a não comprometer a compreensão do conteúdo e do jogo, deixando de lado assuntos típicos do ensino superior. Esta estratégia de seleção e simplificação de informações está relacionada ao que propõem Kiili et al. (2014), ao mencionar as lentes da memória sensorial e da mente processante. Adequar as informações, selecionando as mais importantes, ajuda a atingir um determinado objetivo.

A segunda etapa consistiu em escolher a tecnologia. Schell (2011) classifica a tecnologia como qualquer material que torna o jogo possível, sendo, portanto, uma categoria que limita ou não o que pode ser feito. É por meio dela que a estética, a mecânica e a narrativa são trabalhadas. A tecnologia escolhida no jogo TPSC foi a digital, com a utilização de uma linguagem de programação apropriada. Optou-se por utilizar a linguagem Python, juntamente com a biblioteca Pygame, por ser ela uma linguagem gratuita e já haver muitos trabalhos publicados voltados para jogos. As ferramentas do programa Gimp também foram utilizadas

na produção das imagens gráficas e dos objetos interativos.

A terceira etapa consistiu em escolher uma estética apropriada ao jogo. Para Schell (2011), a estética está relacionada às sensações proporcionadas pelo jogo, sons e aparências. No jogo TPSC são mostradas imagens coloridas e cenários simples a fim de atrair a atenção do jogador/estudante e o *design* do jogo é composto por ilustrações em duas dimensões. As imagens que exigem leitura de textos são apresentadas em português ou em inglês, a depender da versão escolhida. As imagens da tabela periódica estão disponíveis em licença Creative Commons BY-SA 4.0 em inglês (Enevoldsen, 2016) e em português (Holzle, 2023). Como complemento às imagens apresentadas, foram adicionadas algumas imagens com informações como: nome do elemento químico, símbolo, número atômico e configuração eletrônica. Para compor o cenário, o jogo apresenta uma nave espacial, elétrons, núcleos atômicos, estrelas, personagem (astronauta), entre outros.

A última etapa, a mecânica, foi composta pela escrita do código do jogo com menu, lembretes, regras, desafios, informações e os conceitos necessários para que o estudante/jogador compreenda como ocorre a formação dos elementos químicos. Para Schell (2011), a mecânica comporta os procedimentos e regras, dita os objetivos e como alcançá-los, além de dar um retorno à ação do jogador.

A ludicidade do jogo TPSC é possibilitada pela simplificação do conteúdo teórico e o uso de analogias, ou seja, o jogo não foi construído para ser uma representação do mundo real, de todas as reações nucleares que ocorrem nas estrelas e sim para facilitar a compreensão dos estudantes a respeito da origem de alguns elementos químicos presentes na tabela periódica.

As analogias devem seguir uma premissa na sua criação (Mozzer e Justi, 2015) e frequentemente são entendidas como uma comparação de similaridades de dois domínios de conhecimento diferentes (Duarte, 2005): A

[...] premissa fundamental das analogias, a saber, favorecer a compreensão do não familiar a partir do familiar pela combinação entre o estabelecimento das relações de similaridade e o reconhecimento das diferenças (Mozzer e Justi, 2015, p. 126).

A utilização de analogias pode contribuir para o aprendizado dos estudantes quando ela vem acompanhada de uma explicação sobre as similaridades, as relações e as limitações entre a analogia e o objeto real. Em defesa da utilização das analogias no ensino das ciências, muitos autores apresentam como justificativa as suas potencialidades. Segundo Duarte (2005), as analogias

(1) Levam à ativação do raciocínio analógico, organizam a percepção, desenvolvem capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de

decisões; (2) Tornam o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstratos, podendo promover o interesse dos alunos; (3) Constituem um instrumento poderoso e eficaz no processo de facilitar a evolução ou a mudança conceitual; (4) Permitem perceber, de uma forma mais evidente, eventuais concepções alternativas; (5) Podem ser usadas para avaliar o conhecimento e a compreensão dos alunos (Duarte, 2005, p. 11-12).

Se os professores se ativerem apenas na inserção de uma analogia em sua aula, limitando-se apenas a explicá-la sem que as relações entre ela e o referente real sejam explicitadas, corre-se o risco de que os estudantes elaborem modelos mentais que não sejam coerentes (Mozzer e Justi, 2015). Isso porque as analogias, muitas vezes, apresentam aspectos limitadores como os observados por Duarte (2005):

(1) A analogia pode ser interpretada como o conceito em estudo, ou dela serem apenas retidos os detalhes mais evidentes e apelativos, sem se chegar a atingir o que se pretendia; (2) Pode não ocorrer um raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia; (3) A analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita a sua utilidade; (4) Os alunos podem centrar-se nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar as suas limitações (Duarte, 2005, p. 12).

Desta forma, um caminho a ser percorrido quando se pretende utilizar analogias para aprendizagens de conteúdos deve passar por esclarecimento sobre os domínios comparados, explicitando as correspondências relacionais e diferenciando-as das correspondências perceptuais e superficiais (Mozzer e Justi, 2015).

Assim, o jogo TPSC apresenta três fases, construídas de acordo com os processos que geram os elementos químicos. Apresentar de forma detalhada a teoria envolvida nas reações nucleares que os produzem foge ao escopo deste texto. Porém, retomar de forma breve os conceitos astrofísicos que foram considerados no desenvolvimento do jogo é essencial para o seu entendimento e, portanto, serão discutidos juntamente com a descrição do jogo.

Todas as fases do jogo apresentam uma mecânica simples, com ações de pressionar botões. Tal estratégia foi pensada na intenção de proporcionar uma jogabilidade fácil até mesmo para quem não utiliza jogos digitais com frequência. A Figura 1 apresenta um fluxograma do jogo, que está disponível com acesso gratuito no site <https://sites.google.com/site/credianafaria> em duas versões, português e inglês e foi desenvolvido para o sistema operacional Windows.

Estabelecendo um paralelo entre os elementos de jogos digitais potenciadores dos processos de ensino e aprendizagem nas práticas pedagógicas gamificadas e os elementos constituintes do jogo TPSC verifica-se a seguir que o jogo apresenta a maioria destes elementos. No jogo TPSC o personagem, “representação virtual (digital ou não) do estudante,

ou seja, seu avatar” (Martins e Giraffa., 2015, p. 17), é um astronauta que quer sintetizar alguns elementos químicos e preencher a sua tabela periódica e assim cumprir a “missão que é a meta do jogo e está relacionada diretamente com o enredo e que significa concluir todos os níveis/desafios que levam ao fim do jogo” (Martins e Giraffa., 2015, p. 17). Para isso ele conta com uma nave espacial e um traje que lhe permite viajar até o interior das estrelas e enfrentar diferentes níveis de temperatura e pressão. O jogo é composto por cenários que representam estrelas de diferentes massas e regiões onde há supernovas. Todos estes elementos narrativos compõem o que Martins e Giraffa (2015) consideram como o enredo, que é a representação de um cenário ou contexto, que caracteriza o ambiente do jogo e o personagem, além de servir como plano de fundo para a missão.

Durante o jogo é possível ver qual elemento químico foi formado, quais são suas características, onde ele é encontrado e quais as condições físicas para formá-lo. Os objetivos específicos aparecem no jogo por meio de regras e têm a função de direcionar o jogo. Precisam ser pontuais, claros e passíveis de serem concluídos ao término dos níveis/desafios. No jogo TPSC, os objetivos específicos consistem em capturar um núcleo atômico e lançá-lo em direção a outro núcleo, formando um novo elemento, que será capturado pelo astronauta e armazenado. Já os níveis/desafios são as etapas determinadas pelos objetivos específicos e, ao concluí-las, o jogador avança para uma nova etapa/fase. Os desafios no jogo TPSC consistem em lançar o núcleo de um elemento químico contra outro e acertá-lo, capturar o novo elemento rapidamente, controlar o avatar de cada fase e conseguir o maior número de elementos químicos ao final do jogo.

Os recursos, por sua vez, são auxílios fornecidos por pessoas ou ferramentas de forma online ou não (Martins e Giraffa, 2015). No jogo TPSC este elemento aparece na forma de tutoriais explicativos que facilitam a compreensão da missão de cada nível/desafio. O elemento desempenho “constitui-se nos resultados quantitativos e qualitativos das aprendizagens alcançadas ao longo das etapas atreladas dos níveis/desafios. [...] na resolução da missão” (Martins e Giraffa, 2015, p.18). No jogo, o desempenho é medido de forma quantitativa, por meio da soma dos elementos químicos capturados, mas não é medida a aprendizagem alcançada ao longo das etapas.

O jogo começa com a captura de um próton, que é o núcleo de um átomo de hidrogênio. Depois de capturar um próton, o astronauta o arremessa contra outro próton para formar um núcleo de deutério, liberando um pósitron na reação. Aqui cabe um esclarecimento importante: não é possível fundir dois prótons. Como dois prótons não se ligam, para produzir um núcleo de deutério um dos prótons deve se converter em um nêutron justamente quando estão se tocando. Isto quer dizer que de cada 10^{17} colisões, *uma* resultará em fusão. Este fato produz tempos de vida extremamente longos (~bilhões de anos) para as estrelas que, caso contrário, viveriam somente alguns segundos. Em seguida, arremessando o deutério em direção a outro próton, o astronauta produz um núcleo de hélio-3, um dos isótopos do segundo

elemento da tabela periódica. Este processo de lançar e capturar é repetido para formar outros núcleos: H^4 , Li, Be, B. Após preencher a tabela periódica com o elemento químico boro, o astronauta conclui a primeira fase do jogo.

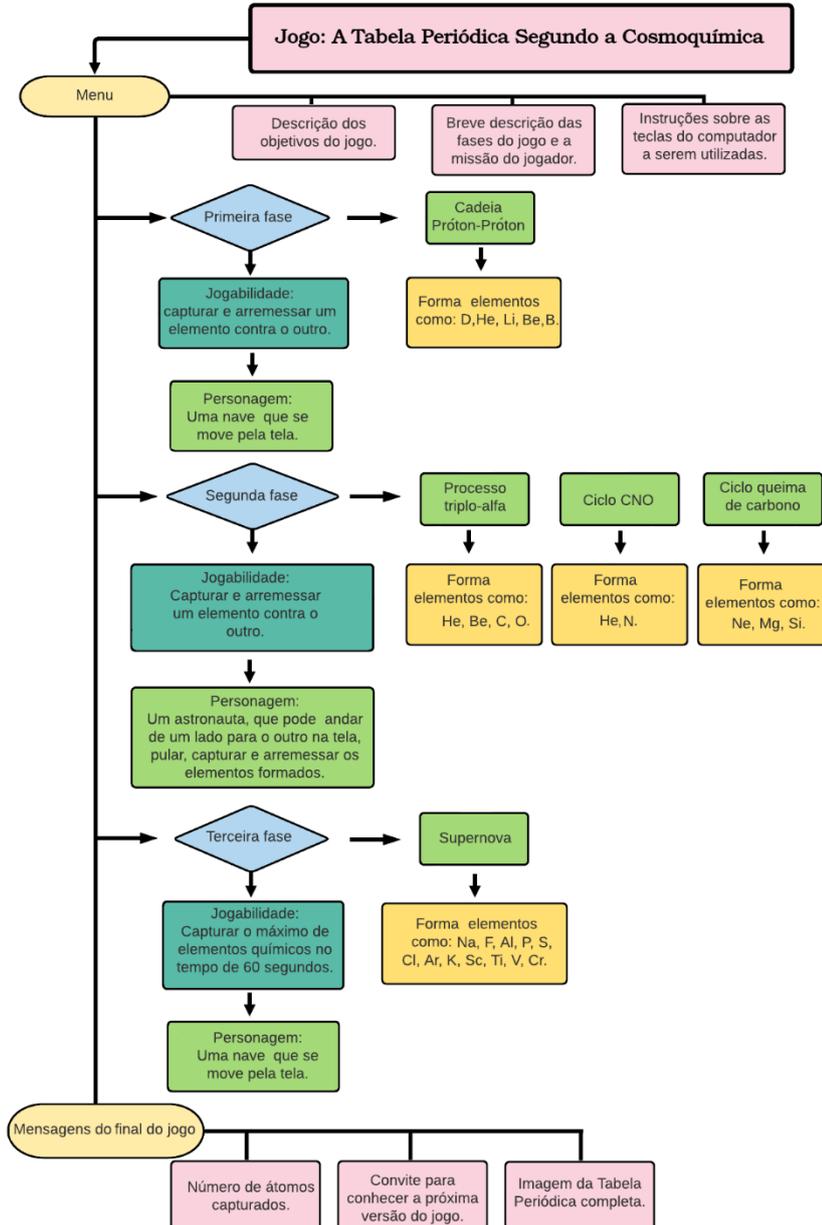


Figura 1. Fluxograma do jogo TPSC.

Fonte: autores

Ao realizar a colisão entre dois núcleos, espera-se que o estudante entenda que é necessário que esses núcleos tenham uma energia cinética suficientemente alta para que ocorra a formação do novo elemento químico. A partir disso, o jogador/estudante pode concluir que essas reações de fusão precisam de alta temperatura e pressão para ocorrerem. Ao visualizar a imagem representativa do elemento químico formado, o jogador/estudante pode reconhecer seu símbolo, algumas de suas propriedades e onde o elemento pode ser encontrado na Terra. Após a captura do núcleo de um novo elemento químico, ele é posicionado na tabela periódica automaticamente. Pequenos textos são disponibilizados durante o jogo e têm o objetivo de informar o jogador/estudante sobre o jogo e sobre a origem dos elementos químicos no interior das estrelas. Para ilustrar o jogo, algumas telas são apresentadas na Figura 2.

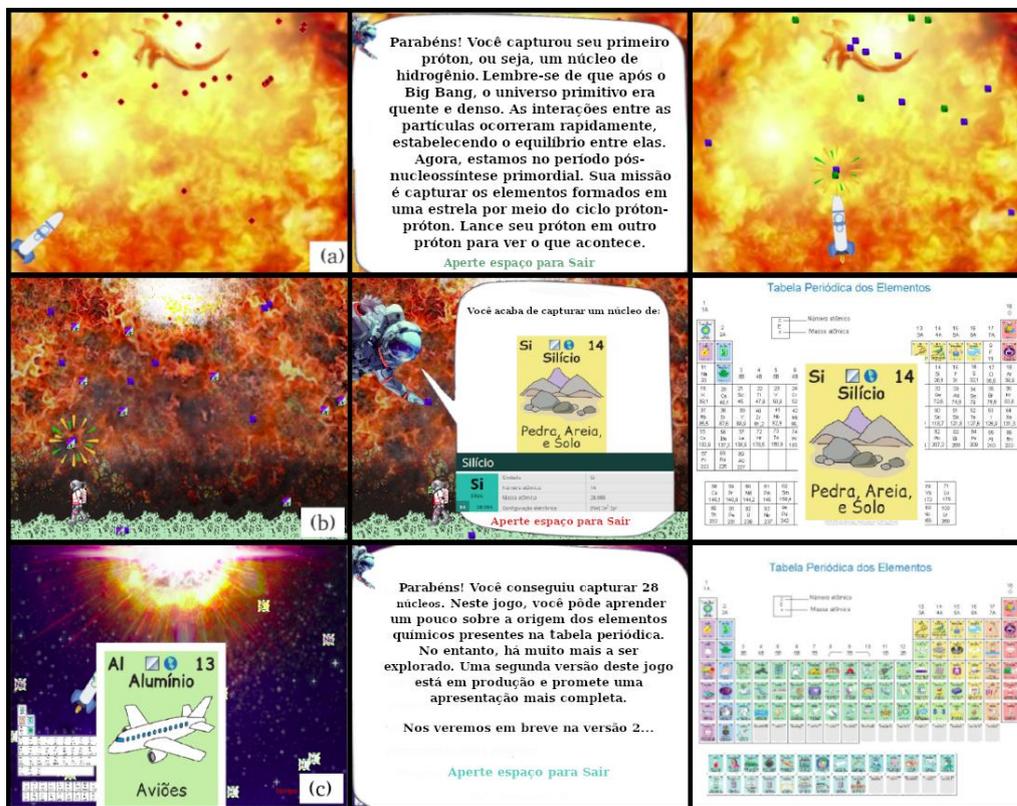


Figura 2. Apresentação das três fases do jogo.

Fonte: autores

A primeira fase do jogo é ilustrada na Figura 2a, que representa o ciclo próton-próton (ciclo pp). Nesse processo, núcleos de deutério, hélio, lítio, berílio e boro são produzidos a partir da fusão de prótons. Este processo ocorre em temperaturas da ordem de 10^7 K (Matteucci, 2012) e é importante notar que o lítio é muito frágil nessas temperaturas, sendo destruído assim que é produzido (Impey e Wenger, 2020).

Na Figura 2a, o seguinte texto aparece: “Parabéns! Você capturou seu primeiro próton, ou seja, um núcleo de hidrogênio. Lembre-se de que após o Big Bang, o universo primitivo era quente e denso. As interações entre as partículas ocorreram rapidamente, estabelecendo o equilíbrio entre elas. Agora, estamos no período pós-nucleossíntese primordial. Sua missão é capturar os elementos formados em uma estrela por meio do ciclo próton-próton. Lance seu próton em outro próton para ver o que acontece.”

A Figura 2b ilustra a segunda fase do jogo, que representa a síntese de núcleos de He, Be, C, N, O, Ne, Mg e Si. Esses núcleos são produzidos em reações nucleares que ocorrem em temperaturas ainda mais elevadas: o ciclo CNO, o processo triplo- α e a fusão do carbono (Horvath, 2011; Horvath et al., 2020; Oliveira e Saraiva, 2014).

A terceira fase do jogo, que corresponde a uma explosão de supernova, é ilustrada na Figura 2c. Nesta fase o jogador vai sintetizar núcleos de Na, F, Al, P, S, Cl, Ar, K, Sc, Ti, V e Cr. A jogabilidade na terceira fase é estimulada por um limite de tempo disponível para realizar a captura dos núcleos atômicos e a tabela periódica que está sendo preenchida é anexada ao canto inferior esquerdo da tela, facilitando a sua visualização.

O texto apresentado é: “Parabéns! Você conseguiu capturar 28 núcleos. Neste jogo, você pôde aprender um pouco sobre a origem dos elementos químicos presentes na tabela periódica. No entanto, há muito mais a ser explorado. Uma segunda versão deste jogo está em produção e promete uma apresentação mais completa. Nos veremos em breve na versão 2...”

As principais habilidades a serem desenvolvidas pelo jogador/ estudante ao jogar estão relacionadas a: compreender de onde surgiram os elementos químicos; lembrar ou reconhecer o nome, símbolo e número atômico dos elementos; estabelecer relações entre os elementos químicos e a sua utilização no cotidiano; associar a posição de um elemento na tabela periódica a sua ordem de formação no jogo. Espera-se que o jogador/estudante desenvolva a capacidade de processar informações e reconhecer padrões além de ampliar a capacidade de reação e coordenação motora.

4. APLICAÇÃO DO JOGO, RESULTADOS E DISCUSSÕES

O jogo foi aplicado a uma turma piloto com a intenção de validá-lo como possível recurso didático a partir da avaliação de alguns dos seus elementos constituintes. Foram elaborados dois questionários com perguntas dissertativas, aplicados antes e após o contato dos estudantes com o jogo TPSC em duas aulas consecutivas.

Após a aprovação do projeto CAAE53427221.7.0000.5094 pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), o jogo foi aplicado em 2021, logo após o retorno das aulas presenciais determinadas pelo governo de Minas Gerais. Um professor de uma escola estadual se dispôs a aplicá-lo em uma turma do primeiro ano do ensino médio. Nessa turma havia 23 alunos matriculados, mas somente 8 entregaram o Termo de Assentimento Livre Esclarecido assinado e puderam participar da atividade.

A primeira ação foi passar aos estudantes as orientações sobre a pesquisa e seus objetivos. Logo após, os estudantes responderam o primeiro questionário (Quadro 1).

1) Você conhece a tabela periódica?
2) Você sabe porque os elementos químicos ocupam aquela posição na tabela periódica?
3) Onde surgiram os elementos químicos?
4) Você gosta de jogos digitais?

Quadro 1. Perguntas do primeiro questionário (antes do jogo)

Fonte: autores

Após responderem o primeiro questionário, os estudantes receberam um *notebook* com o jogo já instalado e tiveram tempo de jogá-lo quantas vezes quisessem até o término da aula. Na segunda aula, os estudantes responderam o segundo questionário (Quadro 2).

1) Você reconheceu alguns dos elementos químicos da tabela periódica apresentados no jogo? O que você aprendeu de novo com o jogo?
2) Você sabe por que os elementos químicos ocupam aquela posição na tabela periódica?
3) Onde surgiram os elementos químicos?
4) A primeira reação (pp) formou quais elementos químicos?
5) O jogo foi divertido?
6) As regras do jogo eram claras?
7) Você recomendaria o jogo para seus colegas? Por quê?
8) O jogo pode ser utilizado nas aulas como forma de motivar o aprendizado da tabela periódica? Explique?

Quadro 2. Segundo questionário (após o jogo)

Fonte: autores

As perguntas do primeiro questionário tinham por objetivo verificar o que os alunos sabiam sobre os temas abordados no jogo. No segundo questionário, as perguntas buscavam verificar se houve o desenvolvimento de habilidades e aprendizados por parte dos estudantes

após o contato com o jogo, assim como avaliar o próprio jogo.

As respostas dos questionários foram avaliadas quantitativa e qualitativamente e algumas delas são apresentadas como exemplos nos resultados. Para cada resposta foi utilizado um código de A1 a A8, associado de forma aleatória a cada estudante. Foram realizadas comparações entre perguntas do mesmo questionário e entre perguntas dos dois questionários.

A segunda e a terceira perguntas foram inseridas nos dois questionários para que pudessem ter suas respostas comparadas no momento da análise. Nos excertos apresentados, foi utilizada uma barra para separar as duas respostas: resposta do primeiro / resposta do segundo questionário.

Para identificar o que os alunos sabiam previamente sobre os temas abordados no jogo, aplicou-se o primeiro questionário. Na primeira pergunta investigou-se sobre a tabela periódica e a maioria dos estudantes afirmou conhecê-la. Porém, suas respostas apresentaram diferentes significados para a palavra conhecer, tais como o conhecimento da sua construção (parte histórica) e a ação de já ter visto a tabela periódica. Estas respostas eram esperadas, visto que o professor ainda não tinha trabalhado com os estudantes os conteúdos referentes esse tema.

Na primeira pergunta 62% dos estudantes afirmaram conhecer a tabela periódica e 38% afirmaram não conhecer. Quando comparada com a segunda pergunta, na qual eles são questionados sobre os elementos químicos e a tabela periódica, as porcentagens invertem-se e neste caso a maioria dos estudantes não soube responder. Ao comparar as respostas da primeira e da segunda pergunta, observou-se que a maioria dos estudantes não compreendiam a tabela periódica. Das respostas positivas (38%) na segunda pergunta, apenas um estudante respondeu de forma correta e os demais apresentaram tentativas aproximadas da resposta, como mostram os excertos a seguir:

“Pela sua massa, número atômico.” (A6)

“Um pouco, eu sei que é dividido em diferentes categorias como metais e gases.” (A1)

“Sim, já vi a história da formação da tabela periódica.” (A4)

Na terceira pergunta, os resultados mostram que os estudantes compreendiam o surgimento dos elementos químicos principalmente como produto de experiências químicas ou de substâncias químicas com 63% das respostas. Outros 25% também responderam de forma incorreta ou não responderam à pergunta. Apenas 12% responderam de forma correta:

“De experimentos químicos ao longo dos anos.” (A7)

“Das substâncias químicas” (A4)

“Alguns surgiram do Big Bang, já outros surgiram da mistura e experimento entre outros elementos” (A1)

Estes estudantes, na sua maioria apresentam uma concepção equivocada a respeito da origem dos elementos químicos.

Os resultados da quarta pergunta confirmam a necessidade de buscar alternativas de ensino mais próximas da realidade dos estudantes, considerando o contexto de cada turma e adequando a integração das TDIC nas aulas. As respostas a essa pergunta mostram que todos os estudantes participantes da pesquisa jogam jogos digitais e que, portanto, neste contexto o jogo pode ser uma das opções para o ensino (Sena et al., 2016), uma vez que o uso de jogos no ensino auxilia na construção do conhecimento, possibilita um maior envolvimento dos estudantes, e permite que eles sejam protagonistas da sua aprendizagem (Leite, 2018).

No segundo questionário, foram investigados alguns aspectos relacionados ao jogo e à sua utilização. A primeira pergunta se referia ao reconhecimento de alguns dos elementos químicos da tabela periódica apresentados no jogo e se houve algum aprendizado novo ao jogar. Das respostas, 75% foram positivas, os 25% restantes disseram não reconhecer ou não aprender nada de novo com o jogo:

“Sim, aprendi que alguns elementos podem surgir de explosões além do Big Bang”. (A1)

“Sim, que são muitos elementos químicos e que a tabela periódica é complexa”. (A3)

“Sim, se a gente lançar os prótons eles se unem, e transformam em novos elementos”. (A7)

A maioria dos estudantes afirmou reconhecer alguns dos elementos químicos apresentados e apontou a importância das colisões para a formação de novos elementos, compreendendo um dos objetivos do jogo que era a formação dos elementos químicos. Evidenciando assim o potencial do jogo, que favorece a aprendizagem. Ao jogar, as pessoas são desafiadas a extrair informações, interpretar o feedback fornecido, selecionar as partes correspondentes das informações de forma coerente e, ao mesmo tempo, decidir as ações corretas a serem executadas no jogo (Kiili et al., 2014, p. 10).

A segunda pergunta se referia à posição do elemento químico na tabela periódica. Observou-se uma mudança nas respostas dos estudantes, que passaram a fornecer respostas mais completas, e um aumento nas tentativas de respondê-la. Dos resultados desta pergunta, 25% conseguiram respondê-la, 25% não souberam responder e 50% fizeram tentativas de respondê-la. Observou-se também um número menor de estudantes que após o jogo disseram não saber responder à pergunta (de 62% no primeiro questionário para 25% no segundo). Este é um ponto positivo, pois mesmo não fornecendo respostas corretas, os estudantes modificaram suas opiniões e foram mais ativos ao tentar responder à pergunta. Nos excertos a seguir, apresentamos as respostas dadas pelos estudantes antes e depois de terem contato com o jogo:

“Não sei. / Sim, pelo número atômico e massa.” (A2)

“Pela sua massa, número atômico. / Por conta de sua massa e o número atômico.” (A6)

“Não. / Não, acho que é por causa dos números que cada elemento tem.” (A3)

A interação com o jogo influenciou as respostas desta pergunta, uma vez que o jogo apresenta muitas informações sobre cada elemento químico, bem como sua posição na tabela periódica.

A terceira pergunta se referia à origem dos elementos químicos e obteve resultados positivos, com menos respostas no segundo questionário que atribuíam a origem dos elementos químicos a produto de experiências químicas ou de substâncias químicas, indo de 62% no primeiro questionário para 37,5% no segundo. As respostas corretas aumentaram, indo de 12% para 37,5%. Estes estudantes conseguiram responder à pergunta com base no que viram no jogo, o que indica que o jogo foi útil para o seu aprendizado. Os 25% restantes responderam de forma errada. Estes excertos ilustram algumas respostas a essa pergunta nos dois questionários:

“Alguns surgiram do Big Bang, já outros surgiram da mistura e experimento entre outros elementos. / De grandes explosões, como supernovas, ou da junção entre outros elementos.” (A1)

“Eu realmente não sei. Da química? / No nucleossíntese primordial (eu acho).” (A3)

“Sim. / A partir da colisão deles formando terceiros.” (A6)

Estes resultados reforçam a importância da escolha de um jogo e o conhecimento da complexidade envolvida na sua utilização em atividades de ensino. Provavelmente os resultados desta pergunta teriam sido melhores se os estudantes já tivessem estudado a tabela periódica. Nesse caso, os estudantes poderiam compreender melhor a proposta do jogo e a sua relevância naquele contexto.

Os estudantes, durante o contato com o jogo, tiveram acesso a várias informações sobre a origem dos elementos químicos. A mudança de respostas observadas para esta pergunta no primeiro e segundo questionário, permite afirmar que ao jogo proporcional alguns aprendizados para estes estudantes.

Para Savi e Ulbricht (2008) o processamento de informações e o reconhecimento de padrões também são estimulados pelos jogos, estas são ações fundamentais para que o jogo atinja seu objetivo educacional. A facilitação do aprendizado pode ocorrer devido ao grande potencial que os jogos digitais têm para “representar cenários com elementos gráficos de diversos tipos.” (Paiva e Tori, 2017).

Lembrar o que foi apresentado no jogo é essencial para que ocorra uma aprendizagem significativa. Sendo assim, na quarta pergunta 75% dos estudantes lembravam-se dos elementos formados no ciclo pp e 25% disseram não se lembrar. Segundo Godoi et al. (2010), os jogos podem ser classificados como jogos educativos quando desenvolvem habilidades cognitivas importantes para o processo de aprendizagem. Um jogo é considerado didático quando busca atingir conteúdos específicos, ao passo que um jogo de entretenimento não

possui objetivos pedagógicos claros e dá ênfase a diversão. Os resultados obtidos nesta pergunta apontam para a não distinção dos tipos de jogos e seus objetivos por uma pequena parte dos alunos. Dois exemplos de respostas foram:

“Hidrogênio, Hélio, Berílio.” (A5)

“Não lembro, minha memória não é das melhores.” (A1)

Considerando o ato de jogar, Kiili et al. (2014) afirmam que “a reflexão nem sempre é uma ação consciente [...] somente quando um jogador processa conscientemente suas experiências, ele pode tomar decisões ativas e conscientes sobre suas estratégias de jogo” (Kiili et al., 2014, p. 10). Segundo essa autora, existe uma distinção entre as atividades relacionadas com a aprendizagem e as atividades relacionadas às ações de controle do jogo. Aquelas devem ser conscientemente processadas e refletidas, enquanto estas devem ser espontâneas e automáticas.

Nesta pergunta a maioria dos estudantes conseguiu responder corretamente, indicando que o jogo contribuiu para a assimilação de conteúdo, o raciocínio dedutivo e a memorização, que são benefícios proporcionados por jogos no ensino (Paiva e Tori, 2017).

Até este ponto, buscou-se analisar se o jogo fornece subsídios para que o estudante possa aprender ou lembrar-se dos assuntos abordados. As próximas perguntas estão relacionadas à experiência do jogador/estudante com o jogo. São analisados alguns dos elementos constituintes do jogo TPSC para verificar se ele atinge também a parte lúdica. Avaliar o nível de diversão do jogo, segundo Kiili et al. (2014), permite verificar se o jogo é capaz de fazer com que o jogador/estudante esteja envolvido, fator que o auxilia a atingir os objetivos do jogo.

Durante o jogo, a experiência de *flow* pode ser gratificante. Segundo Melo et al. (2021), este tipo de experiência está relacionada à realização de atividades que causam prazer, divertimento e são interessantes, agradáveis e envolventes. Na quinta pergunta, todos os estudantes afirmaram que o jogo foi divertido, apresentaram justificativas relacionadas à mecânica do jogo (simplicidade, velocidade e dinâmica) e ao aprendizado quando afirmam que o jogo, mesmo sendo didático, foi divertido:

“Sim, foi muito prático e dinâmico” (A6)

“Sim, por questão de ser um jogo educativo eu achei legal, não é parado e chato.” (A2)

As respostas permitem afirmar que o jogo cumpre sua função lúdica, visto que são apontados nas respostas alguns elementos que compõem o efeito motivação indicado por Paiva e Tori (2017). Para os autores, a imersão, diversão, entretenimento, ambiente interativo e dinâmico, estética visual e espacial fazem com que o jogador/estudante fique mais receptivo a

novos aprendizados.

Um jogo sempre contém regras, elas são a parte fundamental da mecânica dos jogos (Schell, 2011). Nos jogos digitais, algumas regras podem ser estabelecidas pelo próprio código, dispensando a memorização de todas as regras sobre as ações permitidas no jogo. Se as regras são complexas, o jogador pode ficar confuso e ter dificuldades em entender como o jogo funciona, mas se são claras o jogador consegue descobri-las e compreendê-las naturalmente (Schell, 2011).

Dentre as regras contidas na mecânica dos jogos, a mais importante está relacionada com a definição do objetivo, que deve ser bem elaborado e enunciado com clareza. Quanto mais fácil de entender o objetivo, mais facilmente os jogadores podem visualizar a maneira de alcançá-lo (Schell, 2011).

A sexta pergunta investigou sobre as regras do jogo. Todos os estudantes afirmaram que as regras eram claras e suas respostas estão relacionadas principalmente à simplicidade das regras e à facilidade de entendê-las:

“Sim, pois não tem um sistema complexo de controles.” (A1)

“Sim, porque elas eram bem simples de entender.” (A5)

“Sim, as regras explicam bem o jogo.” (A2)

As respostas dos alunos apresentam indícios do que é abordado por Schell (2011) ao tratar das regras operacionais que consistem em “o que os jogadores fazem para jogar o jogo”. Neste caso, ao responderem sobre a simplicidade dos controles. As regras escritas, por sua vez, são parte do jogo, um documento que os jogadores têm de ler para compreender as regras operacionais. Concordando com Soares (2008), regras simples facilitam o desenvolvimento do jogo em sala de aula e melhoram o ensino e a aprendizagem do conteúdo abordado.

A sétima e oitava perguntas, tiveram como objetivo identificar as opiniões dos estudantes, jogadores ativos de jogos digitais, a respeito das características e finalidades do jogo TPCS. A partir destas opiniões responderiam se indicariam o jogo para seus colegas e se o jogo poderia ser um recurso didático utilizado para o ensino da tabela periódica.

Todas as respostas foram positivas nestas perguntas, apresentando justificativas para a indicação do jogo relacionadas à forma divertida de aprender sobre a tabela periódica e sobre os elementos químicos:

“Sim para entenderem melhor o funcionamento dos elementos químicos.” (A1)

“Sim, pois além de divertido dá pra aprender bastante.” (A8)

Sobre utilização do jogo como forma de motivar a aprendizagem da tabela periódica, os alunos apresentaram respostas indicando a facilidade e o divertimento como principais fatores que contribuem para a aprendizagem, resultados que concordam com as observações

de Paiva e Tori (2017):

“Sim, pois é uma maneira fácil e legal de aprender sobre.” (A1)

“Sim, pois fica mais simples e divertido de aprender.” (A7)

Proporcionar motivação aos alunos é um dos motivos mais citados quando se produz ou utiliza jogos no ensino. A motivação nos jogos digitais vem das experiências e atividades satisfatórias e prazerosas causada pela motivação intrínseca que é desencadeada pelo ato voluntário de jogar (Pacheco e Costa, 2023, p. 13). Segundo os autores os jogos nos contextos educacionais trazem contribuições reais e benéficas aos alunos, além de possibilitarem reflexões e posturas críticas com relação a sua utilização.

A partir dos resultados obtidos nos questionários, observou-se que a maioria dos estudantes teve um melhor desempenho nas respostas após o contato com o jogo e consideraram o jogo útil para o aprendizado. Infere-se que o jogo foi, para estes estudantes, um facilitador do processo de ensino e aprendizagem, como pontua Leite (2019).

Após a interação com o jogo, observou-se um interesse maior dos estudantes em aprender mais sobre a tabela periódica e sobre a astronomia; os estudantes continuavam questionando e conversando sobre os temas no fim da aula, indicando que o jogo foi um recurso útil e interessante para eles.

5. CONSIDERAÇÃO FINAIS

Neste trabalho foi apresentado o jogo TPSC e algumas de suas potencialidades para o ensino através dos seus elementos constituintes. O jogo foi desenvolvido para ensinar os conceitos fundamentais da nucleossíntese, o que permite compreender a síntese dos elementos químicos nas estrelas. Ele apresenta em suas fases a origem dos elementos químicos, algumas das suas propriedades e suas posições da tabela periódica. Ao mesmo tempo, o jogo apresenta figuras de onde estes elementos químicos podem ser encontrados ou utilizados na Terra. Estas informações permitem que os estudantes estabeleçam relações entre os conteúdos e construa um aprendizado mais significativo.

Para atingir um potencial didático e lúdico, o jogo utiliza textos, imagens, sons, além da mecânica, dinâmica e objetivos de aprendizagem. Estes elementos reforçam a importância das reações nucleares na formação de um novo elemento químico e mantêm o jogador/estudante imerso no estado flow.

Além disso, o jogo apresenta elementos do estado flow (regras claras, feedback, jogabilidade, desafios) que contribuem para uma boa experiência com o jogo, e que foram mencionadas no questionário pelos estudantes.

Foram considerados os elementos com potencial didático a fim de mostrar quais são eles no jogo TPSC e como eles aparecem durante o jogo, facilitando assim a compreensão dos professores(a) que pretendem utilizá-lo como recurso didático.

Como ferramenta disponível online, o jogo TPSC pode ser utilizado tanto por professores quanto por pessoas que desejam aprender um pouco mais sobre o universo e a origem dos elementos químicos. Pode ser usado em atividades presenciais ou remotas, ou mesmo utilizando metodologias ativas de aprendizagem, onde os professores podem formatar sua disciplina de tal forma que o jogo se torne um elemento motivador em suas aulas. Apresentar a origem dos elementos químicos, possibilitando-lhes compreender como os elementos químicos são sintetizados pode ser uma forma de complementar o conteúdo visto em aula, proporcionando ao estudante uma compreensão mais abrangente do assunto.

Com base nos elementos do jogo TPSC analisados na pesquisa, considera-se que o jogo possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: compreender de onde surgiram os elementos químicos da tabela periódica; lembrar ou reconhecer o nome, símbolo e número atômico dos elementos químicos; capacidade de processar informações, reconhecer padrões e melhorar a coordenação motora e o tempo de reação. Diante do exposto, os estudantes participantes da pesquisa consideraram o jogo uma proposta relevante para o ensino da tabela periódica, por ser uma forma simples e divertida de aprender e por despertar o interesse em aprender sobre os temas apresentados.

Nesta pesquisa foi possível conhecer as opiniões dos estudantes, jogadores ativos de jogos digitais a respeito das características e finalidades do jogo TPCS. Os quais consideraram estes pontos como justificativa para futuras indicações do jogo para colegas e para a sua utilização no ensino da tabela periódica como recurso facilitador do aprendizado.

A partir do contexto dos estudantes a respeito do uso de jogos digitais e suas experiências com jogos didáticos percebeu-se que houve aprendizados e conclusões dos temas abordados no jogo. Após o contato com jogo alguns tipos de informações são mais facilmente lembrados pelos estudantes, principalmente as que são utilizadas para dar continuidade no jogo.

Após a primeira aplicação e avaliação do jogo TPSC, confirma-se que o jogo pode ser indicado como recurso didático em potencial, interessante e atual, um recurso facilitador do aprendizado, uma vez que auxilia na compreensão da origem dos elementos químicos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências (PPGEC) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEL). A autora C. C. S. agradece o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- Benedetti-Filho, E. et al. (2019). Desenvolvimento e aplicação de um jogo virtual no ensino de química. *Informática na Educação: teoria & prática*, 22, 144.
- Brasil, Ministério da Educação. *Base nacional comum curricular – ensino médio*. MEC, Brasília, 2017.
- Bretones, P. S. (org). *Jogos Para o Ensino de Astronomia*. Editora Átomo, São Paulo, 2014.
- Duarte, M. C. (2005). Analogias na educação em ciências: contributos e desafios. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 10, 7.
- Enevoldsen, K. (2016). https://elements.wlonk.com/Elements_Pics_11x8.5.pdf Acessado em 19/01/2023
- Esteban, C. et al. *Cosmochemistry*. Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
- Godoi, T. A. F. et al. (2010). Tabela Periódica: um super trunfo para alunos do ensino fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, 32, 22.
- Holzle, L. R. B. (2023). <https://www.tabelaperiodica.org/> Acessado em 19/01/2023.
- Horvath, J. E. *Fundamentos da evolução estelar, supernovas e objetos compactos*. Livraria da Física, São Paulo, 2011.
- Horvath, K. A. et al. (2020). Interdisciplinary study of the synthesis of the origin of the chemical elements and their role in the formation and structure of the Earth. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200160.
- Impey, C. & Wenger, M. (ed.). *Astronomy Education*, volume 2. IOP Publishing, 2020.
- Kiili, K. et al. (2014). Flow framework for analyzing the quality of educational games. *Entertainment Computing*, 5, 367.
- Leite, B. (2018). Aprendizagem tecnológica ativa. *Revista Internacional de Educação Superior*, 4, 580.
- Leite, B. (2019). O ano internacional da tabela periódica e o ensino de química: das cartas ao digital. *Química Nova*, 42, 702.
- Martins, L. M. M., & Giraffa, C. (2015). Gamificação nas práticas pedagógicas em tempos de cibercultura: proposta de elementos de jogos digitais em atividades gamificadas. *In Anais do Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação* (11–19).
- Matteucci, F. *Chemical Evolution of Galaxies*. Springer, Berlin, 2012.
- Melo, V. B. et al. (2021). Percepção e Desafios na Avaliação de Jogos Digitais Educacionais. *In Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (713-716). Porto Alegre, Brasil.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2015). “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15, 123.

- Oliveira, K. S. & Saraiva, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. Livraria da Física, São Paulo, 2014.
- Pacheco, A. & Costa, H. R. (2023). Jogos digitais e aprendizagem em química: Uma análise a partir da revisão sistemática da literatura. *SciELO Preprints*.
- Paiva, C. A. & Tori, R. (2017). Jogos Digitais no Ensino: processos cognitivos, benefícios e desafios. *XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, Curitiba, Brasil, 1-4.
- Pereira, A.L.L. *A utilização do jogo como recurso de motivação e aprendizagem*. Universidade do Porto, Porto, 2013.
- Ramos, D. K. *Ciberética: vias do desejo nos jogos eletrônicos*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- Richter, A. P. H. & Cerutti, E. (2022). A Base Nacional Comum Curricular e as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: Ampliando o olhar sobre as (con)divergências. *Dialogia*, 41,1.
- Ross, L. N. (2018). Causal explanation and the periodic table. *Synthese*, 198, 79.
- Santana, C. L. & Sales, K. M. B. (2020). Aula em casa: educação, tecnologias digitais e pandemia covid-19. *Educação*, 10, 75.
- Savi, R. & Ulbricht, V. R. (2008). Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *Renote*, 6, 1.
- Schell, J. *A arte de game design: o livro original*. Elsevier, Rio de Janeiro, 2011.
- Sena, S. et al. (2016). Aprendizagem baseada em jogos digitais: a contribuição dos jogos epistêmicos na geração de novos conhecimentos. *Renote*, 14, 1.
- Soares, M. H. F. B. *Jogos para o ensino de química: teoria, métodos e aplicações*. Libris, Guarapari, 2008.
- Soares, M. H. F. B. & Garcez, E. S. C. (2017). Um estudo do estado da arte sobre a utilização do lúdico em ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17, 183.
- Steigman, G. (2007). Primordial nucleosynthesis in the precision cosmology era. *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, 57, 463.
- Vianna, N. S., Cicuto, C. A. T. & Pazinato, M. S. (2019). Tabela Periódica: concepções de estudantes ao longo do ensino médio. *Química Nova na Escola*, 41, 386.



RESENHA DA TESE DE DOUTORADO DE JUAN BARRIO: “O PLANETÁRIO – UM RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DA ASTRONOMIA”

Paulo Henrique Azevedo Sobreira¹

RESUMO: Resenha sobre a tese de doutorado de Juan Bernardino Marques Barrio, pela Universidad de Valladolid, defendida em 2003, que trata do uso do Planetário como um recurso didático para o ensino da Astronomia, e que ainda é uma temática pouco explorada no meio da Educação em Astronomia.

RESEÑA DE LA TESIS DOCTORAL DE JUAN BARRIO: “EL PLANETARIO – UN RECURSO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA”

RESUMEN: Revisión de la tesis doctoral de Juan Bernardino Marques Barrio, de la Universidad de Valladolid, defendida en 2003, que trata sobre el uso del Planetario como recurso didáctico para la enseñanza de la Astronomía, y que es aún un tema poco explorado en el campo de Educación en Astronomía.

REVIEW OF JUAN BARRIO’S THESIS: “THE PLANETARY – A TEACHING RESOURCE FOR TEACHING ASTRONOMY”

ABSTRACT: Review of the thesis by Juan Bernardino Marques Barrio, from the Universidad de Valladolid, defended in 2003, which deals with the use of the Planetarium as a didactic resource for teaching Astronomy, and which is still a topic little explored in the field of Astronomy Education.

¹Universidade Federal de Goiás, Planetário Juan Bernardino Marques Barrio da UFG, Goiânia – GO, sobreira@ufg.br

Esse trabalho é o resultado da experiência profissional do autor, ao longo de 21 anos de prática como docente e como planetarista. Juan conta que foi a partir do trabalho conteudista de ensino da Astronomia e das dificuldades de aprendizagem de seus alunos, que ele se preocupou em estudar os referenciais pedagógicos e didáticos, para associá-los à sua prática docente, o que o incentivou a produzir essa tese de doutorado.

O resultado é uma profunda reflexão sobre a aplicação da metodologia da investigação-ação e a concretização de um curso de Astronomia utilizando o Planetário da UFG como ferramenta didática.

Essa tese de doutorado foi publicada em 2003, na Espanha, e ainda é um material pouco lido e conhecido do público no Brasil, principalmente dos planetaristas, talvez por ter sido escrito em Espanhol. Isso é constatado ao se verificar que poucos estudiosos citam esse texto nas referências bibliográficas de pesquisas sobre o tema “Planetário”.

O Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio (1955 – 2017) era goianiense e também cidadão espanhol. Trabalhou como professor e diretor no Planetário da UFG de dezembro de 1991 a agosto de 2017 e foi presidente da ABP – Associação Brasileira de Planetários, por dois mandatos. A biografia de Juan pode ser consultada no número 15 da Revista Planetaria da ABP, de 2017: <https://planetarios.org.br/revista-planetaria/edicao-15/>

A tese de doutorado “El Planetario – Un recurso didáctico para la enseñanza de la Astronomía”, escrita em Espanhol, foi produzida entre setembro de 1999 e março de 2003 na Universidad de Valladolid no Programa de Doctorado en Didáctica de las Ciencias, sob orientação do Prof. Dr. Jesus Mariano Merino de la Fuente, pela Facultad de Educación y Trabajos Sociales, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Geodinámica.

A versão impressa original está disponível na Universidad de Valladolid, e a opção de download da versão digital é acessível pelo link oficial da biblioteca Reina Sofía.

Essa tese de doutorado foi revalidada pelo PPGECT - Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

Juan fez comunicações orais dos resultados desta tese em 2003 no VIII Encontro Brasileiro de Planetários, em Santa Maria – RS, e em 2004, na conferência da IPS – International Planetarium Society, em Valência, Espanha.

Esse material é produto da prática docente ao longo de 21 anos, que Juan vivenciou desde 1981, como professor na Universidade Católica de Goiás (atual PUC-GO) e professor e planetarista na UFG, passando do experimental para o teórico e fazendo uma retroalimentação dos dados obtidos a partir do estudo com 760 alunos.

O volume da tese tem 309 páginas distribuídas em seis capítulos: Presentación; Cap. 1. La Astronomía en el mundo; Cap. 2. Planteamiento del problema; Cap. 3. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias; Cap. 4. La Astronomía en el Planetario; Cap. 5. La investigación-acción en el aula; Cap. 6. El diseño curricular final; Consideraciones Finales.

O Capítulo 1 é uma breve discussão entre as relações da Astronomia com a Mitologia, a Cultura e a História, buscando mostrar a grande responsabilidade em se ensinar e aprender temas dessa área do conhecimento humano. Aborda os mitos da criação do Universo segundo as visões Babilônica, Hindu, Maia, Asteca e Karajá. Traz um panorama da História cronológica da Astronomia.

O Capítulo 2 trata das inquietudes de Juan, enquanto docente e planetarista, atuando em duas universidades. O pressuposto teórico dessa investigação é que toda prática docente em Astronomia, contém teorias implícitas, e que quando se pensa criticamente no processo de ensino-aprendizagem da Astronomia, é possível identificar um amplo e deficiente campo de investigação didática, que necessita grande atenção da comunidade de professores.

A dicotomia teoria x prática, está marcada no fato de que na maioria dos casos, os professores que ensinam Astronomia não são especialistas nessa área, e quando o são (Astrofísicos), também não estão preocupados com o processo pedagógico e nem com o uso de estratégias didáticas adequadas.

O Capítulo 3 apresenta revisões, críticas e sugestões ao pesquisador dos temas de aprendizagem nas Ciências, investigação educativa, Educação em Ciências, teorias de aprendizagem, teorias de ensino, ensino da Astronomia e investigação didática em Astronomia.

O Capítulo 4 aborda o conceito de Planetário e seus diferentes modelos, a evolução histórica deles, o Planetário no processo de ensino e de aprendizagem e na aprendizagem da Astronomia.

O Capítulo 5 explora as origens e o que é a metodologia aplicada da investigação-ação. Há a descrição das ações realizadas junto aos participantes, a validação dos resultados e a comprovação da estrutura curricular proposta. Neste capítulo foi possível reunir elementos para racionalizar porque o trabalho educativo cotidiano de Juan era como era, e como a investigação-ação se tornou para esse pesquisador, uma forma de unir a teoria com os diferentes aspectos que lhe ocorriam na prática.

Tal como se espera da aplicação da investigação-ação, o Capítulo 6 conclui com a formatação e a experimentação de um curso de Astronomia, com objetivos atitudinais, procedimentais e conceituais, a metodologia, os recursos didáticos e a avaliação do curso.

Para finalizar, o recado que Juan deixa de seu trabalho: o professor deve transformar os modos habituais de aprender e de ensinar Astronomia, usando o Planetário como um equipamento facilitador de ensino, para ajudar a formar indivíduos com capacidade de pensar e atuar de forma racional e livre, independente da área de formação dos alunos. Os professores de Astronomia devem ser capazes de explicar suas ações didáticas, que devem ser fruto da reflexão sobre a ação e o uso de modelos teóricos educacionais.

Essa é uma tese de doutorado recomendada a quem ensina Astronomia e, se principalmente, trabalha em um Planetário. Certamente os profissionais de Planetários já passaram ou passam pelas inquietudes educacionais relatadas por Juan.

Juan era professor e pesquisador em Educação em Astronomia e procurava aprender e se reinventar constantemente, seja orientando ousados temas de Educação em Ciências na pós-graduação ou em suas aulas, sempre muito provocativas e que convidavam à reflexão e à contestação. Esta última, a sua marca, que carregava como modo de vida profissional e como cidadão.

REFERÊNCIA

BARRIO, Juan Bernardino Marques. *El Planetario – Un recurso didáctico para la enseñanza de la Astronomía*. Chasque 309 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Doctorado En Didáctica de Las Ciencias, Departamento de Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Geodinámica, Universidad de Valladolid, Valladolid, 2002. Disponível em:
https://almena.uva.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991004865889705774&context=L&vid=34BUC_UVA:VU1&lang=es&search_scope=FISICO_ELECTRO&adapter=Local%20Search%20Engine&tab=LibraryCatalog&query=any,contains,EL%20PLANETARIO%20-%20UN%20RECURSO%20DIDACTICO%20PARA%20LA%20ENSE%20C3%91ANZA%20DE%20LA%20ASTRONOM%20C3%8DA&offset=0. Acesso em: 15 ago. 2023.