



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Física Gleb Wataghin

DENIS EDUARDO PEIXOTO

**ASTRONOMIA COMO DISCIPLINA INTEGRADORA PARA
O ENSINO DE CIÊNCIAS**

**ASTRONOMY AS INTEGRATING DISCIPLINE FOR THE
SCIENCES TEACHING**

**CAMPINAS
2018**

DENIS EDUARDO PEIXOTO

ASTRONOMIA COMO DISCIPLINA INTEGRADORA PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de DOUTOR em ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, na Área de ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Thesis presented to the Multiunidades Program in Science and Mathematics Teaching in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor, in the area of SCIENCE AND MATHEMATICS TEACHING.

Orientador: PROF. DR. MAURÍCIO URBAN KLEINKE

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA
PELO ALUNO DENIS EDUARDO
PEIXOTO E ORIENTADA PELO PROF. DR.
MAURÍCIO URBAN KLEINKE

CAMPINAS
2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin
Lucimeire de Oliveira Silva da Rocha - CRB 8/9174

P359a Peixoto, Denis Eduardo, 1982-
Astronomia como disciplina integradora para o ensino de ciências / Denis Eduardo Peixoto. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Maurício Urban Kleinke.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin.

1. Integração curricular. 2. Astronomia - Estudo e ensino. 3. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação. 4. Ensino de ciências. I. Kleinke, Maurício Urban, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física Gleb Wataghin. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Astronomy as integrating discipline for the sciences teaching

Palavras-chave em inglês:

Curriculum integration

Astronomy - Study and teaching

Interdisciplinary approach in education

Science teaching

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Titulação: Doutor em Ensino de Ciências e Matemática

Banca examinadora:

Maurício Urban Kleinke

Paulo Sérgio Bretones

Eugênio Maria de França Ramos

Maria José Fontana Gebara

Adriana Vitorino Rossi

Data de defesa: 26-02-2018

Programa de Pós-Graduação: Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Maurício Urban Kleinke

Prof. Dr. Paulo Sérgio Bretones

Prof. Dr. Eugênio Maria de França Ramos

Prof^a. Dr^a. Maria José Fontana Gebara

Prof^a. Dr^a. Adriana Vitorino Rossi

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

*Para Ana Eliza, Alice e Amara.
Por me ensinarem os reais significados
das palavras Amor e Saudades!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Maurício Urban Kleinke por toda a colaboração e paciência instaurada ao longo dos anos de realização da pesquisa. Seus julgamentos e conselhos foram de extrema relevância, não apenas para a construção de um trabalho acadêmico, mas também para minha formação como pesquisador e professor.

Agradeço imensamente as escolas que participaram da pesquisa, nos propiciando materiais e demais objetos de estudos, necessários para a elaboração da tese. Em especial, agradeço a coordenadora pedagógica Francisca Helena Martello Rodrigues e a diretora Andrea Bertolani, por todo carinho e incentivo que me propuseram ao longo dos últimos anos.

Agradeço aos familiares Luiz Carlos Smaniotto, Marilda R. P. Smaniotto, Sylvio R. Peixoto e Regina R. B. Peixoto, por apoiarem e entenderem a importância dessa etapa de estudos em minha vida.

Mais do que um agradecimento, dedico todo esse presente trabalho (e todas as minhas ações futuras) à minha filha Alice Peixoto e à minha esposa Ana Eliza Smaniotto, pois sem o incentivo, a paciência e todos os sorrisos que me alegram nas primeiras luzes matinais, nada disso seria possível. Vocês são as estrelas que iluminam minha breve jornada nesse pequeno e pálido ponto azul.

*“Existe uma teoria que diz que, se um dia
alguém descobrir exatamente para que serve
o Universo e por que ele está aqui,
ele desaparecerá instantaneamente e será substituído
por algo ainda mais estranho e inexplicável.
Existe uma segunda teoria que diz que isso já aconteceu”.*

Douglas Adams

Resumo

Nossa proposta de trabalho inspirou-se na possibilidade da configuração e apresentação de uma disciplina integradora com conteúdo de astronomia para uma sala de primeiro ano do ensino médio de uma escola localizada no interior do estado de São Paulo, durante todo o ano de 2017. As aulas foram parte integrante do currículo obrigatório da referida instituição e ministradas semanalmente durante todo o período letivo. Para a determinação do conteúdo a ser trabalhado com os estudantes partimos da afirmativa de que a astronomia é uma ciência motivadora e que desperta enorme interesse para sua desenvoltura em sala de aula, principalmente na educação básica. Apesar da literatura atual corroborar tal cenário, não encontramos indicações explícitas sobre quais os temas dessa vasta área de saberes que realmente desperta a atenção de alunos e professores. Sendo assim, buscamos investigar quais temas mais se demonstraram interessantes para estudantes do ensino médio de diferentes escolas, mediante a utilização de um questionário fechado do tipo Likert e de sua respectiva análise estatística do tipo fatorial. Através da análise dos dados obtidos, relacionamos a disciplina a temas vinculados às pesquisas atuais e à viagem espacial, assim como temas associados à vida, temas que despertaram muito mais a atenção dos estudantes do que as orientações curriculares, desvelando a necessidade de um trabalho cujo viés interdisciplinar possa remeter o professor de ciências a estabelecer vínculos integradores com o atual ensino de astronomia. Notamos que os alunos demonstraram estar motivados e interessados durante o período de aulas, reforçando nossa hipótese de que práticas interdisciplinares, aliadas a temas atuais da astronomia como a astrofísica e a astrobiologia, colaboram para um ensino de ciências atual e inspirador.

Palavras-chave: Integração, ensino de astronomia, interdisciplinaridade, ensino de ciências.

Abstract

Our work proposal was inspired by the possibility of the configuration and presentation of an integrative discipline with astronomy content for a first year high school of a school located in the interior of the state of São Paulo, throughout the year 2017. For the determination of the content to be worked with students we start with the assertion that astronomy is a motivating science and that arouses enormous interest for its resourcefulness in the classroom, especially in basic education. Although current literature corroborates such a scenario, we do not find explicit indications as to which subjects in this vast area of knowledge really arouse the attention of students and teachers. Thus, we investigate themes were most interesting for high school students of different institutions, using a closed questionnaire of the Likert type and their respective statistical analysis of the factorial type. Through the analysis of the data obtained, we relate the discipline to topics related to current research and space travel, as well as themes related to life, themes that have aroused much more student attention than the curricular guidelines, revealing the need for an interdisciplinary work may refer the science teacher to establish integrative links with current astronomy teaching. We note that students have demonstrated that they are motivated and interested during the class period, reinforcing our hypothesis that interdisciplinary practices, coupled with current astronomy issues such as astrophysics and astrobiology, contribute to current and inspiring science education.

Key words: Integration, astronomy education, interdisciplinarity, science teaching.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Temas e objetivos para uma proposta de astronomia interdisciplinar.....	54
Tabela 2 - Itens com suas respectivas somas Likert, em ordem decrescente para o total da amostra.	67
Tabela 3 - Análise dos valores Likert para os itens, individualmente.	69
Tabela 4 - Dados para o primeiro critério de exclusão.	72
Tabela 5 - Itens e cargas fatoriais do questionário de interesse em astronomia, primeira exclusão.	73
Tabela 6 - Itens e cargas fatoriais do questionário de interesse em astronomia, final.....	74
Tabela 7 - Fatores com as temáticas associadas.	75
Tabela 8 - Relação dos conteúdos e suas respectivas áreas científicas.	82
Tabela 9 - Autoavaliação dos alunos sobre os seminários apresentados.....	85
Tabela 10 - Tipos de energia que os alunos determinaram como sendo viáveis para a utilização na base.	88
Tabela 11 - Questionário aplicado aos alunos.	90
Tabela 12 - Ciclos de geração de energia estelar.....	92
Tabela 13 - Porcentagem das respostas a questão 01 da última avaliação.	95
Tabela 14 - Índice de respostas às questões 2 e 3 da última avaliação.....	95
Tabela 15 - Índice de citações de disciplinas necessárias à elaboração do produto final.....	96
Tabela 16 - Porcentagem de respostas a questão 6.....	97
Tabela 17 - Porcentagem de repostas à questão 7.	97
Tabela 18 - Porcentagem de repostas à questão 8.....	98
Tabela 19 - Respostas a questão 9.	98

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	Justificativa e delimitação do problema.....	13
1.2.	Objetivos e problemas de pesquisa	16
1.2.1.	Caracterização da pesquisa	18
2.	DIÁLOGO INTERDISCIPLINAR.....	19
2.1.1.	Disciplinas e Interdisciplinaridade	19
2.1.2.	Disciplina, Interdisciplinaridade e Termos Associados.....	20
2.1.3.	A Integração das Disciplinas	23
3.	EVOLUÇÃO DA ASTRONOMIA	27
3.1.	Modelos astronômicos.....	27
3.2.	Astronomia Clássica.....	28
3.2.1.	A influência da luz na transição de modelos astronômicos	31
3.3.	Astronomia Integradora.....	33
3.3.1.	Astrobiologia	34
3.3.2.	Ondas Gravitacionais.....	38
4.	ENSINO DE ASTRONOMIA.....	40
4.1.	Diretrizes para o Ensino de Astronomia	40
4.2.	Tendências para a pesquisa em educação em astronomia.....	44
4.3.	Ensino de Astronomia e Concepções Metodológicas	47
4.3.1.	Professores de Ciências e o Ensino de astronomia.....	48
4.3.2.	Astronomia e a Integração dos Saberes	50
5.	METODOLOGIA.....	52
5.1.	Disciplina Integradora	52
5.1.1.	Formas de Avaliação e Acompanhamento	52
5.1.2.	Unidades de Estudo	53
5.2.	O Questionário	55

5.2.1.	Suporte documental para a determinação dos itens	55
5.3.	Análises Estatísticas	58
5.3.1.	Correlações	58
5.3.2.	Análise Fatorial.....	59
5.3.3.	Alfa de Cronbach.....	63
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
6.1.	Análise Fatorial	65
6.1.1.	Amostra Analisada.....	65
6.1.2.	Análise dos itens individualmente.....	66
6.1.3.	Alfa de Cronbach.....	70
6.1.4.	Análise das Correlações entre os Itens	71
6.1.5.	Interpretação da Análise Fatorial.....	75
6.2.	Disciplina Integradora de Astronomia	76
6.2.1.	Sequência didática da Disciplina Integradora.....	76
6.2.2.	Avaliação final da Disciplina Integradora	94
7.	CONCLUSÕES	102
8.	REFERÊNCIAS.....	107
9.	APÊNDICES	119
9.1.	Comitê de Ética	119
9.2.	Questionário Interesse em astronomia	123
9.3.	Formulários de avaliação dos alunos	124
9.4.	Guia de coleta de dados, experimento energia solar	126
9.5.	Cardápio	127

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa e delimitação do problema

Desde o início da humanidade as relações entre o ser humano e a astronomia interagem no sentido de contribuir para os moldes de uma sociedade, seja pelas criações humanas associadas ao calendário e à contagem do tempo (PICAZZIO, 2009); seja pelas premissas da origem da vida e do próprio universo. Todos esses temas permeiam o pensamento astronômico e nos conduzem a um imaginário que beira a ficção e nos proporcionam momentos de admiração e reflexão (PEIXOTO, 2013).

Historicamente, notamos que a evolução do pensamento astronômico se deu através dos séculos aliando conhecimento, imaginação e superstição (MARTINS et al., 2010), tornando o avanço da astronomia relacionado à superação de paradigmas científicos e, também, ao desenvolvimento de ferramentas e novas tecnologias que vieram ao auxílio não apenas do astrônomo, mas de tantas outras áreas científicas.

Durante a revolução científica, instaurada no século 17, a astronomia passou a utilizar instrumentos que propiciaram uma melhor qualidade observacional dos céus, aperfeiçoando sua cultura técnica e científica (ABDALLA, VILLELA NETO, 2004). Nesse período, são formuladas as leis do movimento planetário e da gravitação universal através das obras de Kepler e Newton, respectivamente, além dos primeiros relatos observacionais de Galileu, sendo esses os principais avanços na astronomia (SOUZA, 2004).

Da construção das lunetas até a elaboração dos primeiros telescópios refletores (que utilizam espelhos para a ampliação de imagens), a ótica geométrica instaurou-se como um dos principais suportes teóricos ao astrônomo (ZILIO, 2009). Por outro lado, e com o passar dos anos, a luz passou a ser trabalhada também nos moldes de uma teoria ondulatória, apresentando-se através da ótica física e, mais adiante, através da ótica quântica.

Sobre a luz enquanto objeto de estudo científico, Zilio sugere uma divisão de acordo com sua evolução:

[...] (a) ótica geométrica – que trata a luz como raios que se propagam em linha reta nos meios homogêneos e de acordo com as descrições de Newton; (b) ótica física – que leva em conta o estudo da natureza ondulatória das ondas eletromagnéticas e (c) ótica quântica – momento em que se quantiza o campo eletromagnético relacionando fótons e átomos. (ZILIO, 2009)

Essa transição no estudo da luz, além de possibilitar novas descobertas à astronomia, caracterizou-se na ruptura do paradigma da ótica geométrica para a ótica física, sendo que “essas transformações de paradigmas da ótica física são revoluções científicas e a transição sucessiva de um paradigma a outro, por meio de uma revolução, é o padrão usual do desenvolvimento da ciência amadurecida” (KUHN, 2005, p.32).

Dessa forma, os corpos celestes, outrora observados pela ocular de um telescópio, passaram a ter no espectro da luz sua principal fonte de obtenção de dados, fazendo com que novos instrumentos (por exemplo, espectrômetros e das câmeras CCD) fossem acoplados aos telescópios (ABDALLA, VILLELA NETO, 2004), possibilitando à astronomia novas abordagens, não apenas para o sistema solar, mas para muito além.

As teorias sobre a origem, estrutura e evolução do universo passaram, também, a ser melhor interpretadas através desses novos moldes observacionais. A hipótese do surgimento do universo no Big Bang e a nova visão acerca da gravidade propiciada pela relatividade geral, abriram caminhos para que outras ciências, tal como a cosmologia, viessem a se destacar como uma das várias ramificações da astronomia (SOUZA, 2004). “Hoje sabemos que vivemos em um universo em expansão, com bilhões de galáxias dentro de nosso horizonte, que iniciaram seu processo de formação há mais de 10 milhões de anos” (WAGGA, 2005).

Não apenas na ótica, mas o avanço no eletromagnetismo e na teoria quântica da matéria – particularmente nas abordagens do efeito fotoelétrico e da radiação do corpo negro – tornaram possível a interpretação das propriedades físicas das estrelas e de outros corpos celestes (HORVATH, 2008), ampliando o escopo da astronomia para outras especializações como a astrofísica e a astrobiologia (DAMINELLI, STEINER, 2010).

Nesse contexto, a astrofísica caracteriza-se como uma “ciência moderna que surgiu devido à necessidade do entendimento de fenômenos astronômicos através da utilização de um espectroscópio durante a segunda metade do século 19” (LONGAIR, 2006); sendo a astrobiologia, uma “área de pesquisa multi, inter e até transdisciplinar, que procura maneiras novas para entender o fenômeno da vida no Universo, sua origem, evolução, distribuição e futuro” (GALANTE et al., 2016) e que, dentre outras coisas, já nos possibilita detectar e até mesmo supor a possibilidade de vida em outros planetas que orbitam outras estrelas.

A exploração espacial possui um merecido destaque na evolução das observações astronômicas (ABDALLA, VILLELA NETO, 2004). Sendo a responsável pelo lançamento de

diversos satélites, sondas e telescópios espaciais, a astronáutica nos possibilitou corrigir diversos problemas na observação terrestre dos astros, melhorando significativamente sua qualidade e contribuindo, ainda, para a observação ininterrupta dos corpos celestes.

Sendo assim, acreditamos que a astronomia passou de uma ciência específica e bem consolidada a partir do século 17, para uma área ampla e muito mais abrangente, caracterizando-se pelo surgimento de diversas outras áreas de estudo e pesquisa cujas relações interdisciplinares tornam-se evidentes à medida que várias de suas ramificações passaram a tratar de objetivos específicos em comum.

Além de seu destaque enquanto ciência, é fato que conteúdos específicos dessa área sejam de obrigatoriedade da educação básica (SOBREIRA, 2010). Porém, não há uma determinação específica para que o ensino de astronomia seja alvo das licenciaturas, (BRETONES, COMPIANI, 2012). Nos questionamos qual seria o enfoque astronômico apresentado nas salas de aula. Os temas e conteúdos sugeridos nas diretrizes e componentes curriculares sobre a astronomia acompanharam essa desenvoltura rica em aspectos interdisciplinares e tecnológicos?

Apesar de a estrutura formal do ensino de astronomia, hoje, no Brasil, basear-se em um modelo de astronomia tradicional/observacional (LANGHI, NARDI, 2012), tanto o aluno quanto o professor sofrem o impacto das informações sobre astrofísica, cosmologia e astrobiologia, as quais se originam nas mais diferentes mídias, sugerindo que os alunos venham a adquirir expectativas sobre esses temas específicos e cujo interesse se evidenciam sobre outros. E ainda:

Se fizermos uma análise mais apurada, veremos que ela tem potencialidades muito maiores, os quais têm sido desperdiçadas e, ao nosso ver, muitas vezes também desprezadas. Possui, se bem trabalhados, fortes recursos interdisciplinares, na medida em que envolve áreas do saber como História, Geografia, Ciências de modo geral, Matemática e até Ciências da Linguagem. (BRETONES, 1999, p. 1)

Petroselli (2008) aponta uma visão interessante sobre a expectativa de alunos que buscam conhecimentos específicos sobre o tema, seja na forma de cursos de extensão ou de formação continuada, o que pode indicar também a expectativa de muitos professores sobre o assunto. Muitos dos estudantes que chegam a esses cursos, geralmente de astronomia introdutória, não sabem o que esperar, na verdade muitos nem sequer sabem o que a astronomia ou mesmo a ciência são:

Pesquisas conduzidas nessa área demonstraram que, apesar de os alunos esperarem aprender sobre estrelas, planetas, galáxias, buracos negros, cometas, Lua e Sol, muitas vezes ficam desapontados com o fato de os nomes e as localizações das estrelas e constelações brilhantes não serem um foco importante de um curso. Isso também se torna uma verdade para o fenômeno OVNI e sobre as viagens espaciais. Alguns estudantes esperam, até mesmo, aprender sobre a atmosfera e o clima na astronomia introdutória. Uma maneira simples de reunir algumas informações sobre os alunos e suas expectativas é pedir que escrevam em um pedaço de papel, seu nome, passatempos ou interesses, seus motivos para estudar astronomia, o que eles acham que a astronomia é e o que eles esperam aprender sobre o tema. Isso pode revelar que expectativas falsas estão presentes. (PETROSELLI, 2008, p. 258-259)

As expectativas mencionadas pelo autor, sugerem que os estudantes não estão interessados apenas em conteúdos específicos de astronomia. Há, ainda, o interesse em temas correlacionados, como em meteorologia e em ciências espaciais, sugerindo que haja uma transição de um modelo astronômico clássico para um modelo de astronomia interdisciplinar, mais próximo do real interesse dos alunos para seu ensino propriamente dito. Essa transição já é evidente em alguns países da Europa e nos EUA que, apesar de ter parte de seu ensino vinculado à clubes e demais instituições de educação não formal (LANGHI, NARDI, 2012), contribuem para uma astronomia vinculada à problemas da astrofísica e da astrobiologia.

Há de se relacionar, ainda, as tendências na pesquisa realizada atualmente na área. Mesmo que o ensino de astronomia no Brasil seja alvo principal do Ensino Fundamental (EF) numa perspectiva observacional e relacionado ao sistema Sol-Terra-Lua (PEIXOTO, 2013), principalmente, há uma tendência na pesquisa relacionada ao ensino de astronomia em aproximar seus conteúdos de temas atuais e amplamente divulgados na mídia. Esse fato pode ser corroborado através do diagnóstico da presença, em maior quantidade, de artigos relacionados à cosmologia, astrofísica e gravitação em eventos e revistas especializadas na área de Ensino de Ciências (BRETONES, MEGID NETO, 2003).

1.2. Objetivos e problemas de pesquisa

Para a configuração de um estudo sobre o ensino de astronomia, optamos pela elaboração e aplicação de uma disciplina integradora para alunos do Ensino Médio (EM) de uma instituição localizada no interior do estado de São Paulo, buscando relacionar diversas áreas do saber, nos aproximando dos temas que os estudantes demonstrassem maior interesse para um estudo em sala de aula.

Para isso, nossos objetivos de pesquisa constituíram-se em:

- Evidenciar a relação dos alunos com temas de astronomia por meio da integração no ensino de Ciências da Natureza e

- Observar se os conteúdos sugeridos pelas orientações curriculares oficiais para a educação básica poderiam sofrer atualizações quanto à disposição de temas sobre astronomia.

Dessa forma, optamos pela composição de dois questionamentos investigativos, de modo a configurar nossa pesquisa em dois segmentos distintos, porém complementares: uma análise qualitativa sobre a relação dos alunos com a disciplina integradora e uma análise exploratória quantitativa por meio de um questionário sobre interesse em temas astronômicos:

1 - Quais os limites e contribuições de uma disciplina integradora, com conteúdo de astronomia, para uma prática de ensino interdisciplinar na educação básica?

2 - Por meio de um questionário de interesse, há como evidenciar se conteúdos atuais em astronomia apresentam potencial interdisciplinar e motivacional para o estudo de Ciências da Natureza?

O primeiro questionamento evidencia nossa preocupação em compreender as relações que os estudantes disporiam ao terem contato com uma disciplina integradora sobre astronomia. Para isso, levamos em consideração a proposta de Smith (2009) que sugere que cursos personalizados (com temáticas específicas) podem propiciar grande impacto no ensino de ciências, melhorando significativamente a motivação dos alunos; e a proposta de (Plotnick et al., 2009), cujo viés interdisciplinar de uma disciplina de astronomia, ministrada para professores de ciências, nos forneceu indícios sobre a divisão das nossas unidades de estudo.

Para delinear o segundo questionamento investigativo buscamos inverter a lógica tradicional das afirmações genéricas sobre a astronomia ser uma ciência que atrai e interessa aos estudantes e resolvemos, previamente à elaboração da disciplina, perguntar aos estudantes quais seriam os tópicos de astronomia que mais atrairiam seus interesses, por meio da aplicação de um questionário exploratório sobre o tema.

O resultado obtido através da análise do questionário, serviu como base para a seleção do conteúdo apresentado aos estudantes na disciplina. Porém, para que o questionário demonstrasse uma maior confiabilidade estatística, realizamos sua aplicação não apenas para a amostra de alunos que cursariam a disciplina, mas expandimos seu preenchimento para outras três instituições, totalizando 374 respondentes.

1.2.1. Caracterização da pesquisa

Motivados pelos nossos objetivos e questionamentos investigativos, aqui delineados, realizamos uma pesquisa com alunos do EM de distintas escolas do interior do estado de São Paulo e do Paraná visando obter um aporte estatístico que pudesse servir de apoio para uma análise qualitativa baseada no estudo interdisciplinar da astronomia.

Iniciamos nossa pesquisa pela elaboração e aplicação de um questionário fechado, no formato de escala Likert, com o intuito de classificar possíveis temas de interesse em astronomia por parte dos alunos. Essa etapa configurou-se numa análise exploratória quali-quantitativa, cujos indícios estatísticos nos direcionaram quanto à natureza epistemológica da disciplina integradora, ou seja, de que forma poderíamos proceder para a divisão do conteúdo em unidades específicas de estudos.

Baseados em nossa análise exploratória, numa segunda fase, apresentamos temas astronômicos aliados a distintas áreas do saber durante aulas de um eixo integrador de Ciências da Natureza (ECN) para uma das turmas estudadas previamente e através da realização de uma pesquisa ação que se caracteriza, de maneira geral, “na implicação de um plano de ação, assim como a descrição concomitante do processo cíclico resultante” (MOREIRA, 2011, p.93). Dessa forma, o pesquisador atuou tanto como docente responsável pela disposição do conteúdo, assim como pesquisador propriamente dito.

Apresentaremos, no Capítulo 2, um diálogo interdisciplinar, discutindo a interdisciplinaridade e alguns de seus termos adjacentes. O Capítulo 3 foi configurado de modo a delinear uma breve discussão sobre astronomia e sua evolução aliada a outras áreas científicas, tais como teorias da física moderna e da (astro)biologia.

No Capítulo 4 fomentamos como se dá o ensino de astronomia na educação básica, no Brasil e numa breve análise internacional. Discutimos as tendências para a pesquisa em educação e astronomia, bem como a relação da astronomia com a integração de saberes.

Nos Capítulos 5 e 6, apresentaremos nossos métodos de pesquisa e disporemos nossos resultados, concluindo nosso trabalho através de um novo olhar e de novas perspectivas para o ensino de astronomia no Capítulo 7.

2. DIÁLOGO INTERDISCIPLINAR

Para que pudéssemos dar início à elaboração da disciplina integradora fez-se necessário ampliar nossos referenciais teóricos para além do ensino de astronomia, buscando integrar diversos conceitos de Ciências da Natureza. Sendo assim, ao optarmos pela disciplina integradora, remetemo-nos ao estudo da interdisciplinaridade e algumas de suas extensões. Apresentamos um breve diálogo sobre a utilização do termo interdisciplinaridade, assim como de suas extensões, como é o caso da multi, pluri e transdisciplinaridade. Posteriormente, abrangeremos a integração como uma das variadas formas de propiciar momentos interdisciplinares.

2.1.1. Disciplinas e Interdisciplinaridade

A disciplinarização do conhecimento em áreas distintas se deu no século 18, momento em que os campos de saberes entram em conflitos e cada disciplina desenvolve seu próprio método de lidar com suas problemáticas cotidianas, tornando a especialização parte inerente às suas práticas (KLEIN, 2010). Como fruto dessa transformação do conhecimento em estruturas disciplinares, podemos afirmar que a taxonomia do século 19 foi demarcada pela especialização dos saberes.

Pombo (2005) ao observar essas especializações afirma ser essa especificidade de cada disciplina ou de cada tópico de conhecimento “uma tendência da ciência moderna”. Porém, Japiassú entende que “a especialização exagerada e sem limites das disciplinas científicas, a partir sobretudo do século 19, culmina cada vez mais numa fragmentação crescente do horizonte epistemológico” (JAPIASSÚ, 1976, p. 40 e 41).

O termo “interdisciplinar”, surge em meados do século 20, acompanhado por uma série de práticas – principalmente científicas – ditas interdisciplinares, nos Estados Unidos e em alguns países europeus. Mais precisamente, “as abordagens interdisciplinares surgem devido a um desajuste percebido entre as necessidades, a experiência, a informação e a estrutura do conhecimento incorporada na organização disciplinar convencional” (KLEIN, 1996).

Lattuca (2003) sugere que a noção de interdisciplinaridade tenha sido primeiramente utilizada pelos membros da Social Science Research Council (SSRC) em Nova Iorque na década de 1920. Essa noção passa a melhor se desenvolver nos Estados Unidos, em resposta às demandas sociais e à pressão de uma perspectiva funcional (LENOIR et al., 2015).

Esse cenário pode ser justificado de forma a entender que “os desafios do mundo moderno exigem resoluções de problemas integradas e, em um nível mais abrangente” (KLEIN, 1996).

Sobre o conceito de disciplina, Klein (1999) afirma que, “como campos de pesquisa em um aspecto particular do mundo, as disciplinas especificam os objetos estudados, os métodos e conceitos utilizados, as teorias aceitas e as premissas feitas sobre o que é válido” (KLEIN, 1999, p.11). Para Berger (1972), disciplina é o conjunto específico de conhecimentos que têm as suas características próprias no terreno do ensino, da formação, dos mecanismos, dos métodos e dos materiais. Com outro olhar, Japiassú define disciplina e disciplinaridade como

[...] essa progressiva exploração científica especializada numa certa área ou domínio homogêneo de estudo. Uma disciplina deverá, antes de tudo, estabelecer e definir suas fronteiras constituintes [...] falar de interdisciplinaridade é falar de interação de disciplinas. E disciplina, como a entendemos, é usada como sinônimo de ciência, muito embora o termo *disciplina* seja mais empregado para designar o *ensino de uma ciência*, ao passo que o termo *ciência* designa mais uma atividade de pesquisa”. (JAPIASSÚ, 1976, p.61)

2.1.2. Disciplina, Interdisciplinaridade e Termos Associados

Sobre a utilização dos diversos termos ligados aos conceitos de disciplina e interdisciplinaridade, estes passam a ser demasiadamente generalizados, por vezes empregados de forma equivocada, dando a impressão de que seja algo fácil de ser realizado (GEBARA, 2009, p.79).

Para Fazenda (1995), na década de 1970, teria ocorrido a definição dos termos e dos conceitos associados à interdisciplinaridade. Essa primeira grande classificação taxionômica dos diversos novos termos foi elaborada durante uma conferência internacional ocorrida na França e publicada em 1972 pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento da Economia (OCDE).

Nesses documentos, ao invés de um consenso sobre a definição de “interdisciplinaridade”, foram criados outros termos relativos à “disciplina”: multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. Esses termos passaram a constituir o núcleo do vocabulário utilizado para a compreensão da interdisciplinaridade em si (KLEIN, 2010).

Essa diferenciação linguística inicial culminou com a proliferação de novos termos associados a novas taxonomias não disciplinares, evidenciando uma classificação de esquemas que se diferenciam pela sua interação disciplinar, por seus modos de integração e por suas

estruturas de organização. Dessa forma, apesar de uma divisão de terminologias, os termos se relacionam pela utilização do conceito de disciplina em suas raízes epistemológicas.

Nesse contexto, faz-se necessário tomarmos conhecimento de alguns dos principais termos da literatura para que possamos identificar relações e complementações que venham a enriquecer um possível perfil integrador para a interdisciplinaridade. Porém, “numa primeira abordagem, convém ressaltar que o campo das pesquisas multi e interdisciplinares parece desafiar toda e qualquer tentativa de definição” (JAPIASSÚ, 1976, p.49). E mais:

[...] a metodologia interdisciplinar irá exigir de nós uma reflexão mais profunda e inovadora sobre o próprio conceito de ciência e de filosofia, obrigando-nos a desinstalar-nos de nossas posições acadêmicas tradicionais, das situações adquiridas, e a abrir-nos para perspectivas e caminhos novos. Ademais, exigirá de nós que reformulemos nossas estruturas mentais, que desaprendamos muita coisa, que desconfiemos das cabeças bem arrumadas, pois, em geral, são bastantes desarrumadas, tendo necessidade de uma nova rearrumação. (JAPIASSÚ, 1976, p. 42)

Para Olga Pombo, o termo multidisciplinaridade pode ser considerado como uma justaposição de disciplinas que tendem a não cooperar entre si, (POMBO, 2005, *online*). Sendo que, para Mozena e Ostermann, a expressão é entendida como “um tema comum a várias disciplinas, que é trabalhado de maneira isolada e disciplinar na sala de aula, sem nenhuma relação entre si” (MOZENA, OSTERMANN, 2014).

Para Japiassú (1976), multidisciplinaridade é uma “gama de disciplinas que propomos simultaneamente, mas sem fazer aparecer as relações que podem existir entre elas” (JAPIASSÚ, 1976, p. 73). Dessa forma, um conceito pode ser explorado por mais do que uma vertente disciplinar, porém sem a necessidade de uma relação linear entre elas. Em outras palavras, na multidisciplinaridade, um conceito pode ser explicado sem que haja a necessidade implícita de uma apresentação inter-relacionada.

A pluridisciplinaridade também pode ser considerada como uma justaposição de disciplinas, porém mais ou menos próximas umas às outras nos seus campos de conhecimento (POMBO, 2005, *online*). Japiassú (1976), em outras palavras, também define o termo como sendo uma “justaposição de diversas disciplinas situadas geralmente no mesmo nível hierárquico e agrupadas de modo a fazer aparecer as relações existentes entre elas” (JAPIASSÚ, 1976, p.73). Sendo assim, evidenciamos que:

Tanto o multi quanto o pluridisciplinar realizam apenas um agrupamento, intencional ou não, certos módulos disciplinares, sem relação entre as disciplinas (o primeiro) ou com algumas relações (o segundo): um visa à construção de um sistema disciplinar de apenas um nível e com diversos objetivos; o outro visa à construção de um sistema de um só nível e com objetivos distintos, mas dando margem à certa cooperação (JAPIASSÚ, 1976, p.72 e 73).

O termo transdisciplinaridade é explicitado como algo muito próximo de uma integração global de várias ciências e que aponta para um objeto comum, situado além do horizonte da investigação epistemológica (GUSDORF, 1990). Ou, em outras palavras, “se cada disciplina propõe um caminho de aproximação ao saber, se cada aproximação revela um aspecto da verdade global, a transdisciplinaridade aponta para um objeto comum” (POMBO, 2005, *online*).

Uma primeira tentativa de definição de interdisciplinaridade, foi enunciada pela publicação da OCDE, em 1972 e nota-se uma utilização intensa das palavras integração e interação no corpo do seu texto. Consideram a interdisciplinaridade como:

[...] um adjetivo que descreve a interação entre duas ou mais disciplinas diferentes. Essa interação pode variar desde a simples comunicação de ideias até a integração mútua de conceitos organizacionais, metodologia, procedimentos, epistemologia, terminologia, dados e organização de pesquisa e educação em um campo bastante amplo. Um grupo interdisciplinar consiste em indivíduos com diferentes conceitos, métodos e dados, e uma abordagem problemática comum para a intercomunicação contínua entre os participantes das diferentes disciplinas. (OCDE, 1972, p. 25-26, tradução nossa)

Para Lattuca (2003), essa definição assume uma base disciplinar para a interdisciplinaridade, mas não exclui formas de interdisciplinaridades nas quais as disciplinas não sejam o centro. “Portanto, numa primeira aproximação, a interdisciplinaridade se define e se elabora por uma crítica das fronteiras das disciplinas, de sua compartimentação” (JAPIASSÚ, 1976, p.54).

Apesar do termo interdisciplinaridade não possuir um sentido único e estável, (FAZENDA, 2002, p. 25), baseia-se no mesmo princípio, caracterizando-se “pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa” (JAPIASSÚ, 1976, p. 74).

Dessa forma é possível estabelecer finalidades para o conceito de interdisciplinaridade, que se evidenciam em quatro campos distintos para sua operacionalização, abordados pela particularidade dos problemas e preocupações de questões organizacionais, da pesquisa e do ensino. Esses campos de operacionalização são: a interdisciplinaridade científica, a interdisciplinaridade escolar, a interdisciplinaridade

profissional e a interdisciplinaridade prática (LENOIR, 1998), sendo as de maior evidência na literatura, a interdisciplinaridade científica e a interdisciplinaridade escolar.

A interdisciplinaridade, no contexto escolar, "pressupõe a existência de ao menos duas disciplinas como referência e a presença de uma ação, recíproca" (Germain 1991 apud Lenoir 1998, p. 143). Para Lenoir (1998, p. 47) a interdisciplinaridade escolar "trata das matérias escolares, não de disciplinas científicas", podendo ser objeto de pesquisa, ensinada e praticada. Mais precisamente sobre as matérias escolares, essas não se evidenciam como cópias ou transposição de saberes das disciplinas científicas, mas sim da efetivação da tomada de empréstimos disciplinares para a sua configuração, sendo, portanto, curricular, didática e pedagógica.

Para Fazenda (2008), a perspectiva da interdisciplinaridade escolar é educativa, sendo que suas "noções, habilidades e técnicas visam favorecer sobretudo o processo de aprendizagem respeitando os saberes dos alunos e sua integração".

Para nós, o conceito de interdisciplinaridade será apropriado no contexto do presente trabalho como uma aplicação de distintas disciplinas na solução de problemas específicos, onde o limite de atuação e os paradigmas de cada disciplina são enfraquecidos ou desmanchados, buscando se aproximar, de certa forma, do conceito de integração das disciplinas.

2.1.3. A Integração das Disciplinas

A maioria das definições interdisciplinares, trata a integração de disciplinas como o teste decisivo da interdisciplinaridade, porém, faz-se lembrar que há diferenças entre esses dois conceitos. "A interdisciplinaridade trata dos saberes escolares, a integração é, antes de tudo, ligada a todas as finalidades da aprendizagem. Ela deve estabelecer relações estreitas entre os conceitos de interdisciplinaridade e integração" (LENOIR, 1998, p.53), e ainda:

A interdisciplinaridade é fator de transformação, de mudança social, enquanto a integração como fim em si mesma, é fator de "estagnação", de manutenção do "status quo". Na integração a preocupação seria ainda com o conhecer e relacionar conteúdos, métodos, teorias ou outros aspectos do conhecimento. (FAZENDA, 2002, p. 48)

Para Klein (1998) a integração veio a significar não apenas uma estrutura específica ou um método particular de ensino, mas também um processo que ocorre quando as pessoas interagem com o meio, sendo que "do ponto de vista integrador, a interdisciplinaridade requer um equilíbrio entre amplitude, profundidade e síntese" (KLEIN, 1998, p. 121).

Para Skora (2012) optar por um ensino integrado é colocar-se em uma posição de busca de caminhos alternativos da prática que domina a cultura da sociedade atual. E ainda que:

[...] as abordagens curriculares / formativas integradas e temáticas ignoram as diferenças conceituais, processuais e epistemológicas que existem entre as várias áreas da matemática e das ciências. Sendo que, dentro de uma abordagem interdisciplinar, os aspectos únicos e valiosos das várias disciplinas acadêmicas podem ser mantidos enquanto ainda estão desenvolvendo a compreensão dos alunos sobre a interconectividade. (LEDERMAN, NIESS, 1997)

Sobre a disposição curricular, “é possível afirmar que toda forma de proposição de uma organização curricular, mesmo aquelas que defendem o currículo centrado nas disciplinas acadêmicas consideram importante discutir formas de integração dos conteúdos curriculares” (LOPES, MACEDO, 2011, p. 123). Essa visão é compartilhada por alguns dos documentos oficiais para a educação básica brasileira, que já se utilizam do termo integração para a disposição de suas unidades e temas de estudos, evidenciando a possibilidade de uma organização curricular integradora.

Mozena e Ostermann (2014) afirmam que, após a elaboração das Diretrizes Curriculares Nacionais, em 2012, os termos competências e habilidades perdem o foco e dão espaço a interdisciplinaridade, sendo que para o EM deve ser reservada 20% da carga horária anual com projetos interdisciplinares.

A BNCC, por exemplo, sugere que suas unidades temáticas “sejam consideradas sob a perspectiva da continuidade das aprendizagens e da integração com seus objetos de conhecimento ao longo dos anos de escolarização”, indicando que essa integração se torna evidente quando temas importantes como a sustentabilidade socioambiental, o ambiente, a saúde e a tecnologia são desenvolvidos concomitantemente (BRASIL, 2017, p. 329).

Na visão dos PCN de Ciências Naturais, a interdisciplinaridade “integra as disciplinas a partir da compreensão das múltiplas causas ou fatores que intervêm sobre a realidade e trabalha todas as linguagens necessárias para a constituição de conhecimentos, comunicação e negociação de significados e registro sistemático dos resultados” (BRASIL, 1998, p. 89).

Especificamente sobre o ensino de ciências, Blum (1973), enfatiza que “uma das coisas que o ensino integrado da ciência tenta fazer é interconectar as ciências [...] onde útil, elementos relevantes, conceitos, métodos de pesquisa podem ser emprestados de outra disciplina sem desfocar as diferentes estruturas, que são típicas para cada disciplina”, uma vez que:

Uma criança, ou um adulto, não aprende na mesma ordem lógica que aquela em que uma disciplina científica é organizada. Para fins de ensino, temos que levar em conta a psicologia do aluno e as formas em que ele forma conceitos. As estruturas de aquisição, assimilação e retenção de conhecimento são as mesmas, quer aprendamos biologia, química ou física. Muitos conceitos e as atitudes fundamentais em relação à ciência não são restritas por limites de disciplina. (BLUM, 1973)

Nesse viés, a ciência só poderia ser moldada através da elaboração de relações e inter-relações promovidas por estruturas de conhecimento que possuam a capacidade de representar uma totalidade (MARIA, 2013). “A percepção de que o conhecimento é cada vez mais interdisciplinar também resulta de fertilizações cruzadas diárias de ferramentas e instrumentos de empréstimo, métodos e técnicas, dados e informações, conceitos e teorias” (KLEIN, 1996).

De maneira mais específica, Lenoir (1998) aponta que a integração pode ser estudada através de três distintos pontos de vistas com objetivos em comum:

- I. O ponto de vista do educador, onde a integração é um processo de articulação curricular dos programas de estudo e gestão sobre o plano didático, do planejamento da intervenção educativa;
- II. O ponto de vista do formado, considerando a integração das aprendizagens;
- III. O ponto de vista da integração como integração de conhecimentos, ou seja, a integração define o resultado da aprendizagem em que se encontra o sujeito da aprendizagem.

Lenoir (1998), ainda suscita que há a necessidade de uma preocupação com certos questionamentos que devem ser respondidos para uma proposição a qualquer tipo de recurso integrador:

Quadro 1 - Questionamentos para a proposição da Integração.

1) Por que integrar, ou quais são as finalidades primeiras de tal opção?
2) O que integrar, ou quais são os objetos concernentes a um tal processo?
3) Quem integra, ou quais são os verdadeiros autores?
4) Como se faz a integração pelo sujeito, ou quais são os processos aos quais ele recorre?
5) A qual concepção do saber adere o educador, ou qual relação ele mantém com o saber?
6) A que condições se volta o educador para favorecer a integração das aprendizagens e dos saberes, ou quais são os modelos e as situações didáticas, os métodos, os procedimentos etc. aos quais ele deve recorrer?

Fonte: Lenoir 1998, p. 54 e 55

Dessa forma, a relação da integração com a interdisciplinaridade pode ser alcançada mediante os seis questionamentos, dispostos no Quadro 2. Em outras palavras, “as respostas para essas seis questões nos conduzem à noção de interdisciplinaridade, que nos leva ao ponto

de vista da atividade integrativa, ao ponto de vista da integração das aprendizagens, ou ao ponto de vista da integração dos conhecimentos” (LENOIR, 1998, p.55).

Em nossa pesquisa, optamos pela utilização do conceito de integração das ciências aplicado ao ambiente escolar para a elaboração e a construção de uma disciplina voltada para a astronomia. Nosso objetivo foi o de integrar os conceitos vistos nas diferentes disciplinas associadas às ciências da natureza (física, química e biologia) além de disciplinas próximas de outras áreas de conhecimento - científicas ou não - tais como geografia, geociências e ciências humanas. Essa integração irá se dar utilizando as relações entre esse conjunto de disciplinas do ensino médio tendo como situação problema geral uma viagem da Terra à Marte, bem como a sobrevivência em outro planeta do sistema solar.

3. EVOLUÇÃO DA ASTRONOMIA

Nesse capítulo discutiremos como se deu a evolução dos meios de obtenção de dados para estudos astronômicos. Nesse capítulo apresentamos a influência da ótica geométrica para os estudos astronômicos do século 17 e as primeiras observações realizadas por meio de instrumentos óticos, chegando à quebra de paradigmas da ótica física e ao caráter ondulatório da luz. Na sequência, analisaremos como algumas teorias físicas, como o eletromagnetismo e a teoria quântica influenciaram o pensamento astronômico e a evolução tecnológica das observações realizadas atualmente. Esses resultados acumulados evidenciam a importância de novos ramos de estudos astronômicos, como é o caso da astrobiologia, como potencial área integradora de saberes.

3.1. Modelos astronômicos

O modelo astronômico tradicional, fortemente baseado na observação por telescópios óticos, iremos denominar de astronomia clássica. Por astronomia clássica, entendemos a astronomia vinculada, diretamente, ao caráter geométrico da luz, tendo na observação dos astros e sua relação com a luminosidade seus principais aportes teóricos metodológicos. Os fenômenos mais abordados nesse modelo de astronomia estão associados principalmente ao sistema Sol-Terra-Lua e à observação dos astros na faixa do visível do espectro eletromagnético da luz, assim como ao estudo da gravidade e da sua influência na Terra.

Consideramos o modelo de astronomia do século 21 como a astronomia realizada através da utilização da ótica física e de sua integração com diversas outras áreas acadêmicas, tais como biologia, física, química, geologia e meteorologia. O fruto dessa integração se deve, ao menos em parte, aos experimentos realizados por cientistas que se aventuraram no estudo do caráter ondulatório da luz. Atualmente, as observações realizadas pelos mais diversos tipos de telescópios, terrestres ou espaciais, se deve à integração da ótica física com outras ciências, possibilitando-nos a observação de astros outrora invisíveis aos nossos olhos. Para melhor caracterizar essa vertente da astronomia no escopo do presente trabalho, iremos denominá-la de astronomia integradora.

3.2. Astronomia Clássica

A astronomia tem em sua história uma grande proximidade com momentos de evolução dos conceitos científicos, por meio de revoluções científicas, algumas vezes associadas à quebra de paradigmas. Observando então a ciência do século 17 temos que

[...]é comum caracterizar a revolução científica do século 17 como uma transformação completa da atitude fundamental do espírito humano. Essa transformação está expressa na oposição entre uma atitude ativa e uma atitude contemplativa: o homem moderno procura dominar a natureza, tornar-se “dono e senhor da natureza”, enquanto o homem medieval visa apenas contemplá-la. (MARICONDA, 2006)

Neste período, o paradigma astronômico vigente era o geocêntrico de Ptolomeu. Apesar de ser creditado a Platão, o modelo geocêntrico (Terra ao centro com a Lua; o Sol; os planetas Vênus, Marte, Júpiter, Saturno e as estrelas fixas girando ao seu redor) foi aprimorado por Hiparco que, pioneiramente se utilizou de epiciclos para uma melhor explicação da movimentação do Sol e da Lua em orbitas circulares e aperfeiçoado por Ptolomeu ao supor que os “planetas se movimentavam em órbitas compostas por um círculo principal, o deferente, ao qual se sobrepunha um círculo menor, resultando em um movimento de epiciclo” (SOUZA, 2004, p. 22). Porém, “no início do século 16, um número crescente dentre os melhores astrônomos europeus reconhecia que o paradigma astronômico estava fracassando nas aplicações a seus próprios problemas tradicionais” (KUHN, 2005, p.97).

A astronomia estava baseada num sistema de mundo estático, modelo esse que já perdurava por mais de um milênio. Através das obras de Copérnico sobre o heliocentrismo (Sol ao centro com os planetas e as estrelas fixas orbitando ao seu redor), a comunidade científica se deparou com uma abordagem matemática em que a Terra passou de grande protagonista para um mero e elegante coadjuvante, promovendo mudanças radicais não apenas na ciência, mas em outras áreas, entendendo-se assim que “a tese copernicana do movimento da Terra, ao descentralizar o observador e colocá-lo em movimento, teve um impacto de fundamental importância sobre o conjunto especificamente organizado da cultura, opondo-se diretamente ao conjunto do saber, da ciência, da religião e da opinião comum” (MARICONDA, 2006, p. 280).

Ressaltamos que a astronomia de Ptolomeu, quanto à predição da mudança de posição dos planetas e estrelas é extremamente bem-sucedida. “Nenhum outro sistema antigo saíra-se tão bem: a astronomia ptolomaica é ainda hoje amplamente usada para cálculos aproximados, no que concerne aos planetas, as predições de Ptolomeu eram ainda tão boas quanto as de Copérnico” (KUHN, 2005, p. 97).

Galileu após ter iniciado seus estudos acerca dos movimentos retilíneos, dá sua contribuição à astronomia sendo certamente, “quem mostrou a indiscutível utilidade científica do telescópio, realizando suas famosas observações astronômicas” (MARICONDA, 2006) da Lua, fases de Vênus, Júpiter, Marte, Saturno, das manchas solares, dentre outros, marcando o surgimento de um método prático e recém-aberto à astronomia.

Durante o mesmo período, Tycho Brahe e Johannes Kepler travaram uma árdua batalha na determinação da correta órbita dos planetas ao redor do Sol. Tycho Brahe, que por anos registrou a movimentação aparente de Marte, contribuiu para a astronomia observacional de maneira única. Mesmo sem o auxílio de instrumentos óticos avançados, Brahe obteve as melhores medições sobre a trajetória de Marte na esfera celeste proporcionando as evidências (observacionais) que faltavam para a queda da credibilidade do modelo geocêntrico, com precisão angular de 4 minutos (SOUZA, 2004).

Kepler – considerado um hábil matemático – estabeleceu entre os anos de 1609 e 1610 (por coincidência, período dos primeiros registros observacionais de Galileu) suas duas primeiras leis para o movimento planetário, afirmando que as órbitas dos planetas ao redor do Sol só teriam sentido se fossem elípticas e não círculos perfeitos, contribuindo negativamente para a concepção geocêntrica de universo.

[...] profundamente influenciado por concepções místico-filosóficas, sobretudo de natureza cristã e platônica, - Kepler - identificou na teoria copernicana a intuição de verdades mais amplas do que a simples adoção do sistema heliocêntrico. Acreditou que o modelo de Copérnico seria um prenúncio de uma nova teoria, capaz de descrever matematicamente um Universo ordenado e harmonioso. Assim, baseado em inúmeros dados astronômicos coletados por Tycho Brahe, Kepler constatou que os dados referentes às órbitas planetárias se ajustavam a uma forma matemática elíptica. (PORTO, PORTO, 2008)

Kepler foi também um dos precursores da teoria da gravitação universal, acreditando que “a teoria da gravidade deve se fundar sobre o axioma da atração mútua entre os corpos: por exemplo, a Terra atrai uma pedra tanto quanto essa pedra a atrai” (PORTO, PORTO, 2008), além de relacionar o período de órbita planetária com a distância média do mesmo ao Sol em sua terceira Lei para o movimento dos planetas.

Já neste período alguns fenômenos astronômicos observados no cotidiano eram bem explicados, tais como as fases da Lua, as estações do ano e os eclipses. “Copérnico já havia descoberto que o eixo de rotação da Terra apresenta um ângulo de $23,5^\circ$ em relação à normal ao plano da órbita em torno do Sol” (PORTO, PORTO, 2008), fundamentando a ocorrência das estações com a insolação local. Durante a elaboração de seu modelo de mundo, Copérnico se

deparou com uma pressão social para a reformulação do calendário, “pressão que tornou particularmente premente o problema da precessão dos equinócios” (KUHN, 2005).

Tanto a astronomia de Galileu quanto a de Kepler eram pautadas pelo caráter geométrico da luz. Após a divulgação das observações de Galileu, Kepler passa a estudar a ótica dos telescópios, tornando-o mais difundido “por possibilitar maior tolerância na acomodação visual” (ZILIO, 2009, p. 13), sendo outras contribuições fundamentais para a teoria ótica presentes seu livro *Dioptrice*, de 1611, trabalho em que Kepler “apresenta a lei de refração para pequenos ângulos, estabelecendo que os ângulos de incidência e refração são proporcionais” (ZILIO, 2009, p. 14).

Apesar dos esforços de Kepler para a teorização geométrica da luz, podemos considerar que

[...] a maior contribuição para o desenvolvimento da ótica nesta primeira metade do século 17 deveu-se a Willebrord Snell (1591-1626), que em 1621 introduziu a lei da refração (lei dos senos). O conhecimento desta lei deu origem à ótica aplicada moderna, permitindo o cálculo de sistemas ópticos mais complexos, não tratáveis pela aproximação paraxial introduzida por Kepler. (ZILIO, 2009, p.14)

Porém, foi apenas por meio da obra de Isaac Newton que a ótica geométrica foi aprofundada e elevada a outros patamares. Em 1668, Newton propõe um novo tipo de instrumento astronômico, o telescópio refletor, que se utilizava de espelhos e não de lentes como os telescópios de Kepler e a luneta de Galileu para a observação dos astros, corrigindo assim parte dos problemas da aberração cromática¹ dos telescópios refratores. Promove, assim, uma mudança brusca na maneira de realizar observações noturnas, tornando-as muito mais proveitosas quanto à nitidez e a observação de objetos mais distantes.

Além do aprimoramento do telescópio, as ideias de Newton sobre a dispersão da luz, viriam a servir de influência para os experimentos de Willian Hershel sobre a determinação da radiação infravermelha e da ampliação do espectro eletromagnético, relacionando distintas temperaturas às diferentes cores e faixas do espectro. Foi de Newton a conclusão de que a luz possuía uma composição espectral, e que sua dispersão por um prisma era explicada como sendo devida “à excitação de ondas no meio, por corpúsculos de luz; cada cor correspondia a um modo normal de vibração, sendo que a sensação de vermelho correspondia às vibrações mais longas, enquanto que o violeta, às mais curtas” (ZILIO, 2009, p.15).

¹ Fenômeno que ocorre quando o objeto observado apresenta “halos” coloridos em seu entorno, devido ao fato dos raios de luz de diferentes cores serem desviados em ângulos diferentes, não convergindo para um mesmo ponto. Fonte: <http://www.observatorio.ufmg.br/Pas90.htm>

Outra gigantesca contribuição de Newton à astronomia foi a elaboração da lei da gravitação universal, sendo que:

As leis do movimento planetário, enunciadas por Kepler, e do movimento dos projéteis terrestres tornaram-se exemplos de aplicação dos princípios básicos da teoria newtoniana, representados pelas três leis da mecânica e pela existência de uma força de ação a distância, através da qual dois corpos se atraem mutuamente com uma intensidade proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa. (PORTO, PORTO, 2008)

Não podemos nos esquecer que a teoria da gravitação universal foi uma das responsáveis por levar o ser humano à Lua, possibilitando também a instalação de telescópios na órbita de nosso planeta. E ainda,

Newton realizou uma notável revisão do conhecimento científico de seu tempo, reunindo em princípios fundamentais o que era esparsamente enunciado por seus antecessores. Assim, por exemplo ele mostrou que as três leis de Kepler poderiam ser reduzidas a uma única lei da gravitação universal e que a queda livre de corpos também estava regida pela mesma lei, fazendo assim a primeira e fundamental síntese das mecânicas celeste e terrestre. (NEITZEL, 2006, p.37)

Já nesse período (século 17), tanto a teoria ondulatória quanto a teoria corpuscular da luz eram aceitas pela comunidade científica e é nesse momento que surgem as primeiras medições sobre a velocidade da luz. Em 1676, através de observações de eclipses da lua Io, do planeta Júpiter, Dane Ole Christensen Römer demonstrou que, diferentemente do que se acreditava, a velocidade da luz era finita.

Observando-se o diâmetro aparente de Júpiter, era possível saber como a distância deste à Terra, $r(t)$, mudava com o tempo. Como o intervalo entre duas eclipses consecutivas variava com o tempo, associou-se esta variação à velocidade de propagação finita da luz, de acordo com $\Delta\tau = \Delta r/c$, de onde se obteve $c \approx 2.3 \times 10^8$ m/s. (ZILIO, 2009, p. 16)

A astronomia nesse período manteve-se aliada à ótica geométrica, conservando o caráter observacional como sua prática principal. No século 19, por outro lado, “apesar do enorme sucesso da mecânica newtoniana, a compreensão do universo não era grande [...] não se sabia nada sobre a estrutura de estrelas e galáxias ou sobre a estrutura da matéria. O desenvolvimento do eletromagnetismo foi essencial para estes entendimentos” (ABDALLA, SAA, 2010).

3.2.1. A influência da luz na transição de modelos astronômicos

O próximo passo para uma melhor compreensão da luz, foi tratá-la como fenômeno eletromagnético. Nesse sentido, podemos mencionar que a contribuição do eletromagnetismo à astronomia se deu, principalmente, através dos trabalhos de Michael Faraday e de James Clerk Maxwell, durante o século 19. Segundo Martins (2005)

Foi Michael Faraday (1791-1867) quem, em meados do século 19, defendeu mais fortemente a ideia de que as forças eletromagnéticas são transmitidas por linhas de força que tem realidade física. Segundo ele, duas cargas elétricas que se atraem ou repelem não interagem diretamente à distância. Elas são puxadas ou empurradas pelas linhas de força, que seriam coisas reais, que se estendem pelo espaço e que transmitem as forças entre as cargas. (MARTINS, 2005)

Ao instituir a movimentação de cargas pontuais e eletricamente carregadas, quando na presença de campos magnéticos e/ou elétricos, Faraday contribuiu para que Einstein viesse a elaborar sua versão relativística da gravidade. Atribuindo um campo gravitacional à sua teoria, Einstein propõe que as órbitas planetárias poderiam ser aferidas de maneira similar a uma carga elétrica instaurada numa região de campo magnético, fazendo com que a interação planeta-estrela se justificasse através das propriedades geométricas de deformação do espaço-tempo e não mais por meio da presença da força gravitacional entre ambas, como sugere o paradigma newtoniano (ABDALLA, SAA, 2010). Em outras palavras, “não existem testes, realizados por observadores locais, que permitam a esses distinguir entre um campo gravitacional e um referencial acelerado” (SOUZA, 2004, p.84).

A interpretação da relatividade especial de Einstein aliada à gravitação, na teoria da relatividade geral, ainda possibilitou a teorização de novos elementos para o universo deixando-o ainda mais fascinante e intrigante (ABDALLA, VILLELA NETO, 2004). Objetos como buracos negros e a previsão do periélio da órbita de Mercúrio trouxeram grandes impactos à física clássica aplicada aos astros. Nesse viés, o universo outrora considerado imutável, isotrópico e homogêneo passa a ser compreendido de maneira dinâmica, levando as teorias de expansão e inflação cosmológicas (WAGA, 2005).

Paralelamente a interpretação eletromagnética da luz, o avanço nos estudos de sua decomposição espectral, permitiu aos astrônomos levantarem melhores hipóteses sobre os constituintes e funcionamento de vários objetos celestes, principalmente sobre as estrelas e sua evolução. Esse fator culminou com o surgimento da astrofísica e da larga utilização da espectroscopia como principal ferramenta observacional do século 19:

Na espectroscopia, os espectros são obtidos pela dispersão ou singularização das ondas de luz de uma fonte em seus diferentes comprimentos [...] A espectroscopia separa a contribuição dos diferentes comprimentos de onda provenientes de uma fonte, sendo que os espectros obtidos pela dispersão da luz permitem que obtenhamos o fluxo da fonte em função de seu comprimento de onda. (OLIVEIRA FILHO, 2013)

Os avanços na teoria ondulatória da luz, propiciados pela espectroscopia, possibilitou a realização de observações em função da ótica física e de suas características

espectrais. Apesar de a astronomia não abandonar por completo a ótica geométrica, evidenciamos que

[...] diversos experimentos já haviam estabelecido solidamente o caráter ondulatório da luz. As medições da velocidade de propagação da luz e das ondas eletromagnéticas sugeriam fortemente que a luz, intrinsecamente, tinha natureza eletromagnética. A antiga descrição corpuscular de Newton foi sendo, então, gradativamente abandonada. (ABDALLA, SAA, 2010)

O desenvolvimento da espectroscopia, através dos estudos de Joseph Fraunhofer e do descobrimento da radiação infravermelha por William Herschel, levou à descoberta de um novo universo, que passaria a ser observado e monitorado dia e noite através de máquinas tecnologicamente muito bem desenvolvidas e que levariam a descobertas extremamente relevantes acerca de sua origem e constituição, além de constituírem o escopo de estudos da astronomia integradora.

3.3. Astronomia Integradora

Com o passar do tempo, as tecnologias empregadas no estudo dos céus e seus constituintes passaram a avançar na medida em que a teoria ondulatória da luz se consolidava no meio de estudos da física. “A teoria ondulatória que substituiu a newtoniana foi anunciada em meio a uma preocupação cada vez maior com as anomalias presentes na relação entre a teoria de Newton e os efeitos de polarização e refração” (KUHN, 2005, p. 95). Esse avanço permitiu, além de analisar objetos de maneiras muito diferentes das convencionais e através dos telescópios ópticos, produzir novos conhecimentos dando origem a outras e novas áreas do saber, como por exemplo a astrofísica e a radioastronomia (ABDALLA, VILLELA NETO, 2004).

Por meio da evolução tecnológica que nos foi proporcionada durante o século 20, outras áreas do saber se aliaram à astronomia na busca a respostas aos mais diversos tipos de questionamentos que o ser humano ainda hoje é capaz de elaborar. Além de observarmos o universo através de telescópios terrestres, podemos fazê-lo para além da atmosfera, por meio de diversos telescópios espaciais que se encontram na órbita da Terra desde meados da década de 1990.

A utilização desse instrumental, além de permitir observações ininterruptas, ainda sugere que podemos nos empenhar em questões fundamentais à ciência. A busca pela vida em outros locais do universo e o estudo da química pré-biótica, alicerces que fundamentam o estudo da origem da vida, possibilitaram o surgimento da astrobiologia que se tornou uma das áreas

com maior crescimento dentro da astronomia atual, unindo cientistas de diversas áreas científicas com objetivos em comum.

3.3.1. Astrobiologia

A astrobiologia surge no cenário mundial na década de 1990 através da descoberta dos primeiros planetas fora do sistema solar, os chamados exoplanetas. Na visão atual, “é definida como um campo de pesquisa dedicado a entender a origem, a evolução, a distribuição e o futuro da vida, na Terra ou fora dela” (Blumberg, 2003 apud Rodrigues et al., 2013).

Quando o telescópio espacial Hubble foi lançado em 1990, planetas que orbitavam outras estrelas ainda não haviam sido detectados. Entretanto, desde 1990, quando o primeiro exoplaneta foi detectado, a descoberta de objetos pertencentes a essa nova categoria planetária, assim como planetas que não pertencem a sistema planetário algum, passaram a ser catalogados constantemente (NASA, 2008). Já no ano de 2009 (ano internacional da astronomia) mais de 340 planetas foram encontrados orbitando outras estrelas. A maior parte, descobertos indiretamente por telescópios terrestres como resultado de um pequeno, mas mensurável, distúrbio gravitacional quando em órbita de sua estrela hospedeira.

Segundo Santos (2014), há grandes dificuldades na detecção direta de exoplanetas, “pois o brilho da estrela em todo o espectro é muito superior ao do planeta, ofuscando a sua radiação”. Desta forma, as técnicas de detecção de tais objetos celestes se devem, principalmente, a técnicas de observação indireta, sendo elas: *astrometria*, que consiste na medição do movimento relativo da estrela no céu, caso esse movimento seja uma elipse poder-se-á ser aferido a presença de um exoplaneta; *velocidade radial*, que nos indica se há anomalias periódicas na movimentação estelar; e o método do *trânsito fotométrico*, onde o suposto exoplaneta, ao orbitar sua estrela hospedeira provoca pequenos eclipses que podem ser detectados periodicamente medindo-se a variação do brilho estelar (SANTOS, 2014).

Porém, diferentemente dos químicos e biólogos, os astrônomos não podem se utilizar de amostras físicas presentes em laboratórios para a efetivação de seus estudos. A maioria do que nós sabemos sobre objetos celestes vem da luz que eles emitem, refletem ou absorvem (NASA, 2008).

Uma das técnicas espectroscópicas mais utilizadas atualmente na astrobiologia está relacionada à determinação da estrutura e composição atmosférica de exoplanetas, o que permite avaliar se um planeta possui algum potencial para abrigar a vida, e é conhecido como

o método da espectroscopia de transmissão. Aplicada para o primeiro exoplaneta conhecido (HD 209458b) este método permitiu a primeira detecção de uma atmosfera exoplanetária, além de algumas de suas características particulares (DÉSERT et al., 2009).

Notamos que para a pesquisa realizada atualmente na astrobiologia, a ótica física possui um papel de elevado destaque na análise e interpretação de dados. Infelizmente, ainda não dispomos de telescópios cujo poder de resolução seja elevado o suficiente para a observação direta de exoplanetas, sendo sua detecção realizada indiretamente através da observação da luz da estrela e de seus respectivos espectros.

Através de medidas do espectro de absorção ou emissão de radiação pela matéria é possível elaborar modelos e conhecer as estruturas atômicas que formam os materiais[...] observando as “cores” ou frequências características do espectro de absorção e/ou emissão de cada material, obtemos pistas sobre as espécies atômicas ali presentes, suas respectivas concentrações e/ou de como estão ligados entre si. (LEITE, PRADO, 2012)

Sobre o escopo de estudos da astrobiologia, apesar de seu nome levar em consideração apenas a astronomia e a biologia, essa ciência se utiliza da interação também das áreas da física e da química para a efetivação de seus estudos, caracterizando-se por uma abordagem interdisciplinar. Para Rodrigues et al. (2013) os principais questionamentos que o astrobiólogo tenta responder são: “como a vida se originou e evoluiu na Terra?”, “existe vida em outros planetas?” e “como a vida se adaptou a um planeta em constante mudança e como ela o fará no futuro?”.

Damineli (2010), afirma que “ao invés de nos perguntarmos se há vida em outros planetas, os astrônomos passaram a se questionar se existe vida como a da Terra em outros planetas. Apesar da ciência ainda não ter um consenso do que vem a ser a vida, propriamente dita, a questão acima é passível de ser testada experimentalmente”.

Apesar de questionamentos sobre a origem e a evolução da vida no universo não serem recentes, a astrobiologia surge como uma “proposta de criar um ambiente inter e multidisciplinar para discussão sobre a vida, enfocando não apenas a Terra como sistema fechado, mas suas interações com o meio astrofísico, incluindo todos os fenômenos de nossa vizinhança cósmica – no passado, presente ou futuro” (RODRIGUES et al., 2013, p. 30). Sendo assim, os principais temas de investigação da astrobiologia se constituem em: (a) cosmologia e astrofísica; (b) astroquímica; (c) formação planetária; (d) química pre-biótica e origem da vida, (e) evolução; (f) fósseis e a história da vida em nosso planeta e (g) a vida em ambientes extremos da Terra e, por outro lado:

Dentre as questões gerais abordadas pela Astrobiologia, podemos destacar: formação e detecção de moléculas pré-bióticas em planetas, envelopes circumstelares, meio interestelar, cometas e poeira cósmica; influência de eventos astrofísicos no surgimento e manutenção da vida na Terra; análise das condições de habitabilidade (viabilidade da vida) em outros planetas ou satélites, em especial vida microbiana, detecção de exoplanetas, em especial rochosos e, mais recentemente, a busca de indícios de vida fora da Terra por meios indiretos (espectroscópicos) e diretos (sondas). (GALANTE, 2009)

Não apenas a busca por exoplanetas, mas a busca por planetas cujas características se assemelham com o planeta Terra estão em evidência nesse ramo de pesquisa. Porém, como distinguir se um planeta é um candidato passível de abrigar a vida em sua superfície se torna algo complexo, condicionado a diversas áreas do saber num trabalho integrado. Além das diversificadas técnicas de detecção de exoplanetas, ainda há a necessidade de unir conhecimentos de química, biologia e geologia para um estudo mais aprofundado dos elementos exoplanetários.

A busca deve ser realizada através da detecção de um planeta que não possa ser nem muito grande, nem demasiadamente pequeno. Se o planeta tiver mais que catorze vezes a massa da Terra, torna-se gasoso; se for muito menor que Marte (dez vezes menor que a Terra), não poderá reter a atmosfera (DAMINELI, 2010). O próximo passo é determinar as características da atmosfera exoplanetária, que deverá ser rica em algumas moléculas específicas, tais como o ozônio (O_3) e o metano (CH_4). “A Terra é o único planeta rochoso que tem ozônio (O_3) e metano na atmosfera. Essas duas substâncias são continuamente destruídas pela radiação ultravioleta (UV) solar, de modo que, para serem observadas, devem estar sendo constantemente repostas” (DAMINELI, 2004).

O ozônio (O_3) em quantidade considerável e por longo tempo só é possível através da fotossíntese. Essa reação química produzida por seres vivos libera átomos de oxigênio na atmosfera, que sobem, formando O_2 e depois O_3 . O oxigênio é extremamente reativo e se combina com muitos outros átomos, de forma que a existência de uma camada de ozônio tem, em sua base, uma vibrante atividade fotossintética[...] Além disso, a radiação ultravioleta do Sol decompõe o ozônio, de modo que a existência prolongada de uma camada implica uma incessante recarga de oxigênio por parte dos seres fotossintetizantes. A molécula de ozônio absorve a luz em comprimentos de onda específicos do infravermelho, constituindo-se numa assinatura inconfundível de sua presença. Esse é o principal sinal que vai ser procurado em outros planetas. (DAMINELI, 2010)

Outro ponto importante na determinação da habitabilidade é a condição do planeta estar na zona habitável estelar que são zonas “definidas como sendo um local em que (pelo menos) um ser vivo pode realizar suas atividades metabólicas” (FARIAS, BARBOSA, 2017), tornando possível a presença de: água líquida em sua superfície; existência de NHOC

(Nitrogênio, Hidrogênio, Oxigênio e Carbono) assim como a manutenção de uma temperatura nem muito quente e nem muito fria.

Há ainda a discussão de que a vida poderia ter se originado fora da Terra, tendo sido trazida para cá por meio de meteoritos. “A descoberta de aminoácidos em meteoritos, incluindo todos os que são usados pelos seres vivos e dezenas a mais, reforça a importância do contexto astronômico para o estudo da vida” (DAMINELI, 2004).

Através destes questionamentos e, analisando o breve momento histórico das observações realizadas por essa área científica, não há como desvincular a astrobiologia da evolução das viagens espaciais. Foi através de agências específicas que os primeiros telescópios espaciais foram lançados ao espaço e puderam detectar os primeiros exoplanetas, possibilitando o estudo particular de algumas de suas características como por exemplo a observação de moléculas presentes em suas atmosferas assim como de sua própria composição química, o que permite uma comparação direta com o planeta Terra a fim de estabelecermos relações sobre a hipótese da vida em outros locais. Percebemos que:

[...] a astrobiologia foi criada como consequência direta do avanço tecnológico e da conquista do espaço, mas também é resultado das condições políticas, sociais e financeiras, como todas as áreas da atividade humana. Atualmente, ela está se estabelecendo como uma área de pesquisa sólida, principalmente pela ampliação de seu escopo e por sua própria evolução, ao se tornar uma ferramenta de integração muito eficiente. (RODRIGUES et al., 2013, p. 29)

Como exemplo, podemos mencionar o caso do exoplaneta HD 209458b cuja composição atmosférica foi analisada através do método do trânsito (e eclipse) exoplanetário. Esse método consiste em analisar o espectro do conjunto estrela-exoplaneta na ocorrência de um eclipse e também o espectro da estrela quando o exoplaneta está em oposição (oculto atrás da estrela). Desta forma, subtrai-se as linhas espectrais para a definição da composição exoplanetária (NASA, 2008).

Tecnologicamente, vivemos num período em que “a astronomia tem avançado muito rapidamente com o uso de satélites e novos telescópios de grande envergadura e a busca por exoplanetas tem se beneficiado deste contexto” (FARIAS, BARBOSA, 2017). Como exemplo, podemos citar a sonda espacial Kepler, responsável por localizar e catalogar mais de 2000 exoplanetas até o momento, assim como satélites em fase final de desenvolvimento como são os casos do Satélite de Pesquisa de Exoplanetas em Trânsito (TESS), do Telescópio Espacial JamesWebb e do PLATO (Oscilações e Trânsitos Planetários de Estrelas) que vêm

sendo projetados para a identificação e caracterização de planetas similares à Terra (FARIAS, BARBOSA, 2017).

3.3.2. Ondas Gravitacionais

Apesar da teoria da relatividade geral, de Albert Einstein, fazer a previsão das ondas gravitacionais ainda no século 20, foi apenas no ano de 2015 que finalmente tal evento pode ser detectado por sensores terrestres. Sobre o fenômeno propriamente dito, pode afirmar que

As ondas gravitacionais podem ser pensadas, de um modo grosseiro, como as ondas criadas quando jogamos pedrinhas na superfície de um lago: elas são ondulações (perturbações) na geometria do próprio espaço-tempo geradas por qualquer tipo de matéria acelerada, e se propagam pelo Universo à velocidade da luz [...] Além disso, uma vez que a força gravitacional é muito fraca, as ondas geradas são extremamente pequenas, sendo consideravelmente intensas apenas em regiões que concentram uma grande quantidade de massa e energia, como na região próxima de um buraco negro. (RAMOS, MALUF, 2017)

A detecção das primeiras ondas gravitacionais foi realizada através do Laser Interferometer for Gravitational waves Observatory (LIGO). Os detectores LIGO observaram ondas gravitacionais geradas pela fusão de dois buracos negros estelares², sendo a forma da onda detectada correspondente às previsões de relatividade geral; e a primeira observação de uma fusão de buracos negros (ABBOTT et al., 2016). Além da detecção das ondas gravitacionais, o LIGO ainda possibilitou a obtenção de dados, tanto gravitacionais quanto através da luz, da fusão de duas estrelas de nêutrons.

Apesar das descobertas sobre as ondas gravitacionais serem muito recente estima-se que os avanços na área sejam de extrema importância para um novo avanço nos métodos de detecção de objetos extremamente densos, como os buracos negros. A partir do estudo das ondas gravitacionais, espera-se a obtenção de novos dados para uma melhor análise sobre a origem e evolução do próprio universo. Esse “avanço marca o começo de uma nova era em astronomia abrindo uma nova janela de observação do universo sob a forma de ondas gravitacionais” (STURANI, 2016).

Mediados por esse conjunto de temas investigativos, acreditamos ser esse o futuro da astronomia enquanto ciência, fator que desvela um importante segmento de estudos em nível de interesse e motivação por parte de pesquisadores e mesmo de alunos e professores, uma vez

² São originados a partir de estrelas de alta massa (maior do que cerca de 10 vezes a massa do Sol), que, após passarem pelo estágio evolutivo da sequência principal e esgotarem seu combustível para fusão nuclear, passam pelo estágio de gigantes e supergigantes e depois explodem como supernovas. Fonte: BERGMANN, T. S. et al. Buracos Negros. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~thaisa/buracos-negros/#tbnegros> > Acesso em: 16 jan. 2018

que a “astrobiologia contribui, para a dinâmica de transformação e comunicação do conhecimento científico, além de buscar a integração de áreas tradicionalmente separadas” (SOUZA, 2013, p. 35), sendo que dos fatores que podem contribuir para a inserção desse tema em sala de aula é o seu alcance devido à grande divulgação na mídia (SOUZA, 2013).

4. ENSINO DE ASTRONOMIA

No presente capítulo disporemos ao leitor como se dá o ensino de astronomia no Brasil e internacionalmente, buscando uma relação entre o que é o ensino de astronomia propriamente dito e suas relações com os professores da educação básica; os quais são os responsáveis por discutir os conceitos dessa ciência nas salas de aula.

O fato da astronomia englobar relações entre diferentes áreas de conhecimento, nos permitiu pensar na possibilidade de estruturar esses distintos saberes no formato de uma disciplina integradora que apresentasse como temática conteúdos de astronomia. Para criar a disciplina buscamos também conhecer quais seriam os tópicos sobre astronomia de maior interesse dos alunos do EM, onde optamos pela aplicação e análise de um questionário.

4.1. Diretrizes para o Ensino de Astronomia

Atualmente, no Brasil a astronomia é ministrada nas salas de aula, principalmente nas séries iniciais do EF, atendendo às orientações e sugestões de documentos oficiais, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Orientações Curriculares Estaduais e, mais recentemente, através da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Os PCN do EF de Ciências Naturais são divididos em eixos temáticos, sendo os conteúdos de astronomia distribuídos no eixo específico “Terra e Universo” nos 3º e 4º ciclos, ou seja, do sexto ao nono ano. Durante o 3º ciclo desse eixo, os alunos ampliam sua orientação espaço temporal, sua consciência de ritmos de vida e propõe uma concepção de Universo com enfoque especial no Sistema Sol-Terra-Lua (BRASIL, 1997, p.61). Durante o 4º ciclo, e através das abordagens propostas no terceiro ciclo, espera-se que os alunos concebam o Universo sem fronteiras, sendo possível a compreensão de fenômenos mais distantes no tempo e no espaço (BRASIL, 1997, p.91).

Os temas sugeridos pelos PCN para os referidos níveis de conhecimento são: forma da Terra, campo gravitacional, dia e noite, fases da Lua, órbita terrestre e estações do ano, astronomia observacional; temas estes considerados por Langhi e Nardi (2012) como essenciais ao ensino de astronomia e como “os conteúdos básicos para que o professor dos anos iniciais do EF atue como mediador na preparação de um alicerce sólido de modo a compreender estes e outros fenômenos astronômicos cotidianos” (LANGHI, NARDI, 2012, p. 147). A história da astronomia também se faz presente no referido documento, sendo discutidos nas séries finais, aspectos teóricos da evolução dos modelos de mundo geocêntrico e heliocêntrico,

principalmente através das argumentações de Ptolomeu, Copérnico e Galileu. Mais especificamente.

Por outro lado, a BNCC “está estruturada de modo a explicitar as competências que os alunos devem desenvolver ao longo de toda a Educação Básica e em cada etapa da escolaridade” (BRASIL, 2017, p. 21). Suas competências estão divididas em Educação infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, sendo o conteúdo de Ciências presente nos dois últimos, de forma que:

Ao estudar Ciências, as pessoas aprendem a respeito de si mesmas, da diversidade e dos processos de evolução e manutenção da vida, do mundo material – com os seus recursos naturais, suas transformações e fontes de energia –, do nosso planeta no Sistema Solar e no Universo e da aplicação dos conhecimentos científicos nas várias esferas da vida humana. Essas aprendizagens, entre outras, possibilitam que os alunos compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem. (BRASIL, 2017, p. 277)

O conteúdo de Ciências Naturais, na BNCC, está dividido em três unidades temáticas, “estruturadas em um conjunto de habilidades cuja complexidade cresce progressivamente ao longo dos anos” (BRASIL, 2017, p. 282), são elas: Matéria e energia; Vida e Evolução; Terra e Universo. A astronomia, propriamente dita, está presente na unidade temática Terra e Universo que contempla os seguintes tópicos por níveis de conhecimento:

Quadro 2 - tópicos de astronomia propostos na unidade temática Terra e Universo da BNCC

Série	Tópicos de estudo
1º ano	Escalas de tempo.
2º ano	Movimento do Sol no céu; O Sol como fonte de luz e calor.
3º ano	Características da Terra; Observação do céu; Usos do solo.
4º ano	Pontos cardeais; Calendários, fenômenos cíclicos e cultura.
5º ano	Constelações e mapas celestes; Movimento de rotação da Terra; Periodicidade das fases da Lua; Instrumentos óticos.
6º ano	Forma, estrutura e movimentos da Terra.
7º ano	Composição do ar; Efeito estufa; Camada de ozônio; Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis); Placas tectônicas e deriva continental.
8º ano	Sistema Sol, Terra e Lua; Clima.
9º ano	Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo; Astronomia e cultura; Vida humana fora da Terra; Ordem de grandeza astronômica; Evolução estelar.

Fonte: BRASIL (2017). Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Especificamente sobre as Orientações Curriculares de Ciências do Estado de São Paulo, para o segundo ciclo do EF, sugere-se que “os tópicos disciplinares necessitam ser organizados em torno de problemas concretos, próximos aos estudantes, e que sejam relevantes para sua vida pessoal e comunitária” (SÃO PAULO, 2010, p.32). Dessa forma, o currículo de Ciências está dividido nos eixos temáticos: “Vida e Ambiente”; “Ciência e Tecnologia”, “Ser humano e Saúde” e “Terra e Universo”.

A astronomia se faz presente no eixo temático “Terra e Universo”, sendo apresentada do 6º ao 8º ano sob as seguintes temáticas: 6º ano – Planeta Terra: características e estrutura; 7º ano – Olhando para o céu e 8º ano – Planeta Terra e sua vizinhança cósmica.

Para o EM a astronomia faz parte do conteúdo específico da componente curricular de Física para o primeiro ano e relacionada ao estudo dos constituintes do universo; interação gravitacional; Sistema Solar e Universo, evolução, hipóteses e modelos. O conteúdo proposto abrange temas como a “comparação de modelos explicativos da origem e da constituição do Universo em diferentes culturas”; “a inter-relação Terra-Lua-Sol” e “Estágios de evolução estelar” (SÃO PAULO, 2010, p. 107 – 108).

Analisando o conteúdo sugerido para o ensino de astronomia, para o EF, notamos uma certa evolução no que diz respeito à apresentação de temas mais atuais para a última série dessa etapa da educação básica e disposta na BNCC. Os temas “Vida humana fora da Terra” e “Evolução estelar”, são relacionados às áreas de astrofísica e astrobiologia, juntamente com a evolução tecnológica das viagens espaciais, além de estarem no cotidiano dos alunos através de notícias e imagens divulgadas por instituições de pesquisas espaciais e até mesmo em obras literárias de ficção científica. Porém, a maioria dos conteúdos, dos três documentos aqui analisados, ainda está vinculado à uma astronomia observacional e ao sistema Sol-Terra-Lua.

Com exceção das Orientações Curriculares para o Estado de São Paulo, que detém um conteúdo astronômico mais recente, corroboramos com a opinião de Peixoto e Ramos (2011) que apontam que a astronomia para o EM esteja vinculada principalmente ao ensino das Leis de Kepler, cuja ênfase é dada apenas aos seus aspectos matemáticos. Segundo Bretones:

No ensino médio a Astronomia aparece muito fortemente nos programas e livros da disciplina de Física na área de Mecânica referente à Gravitação que inclui as Leis de Kepler, Movimento Circular e Leis de Newton e também na área de Óptica que trata do funcionamento de instrumentos ópticos com lentes e espelhos. A Astronomia está presente também nas disciplinas de Geografia, Química, Matemática, História, ou até em outras disciplinas. Contudo, muitas vezes essa presença não é explícita e depende de o professor conhecer o assunto para aplicá-lo em suas aulas. (BRETONES, 1999, p. 3)

De uma maneira generalizada, sobre os conteúdos discutidos nos documentos oficiais, alguns autores como Deustua et al. (2010) e Peixoto e Kleinke (2016) sugerem que esses conhecimentos corroboram uma tendência em ensino de astronomia dita introdutória e que remete a um ensino de ciências fortemente relacionado a períodos anteriores ao século 20, pautado principalmente na observação direta da movimentação dos astros na esfera celeste e fenômenos correlacionados e mesmo não sendo esse o enfoque da educação em astronomia contemporânea.

De acordo com Deustua et al. (2010), a educação em astronomia mudou drasticamente no último século se tornando uma área que promove uma interface entre a astrofísica moderna, educação, psicologia e ciências cognitivas. Sendo que a pesquisa em educação em astronomia:

[...] não é sobre como ministrar palestras em sala de aula com entusiasmo, nem sobre fornecer palestras públicas memoráveis sobre as maravilhas da astrofísica, nem mostrar lindas imagens de objetos astrofísicos, nem encorajar cientistas a visitarem escolas ou escreverem lindos livros didáticos. Em sua essência, a pesquisa em educação astronômica trata de investigar e compreender rigorosamente como as pessoas aprendem conceitos astrofísicos e como desenvolver e fornecer recursos que ajudem os alunos a aprender e os professores ensinarem. (DEUSTUA et al, 2010)

Nesse viés, os próprios PCN de Ciências Naturais sugerem que os conteúdos de astronomia venham a ser tratados em outras disciplinas, relacionando o modelo de formação da Terra com outros campos do conhecimento, levando o aluno à compreensão de que o universo é composto por elementos que agem interativamente, e que é essa interação que o configura (LANGHI, NARDI, 2012).

Já no que diz respeito à astronomia que é levada para cursos de ensino superior, Bretones (1999) afirma haver uma grande variedade de opiniões sobre quais os objetivos de uma disciplina de astronomia para esse nível de escolaridade. Porém, seu conteúdo programático deve servir, antes de tudo, para o curso ao qual se destina: licenciaturas, engenharias, bacharelados, etc.

Em uma discussão mais aprofundada sobre os tipos de disciplinas introdutórias de astronomia, em nível de graduação, expõe haver na literatura certa discordância sobre o momento mais adequado de focalizar os desenvolvimentos mais recentes em astronomia ou enfatizar os fundamentos subjacentes ao assunto (BRETONES, 1999, p. 33).

Se remete ainda, há uma discussão presente nos Proceedings do Symposium on Teaching Astronomy for Non-Science Majors, em que os trabalhos de Kerton e Attard (1998)

apontam ser “mais fácil para os estudantes compreenderem conceitos apresentados em uma discussão coerente de entendimento atual, ao invés de apresentar concepções errôneas passadas seguidas por interpretações atuais” (BRETONES, 1999, p. 34), evidenciando a possibilidade de um trabalho com temas contemporâneos sobre o tema.

Nessa mesma linha de raciocínio, Pasachoff (2002), questiona se alunos que participam de cursos introdutórios de astronomia, em nível superior, realmente sabem o que significam alguns fenômenos astronômicos clássicos, tais como as fases da Lua e as estações do ano. Questiona, ainda, se há uma real necessidade de tais tópicos serem levados à tona:

Às vezes, menos é mais, pois não devemos sobrecarregar o curso (introdutório de astronomia). Mas às vezes menos é menos. Se os estudantes saírem apenas com processos, e tópicos aborrecidos cujas explicações eram conhecidas há centenas ou milhares de anos, estamos perdendo seu lugar na alfabetização científica e perdendo nossa chance de ajudá-los a apreciar como é maravilhoso continuar trabalhando para entender o Universo astronômico. (PASACHOFF, 2002)

Pasachoff (1990) já defendia o estudo de temas contemporâneos da astronomia, afirmando que “se a compreensão dos estudantes for limitada ao básico, eles poderiam sentir que a astronomia tenha sido desenvolvida há muito tempo, que novos instrumentos para a pesquisa astronômica não são necessários”.

Assim como Pasachoff (1990, 2002) e Deustua et al. (2010) acreditamos que a astronomia tenha evoluído e se configurado numa área de estudos com amplitude bem maior que a astronomia realizada há séculos. Atualmente, as descobertas astronômicas vão muito além das observações realizadas durante e anteriormente a revolução científica do século 17 e da sua extensa utilização nas grandes navegações no século 16, abrangendo novos conhecimentos que vão de novas concepções sobre a origem e evolução do universo até a detecção de possíveis ambientes propícios ao surgimento e manutenção da vida fora da Terra.

Para que possamos compreender um pouco melhor a ligação dos conteúdos sugeridos para o ensino de astronomia com a pesquisa em educação em astronomia, apresentaremos a seguir um breve panorama dessa linha de pesquisa no Brasil e no mundo, com a intenção de nos posicionarmos quanto a possíveis tendências e inovações nessa área de investigação.

4.2. Tendências para a pesquisa em educação em astronomia

Uma breve análise sobre as tendências da pesquisa em ensino em astronomia no Brasil nos mostra que muitos dos trabalhos apresentados em eventos específicos, como é o caso

do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC), ou em revistas especializadas na área de ensino de ciências (área em que o ensino de astronomia está inserido) tratam o ensino de astronomia relacionado, principalmente, ao ensino de física.

Marrone Júnior e Trevisan (2009), ao buscarem um possível perfil da pesquisa em ensino de astronomia em nosso país – mediante a análise em periódicos da área – sugerem a existência de três categorias principais de trabalhos: *física aplicada à astronomia; história e filosofia aplicada à astronomia e; desenvolvimento, divulgação e controle de materiais didáticos e técnicas pedagógicas*. Considerando a categoria associada aos materiais didáticos os principais temas de pesquisa nessa área são: Universo; Terra; Sol; Cosmologia; Gravitação, demonstrando claramente a “curiosidade do ser humano em compreender os fenômenos astronômicos que nos rodeiam” (MARRONE JÚNIOR, TREVISAN, 2009).

A fim de explicitar quais as tendências das publicações sobre o tema em dois periódicos específicos em ensino de física na última década (Revista Brasileira de Ensino de Física e Caderno Brasileiro de Ensino de Física) Iachel e Nardi (2010) constataram que, entre os anos de 1990 e 2008 foram publicados 58 artigos sobre ensino de astronomia.

As principais abordagens desses artigos estão relacionadas a aspectos teóricos da astronomia (27 dos 58 artigos) e sobre atividades experimentais relacionadas a fenômenos específicos (15 dos 58 artigos). Dentre essas abordagens os conteúdos de maior incidência foram: Cosmologia: formação do Universo; leis da Cosmologia; Astrofísica (9 artigos); Multidisciplinar (9 artigos), seguido pelo tema Terra: constituição; forma; dimensão; rotação; precessão (7 artigos).

Bretones e Megid Neto (2003) apontam que, entre os anos de 1973 e 2002, 16 trabalhos foram realizados em nível de mestrado e doutorado sobre o tema, sendo as principais tendências das pesquisas voltadas para “Conteúdo e Método”; “Concepções de Professor”; “Currículos e Programas” e “Recursos Didáticos”, e menor porcentagem relacionada às “Concepções de Aluno”; “Formação de Professores”; “Formação de Conceitos” e “Programas de Ensino Não Escolar”.

Mediante a análise realizada pelos autores, notamos que até o início da década de 2000, as pesquisas cujos temas mais se aproximam de um real auxílio à prática docente para o ensino de astronomia apresentaram-se inseridas na menor porcentagem dos trabalhos defendidos, evidenciando que mesmo que o tema seja fruto de estudos acadêmicos desde a

década 1970, uma discussão mais ampla sobre o trabalho do professor no ensino de astronomia em sala de aula ainda carece de maiores detalhes e apreciações por parte da comunidade acadêmica.

Outro segmento de importante destaque na pesquisa em ensino de astronomia traz uma relação direta entre as concepções alternativas de professores de ciências com os conteúdos ministrados em sala de aula, sendo que “de fato, poucas pessoas têm a mais vaga ideia de nossa situação no cosmo ou da hierarquia universal dos conjuntos de corpos celestes e de nossa posição na Terra, havendo professores que explicam erroneamente com embasamentos unicamente em livros didáticos” (LANGHI, NARDI, 2012, p. 95).

Ao levantar dados mais específicos sobre concepções alternativas em educação em astronomia, Langhi (2011) sugere uma lista de tópicos voltados ao trabalho docente e enfatiza uma mudança na prática dos professores com relação ao ensino de astronomia. Nos indica, ainda que, temas como forma da Terra, campo gravitacional, dia e noite, fases da Lua, órbita terrestre, estações do ano e astronomia observacional, por serem os temas mais predominantes nos documentos oficiais e na estrutura curricular de cursos de graduação, deveriam ser o alvo dessa mudança na postura do professor.

Sobre o conteúdo de astronomia ministrado em alguns países da Europa e, também nos EUA, notamos uma tendência interdisciplinar em suas disposições, como é o caso em algumas cidades da Alemanha, Württemberg e North-Rhein-Westfalia. Nessas cidades, além do conteúdo tradicional (movimentos diários, Leis de Kepler, gravitação, etc.) há a inserção de temas relacionados à astrofísica e à astronáutica. Os alunos acabam por ter contato com temas atuais, tais como: a física das estrelas, diagrama Hertzsprung-Russel³, evolução estelar, cosmologia, a física das galáxias, física e voos espaciais, análise ótica da radiação estelar, radiação no espaço, dentre outros (LANGHI, NARDI, 2012, p. 139).

Ressaltamos ainda que, na Alemanha e também na Polônia, os conteúdos de astronomia não são contemplados pelo currículo nacional, “passando a serem inclusos separadamente por cada estado alemão conforme a influência que sofre por associações ou grupos de cientistas” (LANGHI, NARDI, 2012, p. 90).

³ O Diagrama Hertzsprung Russel determina a relação existente entre a luminosidade da estrela e sua temperatura superficial (OLIVEIRA FILHO, SARAIVA, 2004)

Particularmente, nos EUA, através da iniciativa de associações da área em promover mudanças e alterações em nível nacional, como é o caso da Association for the Advancement of Science e do projeto STAR (Science Teaching through its Astronomical Roots), houve a inclusão da discussão sobre a falta de conteúdos de astronomia nas escolas, objetivando um ensino de astronomia interdisciplinar e da utilização da astronomia como foco para o ensino de conteúdos de ciências e matemática (LANGHI, NARDI, 2012, p. 88).

Fraknoi (1996) afirma que “muito da aprendizagem em astronomia nos EUA é realizada fora da sala de aula, em instituições e organizações, juntamente com as escolas ou mesmo atuando de maneira independentemente. Nessas organizações incluem-se planetários, museus de ciência e observatórios abertos ao público”.

4.3. Ensino de Astronomia e Concepções Metodológicas

Langhi e Nardi (2012) indicam que um dos aparentes motivos da astronomia não fazer parte do cotidiano escolar dos estudantes da educação básica é o fato de o conteúdo proposto ser desconhecido pelos professores de ciências. É fato que as licenciaturas não preparam o professor para o ensino de astronomia, sendo que esse conteúdo geralmente é apresentado por meio de oficinas, disciplinas optativas ou projetos de extensão. Essas formações em espaços educacionais não formais geralmente estão dedicadas a temáticas específicas ou apresentam uma quantidade excessiva de conteúdos num curto intervalo de tempo; dificultando o domínio e a apreensão de conceitos básicos de astronomia, tais como as causas do dia e da noite, as estações do ano e as fases da Lua, por parte dos futuros professores.

Boa parte da literatura para o ensino de astronomia ainda se mostra vinculada a conhecimentos específicos tais como a matemática e a física, como é o caso da gravitação para o EM, onde as leis do movimento planetário de Kepler e a lei da gravitação universal de Newton são apresentadas com excessiva matematização (PEIXOTO, RAMOS, 2011).

Já para o EF, fenômenos considerados simples, como os eclipses ou mesmo as estações do ano, podem apresentar dificuldades ou erros em sua exposição, para um profissional que não esteja devidamente familiarizado com conceitos científicos próprios da astronomia. Ao buscar informações nos livros didáticos, muitas vezes o professor é adotado ao invés de adotar o material, sendo motivado a utilizá-lo devido ao seu desconhecimento sobre a temática (BRETONES, 1999).

Paralelamente, acreditamos que práticas e concepções interdisciplinares podem auxiliar o professor para que este consiga transpor os obstáculos que o impedem de ministrar esses e outros temas durante sua docência, tornando a prática estimulante e proveitosa.

4.3.1. Professores de Ciências e o Ensino de astronomia

De forma a compreender os questionamentos aqui propostos, buscamos na literatura diretrizes que pudessem nos posicionar e nos orientar sobre algumas características em comum dos professores de ciências no que se refere ao ensino de astronomia, através de suas formações e de suas concepções sobre os temas que mais parecem ser de “obrigatoriedade” na educação básica.

Notamos que o discurso predominante é o de que os professores, de maneira generalizada, parecem ministrar os mesmos conteúdos com que tiveram contato enquanto alunos da educação básica (LANGHI e NARDI, 2010 e PEIXOTO, 2013), apresentando aos alunos recordações repletas de concepções equivocadas.

Os professores responsáveis pela inserção desta temática nas séries finais do EF são, em sua maioria, professores formados em ciências biológicas e/ou geografia sendo os formados em pedagogia os responsáveis pela inserção nas séries iniciais (GEBARA, 2009; SOBREIRA, 2010). Porém, a falta de contato com a astronomia durante a formação inicial desses professores enfraquece seu trabalho no que se refere a temas vinculados à astronomia. Sempre é bom lembrar que “embora tenham ocorrido reformas educacionais recentes, a formação de professores de ciências, na maioria dos cursos, ainda está mais próxima dos anos 1970 do que de hoje” (LANGHI, NARDI, 2012, p. 93).

De acordo com as orientações oficiais, os temas que deveriam estar presentes nas salas de aula para os alunos do 6º ao 9º ano do EF estão associados à movimentação dos astros na esfera celeste; coordenadas geográficas; noções de escalas; modelos geocêntrico e heliocêntrico e fenômenos relacionados ao sistema Sol-Terra-Lua. Já para o EM destacam-se as noções de movimentos entre a Terra, a Lua e o Sol, bem como a inserção do estudo da gravitação, origem e influência dos modelos de universo em nosso cotidiano, conteúdos nitidamente relacionados à disciplina de Física (IACHEL, 2013).

Langhi (2011) afirma que “o histórico dos momentos formativos em conteúdos de astronomia de alguns professores demonstra intrínsecas concepções sobre fenômenos astronômicos incluindo mitos e crenças, que tiveram origem em trajetórias formativas

anteriores” e que persistiram intactas mesmo após sua formação inicial. Esse fator corrobora para que as concepções equivocadas dos professores acabem por influenciar a aprendizagem dos alunos, fortalecendo uma visão equivocada da astronomia.

Um equívoco comumente cometido, quando o assunto a ser tratado é a formação de professores, é o de creditar a astronomia a cursos de licenciaturas na área das exatas. Analisando especificamente a formação inicial desses estudantes para o ensino de astronomia, podemos afirmar que

[...] no Brasil, devido ao fato de os currículos acadêmicos das universidades não acompanharem os avanços e nem atualizarem as novas descobertas na área de astronomia e cosmologia, a grande maioria dos estudantes de ciências exatas e naturais termina seus estudos de graduação sem ter adquirido um conhecimento ao menos rudimentar sobre os fundamentos da nova cosmovisão, e repletos de concepções espontâneas. (LANGHI, NARDI, 2012, p.106)

Notamos que a falta de conteúdos ligados à cosmologia e à astrofísica, temas atuais e de grande destaque midiático, retardam uma possível evolução do ensino de astronomia. Nos PCN e na BNCC há falta de temas vinculados a essas duas ciências.

Outro fator que pode influenciar o conteúdo de astronomia a ser levado para a sala de aula se deve a participação de algumas escolas na Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA). A aplicação da olimpíada se dá para toda a educação básica, porém em quatro níveis distintos de provas.

A lista de tópicos sugeridos para um estudo preparatório para a OBA, notadamente, extrapola os conteúdos sugeridos pelas orientações curriculares para o ensino de astronomia, passando do sistema Sol-Terra-Lua para educação ambiental, energia, astronomia observacional (constelações e estrelas mais brilhantes do céu noturno), sistema solar, sondas espaciais, satélites e foguetes brasileiros, o homem na Lua, galáxias, buracos negros e até mesmo Leis de Newton para as questões de astronáutica, dentre outros.

Iachel (2013) enfatiza que para administrar e lecionar conteúdos de astronomia, “o docente acabará tendo que destacar horário extra (e não remunerado) para montar turmas de alunos que desejam participar da OBA, para poder ensinar e ainda analisar, com eles, as edições anteriores”. Nesse cenário, o professor que se compromete em aplicar e corrigir as provas, provavelmente, terá que ministrar ao menos parte do conteúdo sugerido para que seus alunos participem com alguma chance de medalhas e para evitar um possível descontentamento não apenas dos alunos, mas da própria instituição, que pode ser levada a acreditar que o evento sirva

apenas para instituições que trabalhem no sentido de preparar seus alunos nos meses que antecedem a prova.

4.3.2. Astronomia e a Integração dos Saberes

A interdisciplinaridade, como integração dos saberes, “permite a geração de entidades novas e mais fortes, poderes novos, energias diferentes” (PIETROCOLA et al., 2003), porém sem nos desvencilharmos do velho, do que já foi estudado, de modo que “a pesquisa interdisciplinar parte do velho, analisando-o em todas as suas potencialidades. Negar o velho é uma atitude autoritária que impossibilita a execução de uma didática e uma pesquisa interdisciplinar” (PIETROCOLA et al., 2003), sendo que:

De nada valerá um conhecimento disciplinar que produza uma representação idealizada muito estável e exata de uma situação sobre a qual deseja-se agir. Esta representação não terá nenhuma serventia no mundo prático, onde as representações devem permitir ações eficientes! Grande parte das necessidades das pessoas no cotidiano é revestida deste caráter prático. Elas precisam produzir representações capazes de lidar com necessidades. Tais representações são na maioria dos casos representações interdisciplinares do mundo. (PIETROCOLA et al., 2003)

Se a astronomia é parte do nosso cotidiano, poderíamos utilizá-la como integradora de saberes, propiciando ao ensino de ciências momentos interdisciplinares, e ainda pelo fato de que um “trabalho interdisciplinar pode apresentar benefícios substanciais para a aprendizagem e também pode contribuir para criar um clima escolar positivo” (GEBARA, 2009, p.78).

Em uma realidade interdisciplinar acreditamos ser um equívoco apresentar aos alunos um ensino de ciências fragmentado e disciplinar. O cotidiano escolar dos estudantes é pautado pela presença imposta de diversas disciplinas, que são apresentadas com muita pouca integração entre as mesmas. Essa integração faltante nos ambientes escolares tradicionais poderia ser propiciada pela astronomia, apresentando aspectos mais gerais do universo, tanto dentro quanto fora da escola, buscando relacionar fenômenos físicos, químicos e biológicos à astronomia.

Tomamos como exemplo o roteiro de astrobiologia da Administração Nacional de Aeronáutica e Exploração Espacial (NASA), que resume essa ciência como:

[...] o estudo das origens, evolução, distribuição e futuro da vida no universo. Requer conceitos fundamentais de vida e ambientes habitáveis que nos ajudarão a reconhecer biosferas que possam ser bastante diferentes das nossas. A astrobiologia engloba a busca de planetas potencialmente habitados para além do nosso Sistema Solar, a exploração de Marte e os planetas externos, pesquisas laboratoriais e de campo sobre as origens e a evolução precoce da vida e estudos do potencial da vida para se adaptarem a desafios futuros, tanto na Terra como no espaço. É necessária uma pesquisa interdisciplinar que combina biologia molecular, ecologia, ciência planetária, astronomia, ciência da informação, tecnologias de exploração espacial e disciplinas relacionadas. O amplo caráter interdisciplinar da astrobiologia nos obriga a lutar pela compreensão mais abrangente e inclusiva dos fenômenos biológicos, planetários e cósmicos. (NATIONAL ACADEMIES PRESS, p.7, 2005)

Ao mencionarmos um estudo dos conceitos que envolvem a astrobiologia não poderíamos deixar de mencionar a física, a química, a biologia e a tecnologia relacionada a pesquisa da vida em ambientes não terrestres. Podemos afirmar que a busca por exoplanetas através, principalmente, de sondas espaciais, tem sido um sucesso. Porém, a busca por planetas extra-solares e que possuem um ambiente compatível ao abrigo e suporte à vida, ainda está em sua fase preliminar.

Missões ainda em desenvolvimento, como a Terrestrial Planet Finder, da NASA ,e a Darwin, da Agência Espacial Europeia, poderão abrir novas perspectivas nessa busca assim que iniciarem suas observações em áreas específicas da Via-Láctea. Dessa forma, e no que diz respeito à ciência praticada em grandes centros de desenvolvimento e pesquisa em astronomia, notamos que a astrobiologia compreende o que há de mais atual na astronomia no século 21.

Pelos motivos mencionados até aqui, acreditamos que seja essa uma das áreas com maior potencial não apenas para uma proposta interdisciplinar e integradora de astronomia, mas uma proposta para um ensino de ciências motivador e realmente interessante, ponderando-se em investigações atuais e integradas a várias áreas científicas.

5. METODOLOGIA

O presente capítulo descreve a metodologia de elaboração e de aplicação da disciplina integradora; bem como a elaboração e análise estatística do questionário. Esses diferentes tópicos serão apresentados separadamente, buscando evidenciar as inter-relações associadas à construção e elaboração da disciplina integradora, elaboradas no decorrer da presente tese.

5.1. Disciplina Integradora

A possibilidade de desenvolver uma disciplina integradora surgiu a partir de uma alteração curricular na escola em que o pesquisador atuava como professor de educação básica, em 2017. A instituição decidiu criar três disciplinas obrigatórias, anuais e com duração de 50 minutos semanais, para buscar estabelecer uma maior integração entre os conhecimentos formais das disciplinas associadas a Ciências Humanas, Ciências da Natureza e Matemática. O papel dessas novas disciplinas seria estruturar e estabelecer as relações entre os diferentes conceitos desenvolvidos nas disciplinas mais tradicionais, sendo uma das propostas dessas novas disciplinas eletivas, a confecção e apresentação de produtos desenvolvidos no decorrer do ano letivo.

Dessa forma, e por meio de um convite institucional, foi construída a possibilidade do pesquisador atuar como docente da disciplina eletiva de Ciências da Natureza para os alunos do primeiro ano do EM. Como projeto para essa disciplina foi proposto estruturar uma disciplina integradora de astronomia, com perspectivas interdisciplinares associada a um caráter integrador das ciências. O eixo integrador da disciplina foram os desafios e as dificuldades de uma viagem interplanetária para Marte.

5.1.1. Formas de Avaliação e Acompanhamento

Organizamos uma disciplina voltada ao ensino de uma astronomia não tradicional, pautada em relações interdisciplinares com a astrofísica, astrobiologia e cosmologia. As decisões sobre as temáticas a serem apresentadas aos alunos foram baseadas nos resultados apontados na análise estatística do questionário, cuja discussão será retomada mais à diante.

Ao longo da disciplina houveram momentos em que o pesquisador optou pelo acompanhamento individual dos alunos. Parte da avaliação da disciplina utilizou questionários associados a auto-avaliação coletiva e individual. O intuito desses questionários foi evidenciar

os conceitos e fenômenos que lhes parecera mais significantes e interessantes em determinados momentos da disciplina. As fichas de avaliação podem ser vistas no Apêndice 9.3.

As aulas foram ministradas em locais diversos, sendo utilizados o ambiente externo escolar, laboratórios de informática, laboratório de ciências e a própria sala de aulas, de maneira a propiciar aos alunos momentos formativos que se sobressaíssem ao tradicional formato expositivo ao qual estavam habituados.

Para buscar apresentar uma síntese do que foi discutido e trabalhado na disciplina durante o ano os alunos apresentaram, no final da disciplina, um breve seminário à comunidade escolar e aos seus familiares. Além do seminário, foi organizada uma feira de ciências para apresentar os resultados dos projetos desenvolvidos no decorrer da disciplina, gerando subprodutos dedicados ao estabelecimento de uma base de suporte à vida em Marte. Essas apresentações fizeram parte de uma avaliação coletiva dos alunos.

5.1.2. Unidades de Estudo

De maneira semelhante a Silva (2010), optamos pela distribuição do conteúdo em três unidades distintas, porém correlacionadas: biosfera; cosmosfera e sociosfera, as quais são apresentadas a seguir:

Unidade 1- Biosfera – Nessa unidade discutimos a formação dos elementos básicos para o surgimento da vida. Para isso, estudamos a criação dos oceanos e da atmosfera terrestre como condições para o surgimento da vida em nosso planeta. A fotossíntese foi inserida nessa unidade com o intuito de demonstrar a dependência do Sol para a configuração de uma biosfera habitável. Por fim, temas sobre adaptação e evolução biológicas foram inseridos para comparar o ambiente terrestre com os ambientes em outros planetas do sistema solar.

Unidade 2 – Cosmosfera – Aqui o tema transversal foi o estudo do Sol, visando evidenciar suas características astrofísicas, apresentando o Sol como compondo o conjunto das estrelas, ressaltando como a energia solar é gerada, bem como os estágios evolutivos do Sol enquanto estrela. A comparação do Sol com as outras estrelas nos remete à um contexto astrobiológico.

Unidade 3 – Sociosfera – Nesse ponto buscamos algumas relações e influências dos conceitos e concepções astronômicas na sociedade em nosso cotidiano. Foram demonstrados conceitos da astronomia tradicional, tais como: Estações do ano; fases da Lua; ciclo dia-noite e calendários, dentre outros. Refletimos sobre a influência da astronomia na construção da

sociedade, enfatizando a demarcação do tempo e o papel dos calendários no estabelecimento da agricultura. Ainda nessa unidade foram apresentadas as formas como o ser humano obtém energia elétrica, tipos de fontes de energia (primárias, secundárias e renováveis), assim como a comparação da quantidade de energia provinda do Sol com o consumo energético mundial. Já estruturando as discussões para a sobrevivência em Marte, comparamos a energia solar com a energia consumida por um ser humano, baseada numa dieta específica.

A intenção com a divisão aqui apresentada não foi a de estabelecer sequências didáticas cadenciadas, mas sim estruturar tópicos de estudos que poderiam dialogar entre si durante a apresentação da disciplina, podendo vir a ser apresentados sem uma ordenação específica ou mesmo sendo apresentados de maneira integrada. De maneira mais específica, os temas de estudos, assim como os objetivos específicos a cada unidade, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Temas e objetivos para uma proposta de astronomia interdisciplinar.

Unidade	Temas	Objetivos e conceitos específicos
Sociosfera	Grandes fontes de energia	Mensurar a energia do Sol que chega na Terra e uma estimativa de produção energética nas usinas de energia elétrica a nível mundial. Caracterizar o Sol como a maior fonte de energia do Sistema Solar. Tipos de energia, energia renovável.
	Estações do ano com diferenças de iluminação	Insolação; Órbitas elípticas e circulares; Ciclos anuais (são fundamentais para o desenvolvimento de diferentes culturas e espécies, se não há modificação não há evolução)
Biosfera	Nós no alimentamos de luz	Relacionar a Fotossíntese com o Sol e demonstrar a sua importância para a manutenção da vida na Terra. Zona habitável. Formação de oceanos e atmosfera terrestre.
	Sol/ser humano/ambiente	Relacionar os conceitos de Adaptação e evolução com a absorção da luz pelos organismos vivos; Compreender a relação existente entre a energia que consumimos em nossa alimentação e a energia recebida do Sol.
Cosmosfera	O que é o Sol?	Mostrar o Sol como um objeto astronômico; Demonstrar como as estrelas foram criadas (big-bang/nucleossíntese); Classificação das estrelas devido às suas diferentes cores; Relacionar Luz com transporte de energia do Sol para a Terra.
	Como a luz é produzida nas estrelas?	Fusão nuclear.
	Somos feitos de estrelas	Supernovas, meteoritos, átomos das estrelas (tab. Periódica)
	Ciclos de destruição e criação	Evolução estelar.

Fonte: O autor

Para que pudéssemos promover um diálogo com a literatura, principalmente sob os aspectos da promoção da integração no ensino de ciências, optamos pela aplicação de uma avaliação discente ao final do período de aulas. A avaliação consistiu na formulação de nove questões que nos possibilitariam responder aos questionamentos propostos por Lenoir (1998) sobre a promoção da integração no aspecto escolar e cujos resultados podem ser vistos no próximo capítulo.

5.2. O Questionário

Antes da elaboração da disciplina propriamente dita, buscamos compreender quais tópicos de astronomia apresentam maior interesse para alunos do EM. Dessa forma, optamos pela elaboração de um questionário sobre interesse em astronomia como um de nossos instrumentos de coleta de dados, evidenciando uma etapa exploratória para a nossa pesquisa.

Para que pudéssemos compor nosso instrumento, buscamos na literatura temas em astronomia que fundamentassem a escolha de itens para serem apresentados aos alunos. Para isso, analisamos itens que se relacionavam não apenas com a astronomia clássica, mas também que levassem em consideração a astronomia integradora, ou seja, ligados ao avanço tecnológico, à astrofísica, à astrobiologia e à cosmologia, de maneira a delimitar um conteúdo interdisciplinar, em uma relação dialógica com o perfil da disciplina integradora.

5.2.1. Suporte documental para a determinação dos itens

Para a escolha dos itens que comporiam o questionário, numa primeira etapa, pesquisamos os conteúdos de astronomia sugeridos nos documentos oficiais da educação básica, tanto para o EF quanto para o EM. Como documentos oficiais utilizamos os PCN de Ciências Naturais e a BNCC para o EF e os PCN+ para o EM como a base oficial para nossa análise.

Para o EF os principais tópicos de estudo em astronomia sugeridos são o sistema Sol-Terra-Lua e a astronomia observacional, onde alguns tópicos podem ser destacados, tais como a rotação da Terra; as fases da Lua; os calendários; a esfericidade da Terra; as escalas do Sistema Solar e as estações do ano.

No caso do EM os PCN+ sugerem ampliar a visão de Terra e do sistema solar para incluir as interações gravitacionais “identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites” (BRASIL, 2002, p.79). Discutir as hipóteses de vida fora da Terra é outro tema proposto, associando esse

tema à compreensão dos modelos de evolução tanto do Universo quanto das possibilidades de vida.

Para uma maior aproximação de temas atuais da astronomia buscamos as questões científicas apontadas como relevantes pelo consórcio europeu Astronet, o qual propõe uma série de tópicos que provavelmente estarão sendo discutidos nos próximos vinte anos: “Entendemos os extremos do universo?”; “Como é que as galáxias se formam e evoluem?”; “Como se formam as estrelas e os planetas?” e “Como nos encaixamos nesse cenário?”.

Segundo Castilho (2010), dentro dessas quatro questões ainda há oito subitens, mais específicos sobre o assunto, que demarcam o que há de recente em pesquisas em astronomia:

- O que são a matéria e a energia escura?
- Será que podemos observar a gravidade em ação?
- Como supernovas e explosões de raios gama funcionam?
- Onde está a maioria dos elementos químicos durante o tempo cósmico?
- Como funciona o ciclo das estrelas, gás e poeira em galáxias?
- Qual é o ciclo de vida do meio interestelar e das estrelas?
- Como os sistemas planetários se formam e evoluem?
- Qual é o impacto da variabilidade solar sobre a vida na Terra?

Sendo assim, para a composição do questionário, optamos por mesclar itens que se remetessem tanto às orientações curriculares quanto a temas atuais na pesquisa em astronomia e que, conseqüentemente, apresentam exposição na mídia.

A nomenclatura utilizada para cada um dos itens do questionário foi estruturada de maneira a apresentar ao entrevistado definições facilmente compreensíveis, como por exemplo “vida extraterrestre”, que poderia vir a ser substituído pelo termo exoplaneta. Porém, o termo exoplaneta poderia trazer interpretações equivocadas quanto à sua natureza epistemológica, o que acarretaria no comprometimento da confiabilidade estatística durante a análise fatorial do questionário.

O questionário completo, com seus respectivos itens, assim como a escala de interesse, pode ser visto a seguir:

	Sem opinião/ indiferente	Nenhum Interesse	Pouco Interesse	Algum Interesse	Muito Interesse
		1	2	3	4
Big Bang					
Eclipses					
Sol					
Vida extraterrestre					
Estrelas					
Colisão Terra/Asteroides					
Viagem para Lua					
Calendários					
Matéria escura					
Fases da Lua					
Viagem para Marte					
Extinção/fim do universo					
Lua					
Estações do ano					
Estação espacial					
Buraco negro					
Radiação solar					
Constelações					
Corrida espacial					
Caminhada espacial					
Bóson de Higgs					
Sondas Espaciais					
Formação das galáxias					
Supernovas					
Extinção do Sol					
Formação da Terra					
Observação com telescópio					
Onde nós estamos?					

Fonte: O autor

A escala de intensidade de interesse, que os alunos deveriam assinalar, foi baseada numa escala do tipo Likert com cinco alternativas possíveis relativas ao grau de interesse dos alunos pelo tópico apresentado: “sem opinião/indiferente”, “nenhum interesse”, “pouco interesse”, “algum interesse” e “muito interesse”. As orientações fornecidas aos alunos para o preenchimento do questionário estão apresentadas no Apêndice 9.2.

Optamos pela ordenação do nível “sem opinião/indiferente” como primeiro nível na escala para evitar que alunos que não possuíssem o conhecimento de algum dos 28 itens o assinalassem de modo a optar por um meio termo, sendo que a “não inclusão da categoria central, em uma escala 0 - 4, pode conduzir a uma tendência e forçar os respondentes a marcarem a direção que eles estão inclinados” (ALEXANDRE et al., 2003).

5.3. Análises Estatísticas

Para uma análise detalhada dos resultados utilizamos diversas ferramentas estatísticas: correlações simples entre as respostas obtidas para os itens; uma análise fatorial exploratória buscando definir os perfis típicos dos respondentes; e para avaliar a confiabilidade dos nossos resultados medimos o alfa de Cronbach.

5.3.1. Correlações

Para determinar se duas ou mais variáveis se relacionam, poder-se-á determinar o nível de correlação entre elas. Numa análise correlacional as variáveis “são observadas em seu ambiente natural, sem nenhuma interferência, isto é, são variáveis aleatórias” (VIALI, 1997). Mais precisamente, “a análise de correlação fornece um número que resume o grau de relacionamento linear entre as duas variáveis” (VIALI, 1997).

Um dos métodos mais tradicionais para a determinação do coeficiente de correlação entre variáveis é o chamado método do coeficiente de correlação de Pearson, obtido através da expressão:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

sendo que x e y representam duas variáveis observadas; \bar{x} e \bar{y} a média das amostras, e r é a medida de associação linear entre variáveis (FIGUEIREDO-FILHO, SILVA JÚNIOR, 2009). E ainda:

Em termos estatísticos, duas variáveis se associam quando elas guardam semelhanças na distribuição dos seus escores. Mais precisamente, elas podem se associar a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento de variância. No caso da correlação de Pearson (r) vale esse último parâmetro, ou seja, ele é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis. (FIGUEIREDO-FILHO, SILVA JÚNIOR, 2009)

Os valores obtidos para a correlação de Pearson podem variar entre menos um e um, sendo que nesses casos limites “o escore de uma variável pode ser determinada exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis” (FIGUEIREDO-FILHO, SILVA JÚNIOR, 2009) e quanto mais próximo a correlação for do valor absoluto igual a um, maior será o grau de dependência entre as variáveis. As medidas das correlações entre as variáveis isoladas apresentaram valores positivos e maiores do que zero.

5.3.2. Análise Fatorial

Uma vez elaborado o questionário, passamos ao tratamento dos resultados obtidos, assim como de sua respectiva interpretação o que, no nosso caso, foi realizada através de uma análise estatística do tipo fatorial, pois uma das principais funções da análise fatorial é ajudar um investigador a determinar quantas variáveis latentes (que não podem ser medidas diretamente) estão subjacentes a um conjunto de itens (DEVELLIS, 2012, p.116) e, ainda:

Operações estatísticas simples (porcentagens) ou mais complexas (análise fatorial), permitem estabelecer quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise. Para um maior rigor, esses resultados são submetidos a provas estatísticas, assim como a testes de validação. (BARDIN, 1977 p. 101)

Outro motivo pela escolha da análise fatorial se deve ao fato de que “esse modelo não assume que apenas uma variável latente seja a fonte de toda covariação entre os itens. Em vez disso, esse modelo permite que variáveis latentes múltiplas sirvam como causas de variação em um conjunto de itens” (DEVELLIS, 2012, p.115).

Para avaliar o interesse dos alunos e construir os perfis característicos dos grupos de respondentes, utilizamos como técnica estatística a análise fatorial (LAROS, 2005), sendo que “a principal função das diferentes técnicas de análise fatorial é reduzir uma grande quantidade de variáveis observadas a um número reduzido de fatores” (FIGUEIREDO, SILVA, 2010) e que se dividem em vários métodos para extração de dados, tais como o método da análise dos componentes principais (ACP) e o método da análise fatorial comum (AFC); (DING, BEICHNER, 2009), por exemplo.

A análise fatorial parte do princípio de que uma grande categoria de itens pode ser associada através de um único conceito. Para testar esta suposição de forma conceitual, o programa de análise fatorial deve determinar a correlação de cada item com o fator que representa a única variável latente e, em seguida, ver se as correlações observadas entre os itens podem ser recriadas, multiplicando adequadamente os caminhos que ligam cada par de variáveis via o fator (DEVELLIS, 2012, p.123).

Em seguida, executa uma verificação para ver o quão bem-sucedida essa premissa foi. Se parecer que um conceito ou categoria não fez um trabalho adequado de contabilização da covariação entre os itens, a análise fatorial rejeita essa premissa inicial. Em seguida, identifica um segundo conceito (ou seja, variável ou fator latente) que explica algumas das covariações restantes entre os itens. Isso continua até que a quantidade de covariação que o conjunto de fatores não tenha contabilizado seja aceitável. “O processo começa com uma matriz de correlação para todos os itens individuais. Usando essa matriz como ponto de partida, a análise fatorial examina os padrões de covariação representados pelas correlações entre os itens” (DEVELLIS, 2012, p.123).

Segundo Damásio (2012), o primeiro passo para a implementação de uma análise fatorial é observar se a matriz de dados é passível de fatoraçoão. Para isso existem dois tipos de testes comumente utilizados: o critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que sugere a proporção de variância dos itens que pode estar sendo explicada por uma variável latente, e o teste de esfericidade de Bartlett, que avalia em que medida a matriz de covariância é similar a uma matriz identidade (DAMÁSIO, 2012), ou seja, “os elementos da diagonal principal tem valor igual a um, e os demais elementos da matriz são aproximadamente zero, não apresentando correlações entre si” (FIELD, 2005).

Nosso objetivo com o uso da análise fatorial foi o de obter grupos de itens com características em comum no que se refere aos principais interesses de alunos do EM relacionados com a astronomia, na expectativa de reduzir certa quantidade de variáveis num pequeno número de fatores para análise, sendo que esses fatores representam as dimensões latentes (constructos) que resumem ou explicam o conjunto de variáveis observadas (HAIR et al., 2006).

Cada um dos fatores acumula um certo número de variáveis observáveis, sendo então necessário realizar a leitura desse conjunto, buscando compreender quais as características que conduziram os alunos a essas variáveis. Sobre o número de fatores a ser

utilizado, levamos em consideração que “quanto mais fatores forem extraídos, menor é o grau de parcimônia, no entanto, maior será a quantidade total de variância pelos fatores” (FIGUEIREDO, SILVA, 2010) e para isso se fez necessária uma tomada de decisões sobre quais os métodos ideais de extração e rotação fatorial que utilizaríamos, assim como a determinação do número de fatores para serem analisados estatisticamente.

A escolha do número de fatores a ser utilizado durante a extração dos dados torna-se uma das decisões mais importantes a ser tomada numa análise fatorial, isto porque uma extração de fatores inapropriada pode subestimar ou mesmo superestimar os fatores, retendo um número de fatores maior ou menor que o adequado, respectivamente (DAMÁSIO, 2012).

Um dos critérios estabelecidos e muito utilizado na literatura para uma ideal extração de fatores é o critério de Kaiser-Guttman, sendo que:

A lógica por trás do critério de Kaiser-Guttman é simples: cada fator retido apresenta um autovalor que se refere ao total de variância explicada por este fator. A soma total dos autovalores é sempre igual ao número de itens utilizados na análise (utilizando uma escala de 10 itens, a soma dos 10 autovalores retidos é igual a 10). Assim, um componente com autovalor < 1 apresenta um total de variância explicada menor do que um único item. (DAMÁSIO, 2012)

Desta forma, ao aplicar o critério de Kaiser-Guttman, apenas fatores com autovalores maiores do que um devem ser utilizados durante a análise, sendo que “um autovalor representa a quantidade de informação capturada por um fator. Para certos tipos de métodos analíticos fatoriais, a quantidade total de informações em um conjunto de itens é igual ao número de itens” (DEVELLIS, 2012, p.128). Porém, devido ao fato do critério ter sido desenvolvido com base em uma matriz de correção populacional, um autovalor maior do que um tende a superestimar o número de fatores devido ao erro amostral e, por esse motivo, não é recomendado (DAMÁSIO, 2012).

Para a determinação do número de fatores a serem utilizados em nossa análise, optamos pelo teste do *scree plot*, que consiste na observação do gráfico de autovalores, através da determinação do ponto onde os valores apresentam uma tendência descendente linear (Reise, Cols; 2000, apud Damásio, 2012).

Fleck e Bourdel (1998) ainda apresentam a inércia total da nuvem de pontos numa ACP normalizada como conceito fundamental a esse tipo de análise estatística e sugerem que:

O autovalor associado a cada fator representa a inércia da nuvem segundo a direção desse eixo[...] quanto maior o autovalor, maior é sua capacidade de resumir as variáveis e, portanto, mais provável é o fator de ser importante. (FLECK, BOURDEL, 1998)

Como método de extração dos nossos dados foi utilizada a ACP, que é um procedimento de redução de variáveis (DING, BRICHNER, 2009). Numa descrição simples, Ding e Brichner (2009), sugerem que neste método, normalmente, vários itens testam o mesmo tópico e, portanto, as pontuações (escores) dos alunos sobre esses itens devem, idealmente, exibir altas correlações. A ACP agrupa esses itens altamente correlacionados e os colapsa em um pequeno número de componentes através de combinações lineares ponderadas como mostrado abaixo:

$$C_1 = b_{11}Q_1 + b_{12}Q_2 + b_{13}Q_3 + \dots + b_{1n}Q_n$$

$$C_2 = b_{21}Q_1 + b_{22}Q_2 + b_{23}Q_3 + \dots + b_{2n}Q_n$$

onde as letras C_1 e C_2 representam os componentes, Q_i representam os itens presentes no teste e as letras b_s são os escores individuais de cada item.

A opção pela ACP ao invés de trabalharmos com a AFC como técnica de extração dos dados, se deve ao fato de que apesar das duas técnicas produzirem combinações lineares de variáveis que capturem o máximo possível a variância compartilhada, a AFC se utiliza apenas da variância compartilhada, enquanto que para a ACP toda a variância é utilizada (FIGUEIREDO, SILVA, 2010).

Outro motivo pela opção é que a ACP é considerada como uma técnica consagrada para se obter o perfil dos respondentes de questionários em escala Likert,

A análise de componentes principais é uma técnica estatística de análise multivariada que transforma linearmente um conjunto original de variáveis num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original. (FLECK, BOURDEL, 1998)

Desta forma, a ACP resolve equações de autovalores para otimizar os escores obtidos para uma matriz de correlação, sendo que a matriz de correlação é obtida através das rotações fatorais que são de dois tipos: ortogonais e oblíquas, uma vez que

As rotações ortogonais assumem que os fatores extraídos são independentes uns dos outros (não apresentam correlações entre si). Dentre esse tipo de rotação, vários métodos são apresentados na literatura, tais como: quartimax; equimax; e varimax [...] as rotações oblíquas, por sua vez, permitem que os fatores sejam correlacionados entre si. Diferente dos métodos ortogonais, que exigem que os fatores não sejam correlacionados, os métodos oblíquos não delimitam a interação entre os fatores a priori. (DAMÁSIO, 2012)

Para a identificação de uma matriz de correlação entre os fatores emergentes, utilizamos a rotação ortogonal do tipo Varimax, “cujo método procura minimizar o número de variáveis que apresentam altas cargas em cada fator” (FIGUEIREDO, SILVA, 2010).

Lembrando que o método de rotação torna mais fácil determinar quais as variáveis que serão carregadas em quais componentes (SCHAWB, 2007) e tem o objetivo de facilitar a interpretação dos fatores, visto que muitas vezes as variáveis analisadas apresentam cargas fatoriais elevadas em mais de um fator (DAMÁSIO, 2012).

Outro fato de elevada significância para a realização da análise se dá sobre o número de casos considerados relevantes para a utilização da análise fatorial. A literatura sugere um mínimo de 50 a 100 casos para assegurar resultados mais robustos (HAIR et al., 2006). Porém quanto maior o número de casos, melhor (FIGUEIREDO, SILVA, 2010) e nesse ponto, acreditamos ter assegurado a consistência interna de nosso questionário, pois nos utilizamos de mais de 350 respondentes para a realização da análise estatística.

5.3.3. Alfa de Cronbach

Para encerrarmos nossa análise estatística foi necessário medir a confiabilidade, assim como a consistência interna do questionário, e para isso calculamos o alfa de Cronbach para os dados obtidos que é expresso por:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[\frac{\sigma_{\tau}^2 - \sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_{\tau}^2} \right]$$

onde k é o número de questões (em nosso caso, os temas de interesse) que compõe o questionário, σ_i^2 é a variância das respostas do i -ésimo tema, e σ_{τ}^2 é a variância da soma de todas as respostas (ALMEIDA, SANTOS, COSTA, 2010).

O alfa de Cronbach é uma medida clássica em psicometria que, “de um modo geral procura explicar o sentido que têm as respostas dadas pelos sujeitos a uma série de tarefas, tipicamente chamada de itens” (PASQUALI, 2009), avaliando o grau em que os itens de uma matriz de dados estão correlacionados.

A literatura a respeito do alfa de Cronbach sugere para que valores acima de 0,90 sejam considerados como excelentes; entre 0,89 e 0,71, bons; entre 0,70 e 0,61 aceitáveis; entre 0,60 e 0,51 questionáveis e abaixo de 0,50, inaceitáveis (DAMÁSIO, 2012; GEORGE MALLERY, 2003).

No que diz respeito ao padrão de correlação de variáveis, a literatura não converge em números específicos, sugerindo por vezes que a matriz de correlação deva exibir a maior parte dos coeficientes com valor acima de 0,30; porém alguns autores indicam um valor de 0,60.

Demonstraremos a seguir como se deu a elaboração, a aplicação e a análise estatística do questionário nessa primeira etapa metodológica, assim como se procedeu a segunda etapa metodológica através da apresentação dos temas para a turma selecionada.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor interpretar os resultados obtidos, sua apresentação foi dividida em etapas de análise quantitativa e qualitativa. Como primeiro tópico, apresentaremos a análise fatorial, demonstrando quais os temas mais indicados pelos estudantes bem como o seu agrupamento em distintos fatores. Esses fatores auxiliaram na elaboração da disciplina integradora, a qual foi pautada pelas respostas obtidas dos estudantes. Numa segunda etapa, relatamos a aplicação da disciplina integradora, apresentando as formas de acompanhamento e avaliação dos alunos.

6.1. Análise Fatorial

6.1.1. Amostra Analisada

A aplicação do questionário ocorreu durante os anos de 2015, 2016 e 2017, para 374 alunos do EM, com uma média de idades entre 14 e 17 anos, da rede pública e particular de quatro escolas distintas, sendo três localizadas no Estado de São Paulo e uma no Estado do Paraná. Todos os estudantes pesquisados apresentaram interesse pessoal sobre astronomia, e estavam inscritos na Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. A OBA é um evento aberto à participação voluntária de alunos de qualquer rede escolar, sendo organizada anualmente pela Sociedade Astronômica Brasileira em parceria com a Agência Espacial Brasileira (OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA, 2015).

A opção por utilizar como amostra estudantes de escolas dos estados de São Paulo e do Paraná foi associada à dois fatores em comum: o fato do pesquisador residir em São Paulo e a sua participação em um grupo de pesquisas no estado do Paraná, o que possibilitou a aplicação do questionário também nesse estado.

Já a opção pelo diagnóstico através de alunos já inscritos na OBA, se deve ao fato de que uma pesquisa com metodologia fundamentada em análise de respostas a questionários em escala Likert apresenta uma relação estreita entre a confiabilidade estatística e a existência de um construto bem definido na proposta que conduziu à elaboração do questionário. Um construto bem definido implica também em que a amostra avaliada apresente alguma afinidade com o constructo, além de reconhecer os itens que estão sendo medidos/avaliados.

No caso específico da presente pesquisa, o fato dos alunos já terem tido algum contato ou interesse por astronomia faz com que exista maior coerência no conjunto de respostas. Alunos que nunca se interessaram por astronomia não foram ouvidos, pois o objetivo

dessa análise seria especificar o que os alunos que já têm alguma vivência com o tema consideram importante como tópicos importantes e/ou interessantes em astronomia. De maneira mais expressiva, esses alunos representam um público intermediário entre os especialistas e os alunos comuns e refletem o que poderia vir a ser mais interessante para a sua formação, com uma visão interdisciplinar de astronomia.

O tempo despendido no preenchimento do questionário foi em torno de 15 minutos, sendo que não foram respondidas dúvidas sobre a leitura e interpretação dos itens. Foi solicitado aos estudantes que, caso não possuíssem conhecimento sobre o tema, assinalassem a coluna associada à falta de interesse e ou conhecimento sobre a temática.

6.1.2. Análise dos itens individualmente

Iniciamos nossa análise estatística avaliando os itens separadamente de forma a averiguar quais obtiveram as maiores e menores somas Likert, com a intenção de diagnosticar quais deles atraíram com maior ou menor intensidade a atenção dos alunos. Essa análise levou em consideração apenas a somatória dos escores de cada item. Os valores obtidos numa análise total podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 - Itens com suas respectivas somas Likert, em ordem decrescente para o total da amostra.

Itens	Soma Likert
Onde nós estamos?	4,13
Extinção/fim do universo	4,05
Vida extraterrestre	4,00
Buraco negro	3,98
Observação com telescópio	3,96
Extinção do Sol	3,93
Big Bang	3,91
Formação das galáxias	3,88
Formação da Terra	3,75
Viagem para Marte	3,71
Estrelas	3,64
Eclipses	3,56
Viagem para Lua	3,55
Sol	3,51
Constelações	3,51
Colisão Terra/Asteroides	3,37
Lua	3,25
Estação espacial	3,25
Radiação solar	3,25
Corrida espacial	3,01
Supernovas	3,00
Fases da Lua	2,91
Matéria escura	2,85
Sondas Espaciais	2,80
Estações do ano	2,79
Caminhada espacial	2,76
Calendários	2,43
Bóson de Higgs	1,86

Fonte: O autor

Para que pudéssemos realizar uma discussão mais aprofundada sobre os itens e seus respectivos valores Likert, optamos por separar a Tabela 3 em três grupos distintos, levando em consideração apenas as somatórias apresentadas. Nesse sentido a divisão foi baseada em valores cuja soma se estabeleceu entre 4 e 3,75 – itens com maiores somas -; 3,75 e 3 – itens com valores intermediários -; abaixo de 3 – itens com menores somas.

O grupo com a maior soma, nos remete a conteúdos cuja temática central está ligada à cosmologia, porém um olhar mais minucioso pode sugerir que o tema em comum entre os itens dispostos seja a astrobiologia. Informações sobre formação, evolução e extinção de planetas e galáxias, permeiam as linhas de pesquisa dessa área de conhecimento, como já vimos

anteriormente, sendo essa afirmação fortalecida pela presença do item “Vida extraterrestre”, que indica uma possível correlação entre a possibilidade de vida com a evolução de objetos astronômicos específicos.

A segunda classe de somatória de itens agrupa conteúdos ligados às viagens espaciais, em específico. O fato dos itens “Lua”, “Eclipses” e “Constelações” se fazerem presentes nessa faixa intermediária, pode indicar que os alunos entendam que a viagem para o nosso satélite natural foi a única viagem tripulada realizada pelo ser humano, de forma a vincular fenômenos da Lua e regiões do céu cujo agrupamento de estrelas seja evidente (constelações) com a astronáutica.

Por fim, os itens cujos valores apresentaram as menores somas, estão dispostos em duas classes distintas de temas. Ou são temas cuja complexidade foge ao conteúdo do EM (“Matéria escura”, “Bóson de Higgs”) ou estão vinculados ao que já tiveram contato enquanto alunos do EF (estações do ano, fases da Lua, calendários e história da corrida espacial) o que fortalece a pouca incidência dos itens.

De forma a proceder com a análise, realizamos o mesmo procedimento descrito acima para cada instituição separadamente e de modo a evidenciar possíveis perfis de estudantes que poderiam se identificar através da maior ou menor frequência de itens assinalados com somas Likert parecidas. Os itens com maior e menor incidência, por instituição, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise dos valores Likert para os itens, individualmente.

Instituição	Itens com maiores valores Likert	Itens com menores valores Likert
Todas	<ul style="list-style-type: none"> • Onde nós estamos?; • Extinção/fim do universo; • Vida extraterrestre e • Buraco negro; 	<ul style="list-style-type: none"> • Bóson de Higgs; • Calendários; • Caminhada espacial e • Estações do ano.
Escola 1	<ul style="list-style-type: none"> • Buraco negro; • Observação com telescópio; • Extinção/fim do universo; e • Extinção do Sol? 	<ul style="list-style-type: none"> • Bóson de Higgs; • Calendários; • Sondas Espaciais e • Estações do ano.
Escola 2	<ul style="list-style-type: none"> • Onde nós estamos; • Vida extraterrestre; • Big Bang e • Extinção/fim do universo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bóson de Higgs; • Calendários; • Caminhada espacial e • Estações do ano.
Escola 3	<ul style="list-style-type: none"> • Onde nós estamos?; • Extinção/fim do universo; • Observação com telescópio e • Vida extraterrestre 	<ul style="list-style-type: none"> • Bóson de Higgs; • Calendários; • Caminhada espacial e • Estações do ano.
Escola 4	<ul style="list-style-type: none"> • Observação com telescópio; • Onde nós estamos?; • Big Bang e • Formação de galáxias 	<ul style="list-style-type: none"> • Bóson de Higgs; • Calendários; • Viagem para Marte e • Formação da Terra

Fonte: O autor.

A Tabela 3 informa que, apesar de não haver uniformidade dos itens com maior soma Likert, há semelhanças que devem ser levadas em consideração. Analisando separadamente cada instituição, notamos que para três das quatro escolas, os itens “extinção/fim do universo” e “observação com telescópios” obtiveram somatória Likert muito elevada. O item “Onde nós estamos?”, obteve a maior somatória em duas das quatro instituições (escola 2 e escola 3) sendo a segunda mais assinalada na escola 4. Os itens “Big Bang” e “Vida extraterrestre” surgem com médias elevadas em duas das instituições, sendo os itens “Formação de galáxias” e “Buraco negro”, assinalados apenas em uma instituição cada.

No que diz respeito aos itens com menores somas Likert, pudemos evidenciar dois perfis institucionais semelhantes. A escola 3 e a escola 4, apresentaram os mesmos itens com menores médias, sendo que a escola 1 só se diferenciou das demais em suas escolhas devido à um item. Ao invés de “Caminha espacial”, o item que o diferencia das outras duas instituições foi “Corrida espacial”.

Um fator de convergência é o surgimento dos itens “Bóson de Higgs” e “calendários”, respectivamente, com somas reduzidas evidenciadas em todas as instituições. Já o item “estações do ano”, apesar de ser um tema evidenciado para o ensino de astronomia nas diretrizes curriculares, não despertou o interesse dos estudantes de três das quatro instituições estudadas.

De uma maneira generalizada, os itens mais assinalados pelos estudantes, nos deram indícios do que realmente se demonstrou interessante e motivador para nossa amostra, itens esses que se configuram em temas relativamente distantes do que é sugerido para a educação básica em nosso país e voltados para uma astronomia atual e interdisciplinar, permeando temas que vão da evolução estelar ao estudo da vida.

Um próximo passo para a efetivação da análise estatística foi obter valores que corroborassem para que nosso questionário fosse considerado confiável. Para isso, optamos pelo cálculo do coeficiente alfa de Cronbach, cujo resultado pode ser visto no tópico 5.1.3.

6.1.3. Alfa de Cronbach

A confiabilidade da consistência interna de uma amostra nada mais é do que homogeneidade dos itens dentro de uma escala (DeVELLIS, 2012, p.34) e para a estimativa de consistência interna optamos pelo cálculo do coeficiente alfa de Cronbach que, “como uma forma de estimar a confiabilidade de um questionário aplicado em uma pesquisa” (HORA et al., 2010), sendo que o coeficiente alfa

É definido como a proporção da variância total de uma escala que é atribuível a uma fonte comum, presumivelmente o escore verdadeiro de uma variável latente subjacente aos itens. Assim, se quisermos calcular o alfa, seria útil ter um valor para a variância total da escala e um valor para a proporção que é variância comum. (DeVELLIS, 2012, p.37)

Em outras palavras o coeficiente de Cronbach indica quão uniformemente os itens presentes no instrumento avaliativo contribuem para uma soma não ponderada do questionário. Esta é a propriedade conhecida por consistência interna da escala, justificando o alfa ser interpretado como “um coeficiente médio de todas as estimativas de consistência interna que se obteriam se todas as divisões possíveis da escala fossem feitas” (CRONBACH, 1951 apud MAROCO, GARCIA-MARQUES, 2006).

Os valores médios obtidos numa correlação de itens, mediante a determinação do coeficiente alfa sugere que “quanto mais elevadas forem as covariâncias (ou correlações entre os itens) maior é a homogeneidade dos itens e maior é a consistência com que medem a mesma dimensão ou constructo teórico” (MAROCO, GARCIA-MARQUES, 2006).

O primeiro passo para a efetivação da análise foi o cálculo do coeficiente alfa de Cronbach para toda nossa amostra, pois segundo DeVellis (2012, p.44), se o coeficiente encontrado for alto o suficiente, poder-se-á realizar a redução do número de itens do total do instrumento para melhor construir um construto. Efetivando o cálculo para todos os itens do

questionário (n=28), obtivemos um valor de 0,92 para o coeficiente, sugerindo uma nova avaliação dos itens para uma possível redução das variáveis.

6.1.4. Análise das Correlações entre os Itens

Como o valor observado de alfa de Cronbach foi acima de 0,90 pudemos pensar em diminuir o número de variáveis, para buscar um resultado com melhor interpretação. Para tanto, optamos por excluir alguns itens que demonstraram possuir baixa consistência interna com a amostra num todo, ou seja, baixa correlação com os demais itens. Para tanto, foram calculadas todas as correlações (método de Pearson) duas a duas para os 28 itens. Para cada um dos 28 itens, foi calculada a média das correlações do i -ésimo item contra os demais 27 itens (M_{Qi}), conforme apresentado na Tabela 5 (Média por item). Calculamos, em seguida, a média sobre os 28 valores de M_{Qi} (M_Q), e o desvio padrão desses 28 itens (DP_Q).

Uma das formas de avaliar o quanto diferentes medidas podem estar próximas ou distantes é utilizando a nota reduzida. A nota reduzida é um artifício matemático que transforma um conjunto de notas em um novo conjunto com média igual a zero e desvio padrão igual a um. Aplicando esse conceito para os valores de M_{Qi} obtemos a nota reduzida para cada item (NR_{Qi}) expressa por

$$NR_{Qi} = \frac{(M_{Qi} - M_Q)}{DP_Q}$$

Um valor de NR_{Qi} igual a zero corresponde a uma correlação média do i -ésimo item igual à média da correlação entre todos os itens. Dessa forma, itens que apresentaram uma nota reduzida abaixo de menos um (-1) estão um desvio padrão abaixo da média, indicando uma correlação muito fraca com os demais itens, podendo ser eliminados da amostra. Essa condição eliminou os itens “eclipses”, “vida extraterrestre”, “fases da Lua”, “estações do ano” e “bóson de Higgs”). Os dados podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados para o primeiro critério de exclusão.

	M_{Qi}	M_Q	DP_Q	NR_{Qi}
Q1	0.303	0.317	0.044	-0.323
Q2	0.262			-1.259
Q3	0.313			-0.087
Q4	0.263			-1.244
Q5	0.317			-0.006
Q6	0.374			1.297
Q7	0.336			0.425
Q8	0.291			-0.595
Q9	0.301			-0.383
Q10	0.259			-1.328
Q11	0.337			0.451
Q12	0.323			0.123
Q13	0.327			0.222
Q14	0.252			-1.496
Q15	0.402			1.928
Q16	0.354			0.852
Q17	0.365			1.089
Q18	0.370			1.200
Q19	0.357			0.902
Q20	0.329			0.276
Q21	0.218			-2.284
Q22	0.343			0.581
Q23	0.372			1.257
Q24	0.310			-0.168
Q25	0.335			0.416
Q26	0.320			0.064
Q27	0.277			-0.916
Q28	0.274			-0.993

Fonte: O autor.

Sobre os itens excluídos, nota-se que, com exceção do “bóson de Higgs”, os demais itens são apresentados aos alunos nas séries iniciais do EF. “Estações do ano”, “fase da Lua” e “eclipses”, fazem parte dos temas vinculados a uma astronomia que chamamos de clássica.

No que se refere à questão sobre o “bóson de Higgs”, quando da elaboração do questionário, no ano de 2015, a mídia apresentava uma enorme divulgação do tema, porém esse fato não ocorreu nos anos seguintes, sendo provavelmente esse o motivo que levou os alunos a estabelecerem poucas relações entre eles e os demais itens do questionário.

Após a exclusão dos itens discutidos acima, efetuamos novamente o cálculo de alfa de Cronbach com a amostra dos 23 itens restantes. O valor de 0,916, possibilitou-nos repetir a busca por outros itens passíveis de exclusão e como segundo critério, optamos por realizar a análise fatorial e retirar da amostra itens com cargas fatoriais menores que 0,40.

Nessa nova análise, o software estatístico SAS, determinou a existência de cinco fatores de correlação excluindo, segundo nosso critério, os itens “Estação espacial”, e “Colisão Terra/Asteroides”, devido às suas baixas cargas fatoriais com os demais itens do questionário. Os itens com suas respectivas cargas fatoriais, após a primeira exclusão, podem ser vistos da Tabela 5.

Tabela 5 - Itens e cargas fatoriais do questionário de interesse em astronomia, primeira exclusão.

Item	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Fator5	Temas
Q24	0,78258					Supernovas
Q9	0,73843					Matéria escura
Q16	0,66194					Buraco negro
Q23	0,62572					Formação das galáxias
Q22	0,5383					Sondas Espaciais
Q17	0,4475					Radiação solar
Q15		0,14435				Estação espacial
Q12		0,70471				Extinção/fim do universo
Q25		0,69025				Extinção do Sol
Q28		0,68879				Onde nós estamos?
Q26		0,62276				Formação da Terra
Q1		0,47098				Big Bang
Q19			0,70576			Corrida espacial
Q20			0,70498			Caminhada espacial
Q11			0,65603			Viagem para Marte
Q7			0,59045			Viagem para Lua
Q3				0,69473		Sol
Q8				0,65959		Calendários
Q5				0,49078		Estrelas
Q13					0,68727	Lua
Q18					0,64359	Constelações
Q27					0,60747	Observação com telescópio
Q6					0,18355	Colisão Terra/Asteroides

Fonte: O autor.

Dessa forma, obtivemos uma amostra formada por 21 itens cujo valor calculado para o alfa de Cronbach foi igual a 0,90, possibilitando-nos uma nova exclusão. Porém, realizando novamente a análise fatorial para essa nova amostra, não foram observadas cargas fatoriais de correlação próximas ou inferiores a 0,40 não havendo assim, a necessidade da exclusão de outros itens para compormos nossa amostra final. Os itens com suas respectivas cargas fatoriais podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6 - Itens e cargas fatoriais do questionário de interesse em astronomia, final.

Item	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator4	Frase
Q24	0,78784				Supernovas
Q9	0,75088				Matéria escura
Q16	0,66227				Buraco negro
Q23	0,63321				Formação das galáxias
Q22	0,55033				Sondas Espaciais
Q17	0,44449				Radiação solar
Q12		0,70415			Extinção/fim do universo
Q25		0,70102			Extinção do Sol
Q28		0,68589			Onde nós estamos?
Q26		0,65085			Formação da Terra
Q1		0,47666			Big Bang
Q13			0,73455		Lua
Q5			0,69702		Estrelas
Q18			0,6542		Constelações
Q3			0,53931		Sol
Q8			0,47583		Calendários
Q27			0,4073		Observação com telescópio
Q11				0,70548	Viagem para Marte
Q19				0,66957	Corrida espacial
Q7				0,6519	Viagem para Lua
Q20				0,6421	Caminhada espacial

Fonte: O autor.

De modo a finalizar o primeiro diagnóstico, e após a sequência descrita, a amostra se configurou em 21 itens correlacionados em quatro fatores, possuindo uma boa confiabilidade e consistência interna, fatores determinantes para que pudéssemos dar continuidade aos demais procedimentos de uma análise fatorial. E, sendo assim, como sequência de nossa análise, realizamos a descrição qualitativa dos fatores e de seus respectivos itens de correlação, de forma a buscar perfis estudantis que nos permitissem separar classes distintas de alunos/escolas.

6.1.5. Interpretação da Análise Fatorial

A análise fatorial indicou a existência de quatro fatores cujos itens se agruparam de acordo com suas relações entre si. A Tabela 7 apresenta a disposição dos fatores e da temática correspondente a cada um deles.

Tabela 7 - Fatores com as temáticas associadas.

Fator	Itens
1	Matéria escura, Buraco negro, Radiação solar, Sondas espaciais, Formação de galáxias e Supernovas
2	Big-Bang; Extinção/fim do universo, Extinção do sol, Formação da terra e Onde nós estamos?
3	Sol, Estrelas, Calendários, Lua, Constelações e Observação com telescópios
4	Viagem para Lua, Viagem para Marte, Corrida espacial e Caminhada espacial.

Fonte: O autor.

Os itens dispostos na Tabela 7 não estão agrupados de acordo com seu perfil epistemológico. Os fatores foram gerados estatisticamente a partir de correlações entre os fatores e o eixo principal da distribuição de pontos da amostra. Por esse motivo, itens com um mesmo perfil epistemológico se apresentaram em distintos fatores, como por exemplo “estrelas”, “extinção do Sol” e “buracos negros”, itens que epistemologicamente deveriam pertencer a um mesmo fator.

Observamos no Fator 1 que os seis itens elencados apresentam temas relacionados à pesquisa científica em astronomia atual, bem como questões em aberto na ciência. É importante lembrar que esse fator é o que agrupa a maior parte dos respondentes do questionário.

Hipóteses sobre a vida e a sua evolução no Universo e na Terra se sobressaem no Fator 2. Esse fator sugere fortes relações entre astronomia e a astrobiologia; bem como com a cosmologia com a astrofísica. O item “extinção do Sol” remete ao estudo da evolução estelar,

assim como os itens “big-bang” e “extinção/fim do universo” à cosmologia. Já o item “formação da Terra” propicia a interligação do fator também à astrobiologia, relacionando vida, astronomia e ambiente.

Parte do que chamamos de astronomia clássica pode ser vista nos itens que se agruparam no Fator 3. Os itens; nos sugerem que este fator seja associado à observação direta dos astros mencionados. Tanto a Lua como o Sol e as constelações podem ser vistas à olho nu ou através de um telescópio. Por outro lado, podemos facilmente correlacionar os calendários com a observação dos astros:

Podemos observar cinco planetas com os olhos nus: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, mais a Lua e o Sol. Na antiguidade, esses astros eram considerados deuses e algumas culturas deram para cada um deles um dia da semana como homenagem. Por esse motivo é que temos sete dias na semana. Já o mês faz referência ao movimento de revolução que a Lua tem ao redor da Terra. Ela demora em média 29,53 dias para fazer uma volta completa, o que nos dá um mês com aproximadamente quatro semanas. (PEIXOTO, 2012)

Nitidamente, notamos a astronáutica e as viagens espaciais como principais temas dos itens envolvidos no Fator 4. Podemos ainda, aliar aspectos de engenharia e ciências correlacionadas a esse fator, pois o avanço tecnológico obtido através da corrida espacial e do lançamento e manutenção de satélites e sondas espaciais é evidente na sociedade atual, através, principalmente, da utilização de celulares e demais aparelhos conectados à internet.

Devido ao fato de os itens previamente selecionados por nós, durante a confecção do questionário, não terem se correlacionado entre si, optamos pela renomeação dos fatores através de suas respectivas análises qualitativas descritas acima. Sendo assim, chamamos os fatores sugeridos pela análise estatística de 1, 2, 3 e 4 de: “Astronomia acadêmica”, “Vida e universo”, “Astronomia observacional” e “Viagens espaciais”, respectivamente. A escolha dos nomes levou em consideração as características em comum entre os itens agrupados.

6.2. Disciplina Integradora de Astronomia

6.2.1. Sequência didática da Disciplina Integradora

Nossa amostra consistiu inicialmente em 32 alunos do 1º ano do EM, porém devido às desistências ocorridas no ano letivo, nossa amostra final se definiu em 26 alunos com idades entre 15 e 17 anos, sendo 46%, ou 12 estudantes do sexo feminino e 54%, ou 14 estudantes, do sexo masculino. Sobre o nível de escolaridade dos pais da amostra, 43,5% das mães possuem ensino superior completo, 24% ensino médio completo, 5% ensino médio incompleto, 9,5% ensino fundamental completo e 9,5% ensino fundamental incompleto, sendo que outros 9,5%

não souberam responder tais questionamento. Em relação aos pais, 24 % possuem ensino superior, 29% ensino médio completo, 9,5% ensino médio incompleto, 9,5% ensino fundamental completo e 14% ensino fundamental incompleto, sendo que 14% não souberam informar o nível de escolaridade do pai.

Iniciamos nossa jornada pela astronomia num viés interdisciplinar através de um breve estudo do Sol. Não nos prendemos a conceitos astrofísicos nesse momento, nos remetendo apenas a levar o conhecimento do que é o Sol e como ele nos influencia diariamente. Como uma das possíveis motivações científicas, analisamos o processo de surgimento dos oceanos e posteriormente da atmosfera primitiva da Terra.

Para chegarmos a tais processos, fez-se necessário uma explicação de como o Sol, a Terra e os demais corpos do sistema solar surgiram. Para isso, tomamos a hipótese nebular de Laplace que se apoia na possibilidade de que, há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, um disco de material interestelar superaquecido se condensou para formar um objeto esférico ao qual chamamos de estrela (LIOU, 2002). Posteriormente e, segundo Horvath (2011, p.311), “a partir do desenvolvimento substancial dos telescópios, no século 19, foi possível fundamentar e precisar o problema da formação estelar, levando-o além de uma mera hipótese”. Mais especificamente:

As estrelas se formam a partir de nuvens interestelares, por um processo de instabilidade gravitacional que leva à contração da nuvem, até que as regiões centrais atinjam densidades e temperaturas suficientes para a ignição das reações nucleares [...] à medida que a nuvem colapsa, fragmentos dessa nuvem tornam-se instáveis e colapsam mais rapidamente que a nuvem original [...] após a instabilidade gravitacional, chega-se a uma estrutura em que uma região central mais densa atinge o equilíbrio hidrostático. (MACIEL, 1999, p.252 e 253)

O Sol, após passar por esse processo de colapso da nuvem molecular, se tornou uma esfera gasosa de aproximadamente $2,0 \times 10^{30}$ kg de massa e raio de $7,0 \times 10^5$ km, e que possui o hidrogênio (H) e o hélio (He) como seus principais constituintes, sendo sua temperatura superficial efetiva próxima dos 6000 °C, aumentando a medida em que nos aproximamos de seu núcleo (OLIVERIA FILHO, SARAIVA, 2004, p. 122).

De acordo com Mello (2016), após o colapso estelar, a periferia da nebulosa se resfriou e deu início a um processo de aglutinação de materiais, originando os protoplanetas que, posteriormente, viriam a se tornar os primeiros planetas do sistema solar.

Nosso planeta se encontra numa região privilegiada em sua órbita ao redor do Sol, a zona habitável. A zona habitável de um sistema planetário “é a região ao redor de uma estrela

em que sua energia luminosa permite temperaturas suficientes para que a água se mantenha no estado líquido, ou seja, entre 0 e 100 °C, para condições normais de temperatura” (MELLO, 2016, p.80). Porém, ainda segundo Mello (2016), não apenas a luminosidade da estrela e a sua distância do planeta são os responsáveis pela zona habitável, mas também “a presença de uma atmosfera com a capacidade de receber a energia luminosa estelar, transformá-la em calor e reter esse calor na superfície” (MELLO, 2016). A esse processo damos o nome de efeito estufa.

Toda essa introdução, sobre a formação planetária e estelar, assim como a síntese dos oceanos e da atmosfera terrestre, associamos parte do conjunto de temas dispostos nas unidades temáticas Biosfera e Cosmosfera.

Após essa pequena introdução, convidamos os alunos para a realização de uma prática cujo principal objetivo era o de determinar a energia solar recebida pela Terra por unidade de área, por unidade de tempo, ou seja, o fluxo de energia solar (HORVATH, 2013).

A prática consistiu na utilização de um recipiente de vidro com um certo volume de água pré-determinado (300 mL) e com uma de suas paredes envolvidas com papel cartão da cor preta. Nas dependências externas da escola e durante o período de aula, deixamos o recipiente juntamente com um termômetro, durante 15 minutos no Sol e registramos o aumento de temperatura ocorrido nesse intervalo de tempo para, posteriormente, repetirmos o processo na sombra. Com os valores da variação da temperatura, da massa e do volume de água assim como da área da superfície coletora, foi possível estimar a quantidade de calor recebida pela Terra através da luminosidade do Sol. A orientação para coleta de dados pode ser vista no Apêndice 9.4.

A ideia principal dessa prática foi a de relacionarmos valores a grandes quantidades de energia que produzimos na Terra, remetendo-nos à unidade de estudos Sociosfera. Os valores obtidos foram devidamente analisados e comparados com os valores dispostos na literatura, utilizando-se para isso de uma planilha Excel no laboratório de informática para que pudéssemos, futuramente, retornar a esse valor e compará-lo com a nossa produção energética, tanto da produção de energia elétrica em nível regional e global como também enquanto seres humanos que necessitam do consumo da energia dos alimentos para a sobrevivência.

Para a análise dos dados obtidos pelos alunos através do experimento, fez-se necessária a abordagem de alguns conceitos físicos não previstos para a grade curricular do primeiro ano do EM: quantidade de calor (Q), potência (P) e fluxo de energia (f). Porém para o

entendimento dessas três grandezas, foi necessário que os alunos tomassem conhecimento do que vem a ser a energia propriamente dita.

Para definirmos, e introduzirmos, a quantidade de calor (Q) em nossos estudos, partimos da afirmação de que:

Quando a energia é transferida para uma substância na forma de calor, a temperatura da substância usualmente aumenta. A quantidade de calor Q necessária para aumentar a temperatura de uma amostra da substância é proporcional à variação da temperatura e à massa da amostra. (TIPLER, MOSCA, 2008 p. 600)

Matematicamente, e segundo os princípios da termodinâmica, a quantidade de calor pode ser expressa pelo produto da massa do objeto pela variação de temperatura à qual foi submetido e de seu calor específico, que nada mais é do que a capacidade térmica específica de uma substância e capacidade térmica, por sua vez, “é a variação da energia interna necessária para aumentar um grau a temperatura de uma amostra” (TIPLER, MOSCA, 2008 p.600):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (5.1)$$

sendo m a massa do corpo ou objeto que se deseja obter os resultados através de medições pontuais; c é o chamado calor específico da substância

Segundo Silva (2010), potência “é quantidade de energia que transforma ou é entregue, para um certo processo, por unidade de tempo”, de outra forma, segundo o autor a potência pode, analogamente, ser comparada com a “velocidade” da energia (SILVA, 2010), sendo matematicamente expressa por:

$$\text{Potência } (P) = \frac{(Q)}{(\Delta t)} \quad (5.2)$$

cuja unidade de medida no Sistema Internacional é o Watt (W), porém para a efetivação dos nossos cálculos utilizamos caloria/minutos para posteriormente realizar as devidas conversões entre as unidades de medida.

Para finalizarmos, sugerimos aos alunos que determinassem o fluxo de energia solar que a Terra recebe, assim como a luminosidade recebida devido à distância que estamos do Sol. A inserção desses cálculos, que consideramos não triviais ao nível de escolaridade, se deve ao fato de podermos efetuar comparações da Terra com outros planetas do Sistema Solar, principalmente no que diz respeito à zona habitável solar.

Para facilitar os cálculos a serem realizados, fornecemos as funções matemáticas necessárias para a efetivação da análise matemática e acompanhamos o tratamento de cada

grupo isoladamente, de forma a orientá-los na execução devida das operações envolvidas. O fluxo energético (f) foi dado por:

$$f = \frac{P}{A} \quad (5.3)$$

sendo P a potência calculada anteriormente e A , a área da superfície coletora.

E a determinação da luminosidade foi expressa por:

$$L = 4\pi d^2 f \quad (5.4)$$

sendo d a distância média da Terra ao Sol, cujo valor fornecido foi $d = 150$ milhões de quilômetros.

Todos os grupos de alunos entregaram a ficha de dados, juntamente com seus cálculos, devidamente preenchida para o professor que inseriu os dados obtidos em uma planilha Excel para a confirmação dos valores. Na literatura, os valores encontrados para o fluxo de energia solar e para a luminosidade do Sol são: $f = 1390 \text{ W/m}^2$ e $L = 4 \times 10^{26} \text{ W}$, respectivamente (HORVATH, 2013).

A média dos valores obtidos pelos alunos foram $f = 607 \text{ W/m}^2$ e $L = 1,7 \times 10^{26} \text{ W}$, sendo essa diferença relacionada principalmente devido ao fato da coleta de dados ter se realizado ao final da tarde, momento em que o Sol está relativamente baixo no céu (próximo ao horizonte) para uma melhor configuração experimental. Outro complicador para a análise realizada é que a própria atmosfera espalha e absorve parte da luz do Sol, sendo necessário a introdução de correções nos cálculos realizados (HORVATH, 2013)

As correções e aproximações foram apresentadas aos alunos no laboratório de informática, momento em que os estudantes puderam tirar algumas dúvidas sobre os procedimentos matemáticos utilizados na atividade. Nesse mesmo momento, realizamos uma comparação da energia proveniente do Sol com a produção de energia em nível mundial, desvelando o Sol como maior fornecedor de energia para o nosso planeta.

Calculamos, também, a energia necessária para que uma lâmpada de 100W pudesse ficar acesa durante o período de um dia (24h) de forma a relacionar os valores obtidos com a potência que um ser humano desprende, no mesmo período, caso sua dieta fosse rigorosamente baseada em 2500 kcal diários. Como provocação aos alunos, foi apresentado o seguinte questionamento:

Qual a diferença do valor entre a energia desprendida por um ser humano, em um dia, e uma lâmpada de 100W de potência no mesmo período?

A ideia desse questionamento foi o de relacionar as unidades de estudo Biosfera e Sociosfera, através da alimentação de uma pessoa que se submete a uma dieta balanceada, com sua potência desprendida, uma vez que os alunos já estavam habituados aos cálculos de potência e energia.

O resultado obtido foi o de aproximadamente 120 W para cada pessoa e fazendo uma estimativa global, 840 bilhões de Watts. Apesar de ser considerado pelos alunos um valor elevado, notamos que ele se torna pequeno se comparado com a energia fornecida pela nossa estrela.

Evidentemente que a última comparação efetuada possuiu o objetivo único de motivar os alunos a permanecerem ativos durante as aulas. Dialogamos sobre o procedimento teórico com o qual estiveram envolvidos e evidenciamos que o processo científico utilizado é passível de perdas e outras tantas variantes e, por isso, é considerado apenas uma aproximação da realidade.

Como último aporte teórico solicitamos aos grupos que elaborassem três questões sobre a relação da energia e os alimentos selecionados durante o ano para a confecção do cardápio escolar para que pudéssemos, num momento futuro, realizar uma entrevista com a nutricionista da escola e retomar o conteúdo estudado.

Como sequência didática para a apresentação das aulas, havíamos optado por trabalhar com o tema “Sol/ser humano/ ambiente”, pertencentes a unidade de estudos Biosfera, de forma a dar continuidade aos conceitos apresentados na Tabela 2. Porém, devido ao fato da política escolar sugerir que trabalhássemos através da apresentação de um produto final com os alunos, optamos pela escolha e delimitação do problema que os estudantes deveriam se desenvolver até o final da etapa de estudos dos eixos integradores.

Nesse momento, achamos pertinente inserir na discussão a evolução das viagens espaciais. Desta forma escolhemos, como produto final, a elaboração de uma base fictícia de suporte à vida em Marte. Acreditamos que os temas envolvidos nessa proposta poderiam despertar grande interesse dos alunos e ainda, seriam relacionados a uma grande e seleta gama de áreas científicas, tornando a atividade com caráter interdisciplinar.

Antes de darmos sequência aos estudos e à realização das demais atividades, motivamos os alunos, para que escolhessem uma das seguintes áreas para divisão de novos grupos de estudo: exatas; tecnologia/engenharia; biológicas; humanas e sociais. Após a divisão, foi sugerido aos alunos que montassem um pequeno seminário semanal para que nos fossem apresentados dados relevantes a respeito de Marte para dois objetivos principais:

- Elaborar um roteiro e um cronograma de uma suposta viagem à Marte e;
- Dados específicos para a montagem da base. Desta forma, acreditamos que os alunos passariam de receptores à um nível maior de protagonismo durante as discussões.

No total foram formados quatro grupos de cinco ou seis alunos, sendo: equipe biológicas, equipe exatas, equipe tecnologia e equipe humanas. A sugestão de uma equipe da área de ciências sociais foi extinta, devido ao fato de não termos identificado a opção de nenhum aluno à essa linha de trabalho.

Para a apresentação dos seminários, sugerimos a escolha de temas importantes para a viagem hipotética a ser realizada pelos alunos. Os temas poderiam estar vinculados, por exemplo, a: climatologia; geologia; aspectos astronômicos da viagem (tempo de duração, distância média, etc.); meteorologia; alimentação e nutrição; saúde mental dos passageiros; análise do solo; água; locomoção; etc.

O primeiro seminário consistiu na apresentação da equipe da área de biológicas, que nos apresentou informações relevantes sobre as principais características do planeta Marte. O conteúdo da apresentação pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 - Relação dos conteúdos e suas respectivas áreas científicas.

Área científica	Conteúdo
Geologia	Química dos solos, presença de gelo de água e dióxido de carbono, características do relevo marciano.
Astronomia	Tamanho do planeta Marte e comparação com a Terra.
Física	Campo magnético.
Biologia	Corpo humano e a alta exposição à radiação.
Meteorologia	Características atmosféricas e ventos marcianos.

Fonte: O autor.

Devido ao fato de os alunos nunca terem realizado tal procedimento (apresentação de seminários) fez-se necessário a intervenção do professor em alguns aspectos, tais como a interpretação dos slides através apenas da leitura. A intervenção foi realizada de modo

explicativo, sugerindo para os estudantes que não ficassem tão “presos” e não se sentissem intimidados pelo conteúdo. Após, a apresentação seguiu-se sem maiores intercorrências.

O segundo grupo a apresentar o seminário, foi a equipe de exatas. Como nesse momento a discussão estava pautada pela descoberta das características marcianas, o grupo optou pela apresentação de informações principalmente relacionadas à astronomia e a geologia: rotação e revolução; estações do ano; raio; gravidade; distância da Terra; distância do Sol, velocidade orbital média; variação de temperatura superficial; presença de satélites naturais (Phobos e Deimos), luminosidade recebida do Sol e excentricidade orbital.

Após a apresentação, o professor pesquisador promoveu a interação entre os dois seminários já apresentados, fomentando uma rápida discussão sobre alguns dos dados apresentados. Foi sugerido que os alunos pensassem sobre a relação do fluxo de energia que a Terra e que Marte recebem diariamente do Sol para a efetivação de uma comparação com o processo fotossintético que ocorre (ou poderia ocorrer) em ambos os planetas.

Estando Marte mais distante do Sol do que a Terra, os processos fotossintéticos de algumas plantas, supostamente levadas para sua superfície, ocorreriam da mesma forma que na Terra? Esse questionamento foi selecionado pela equipe de tecnologia/engenharia para a apresentação de seu seminário.

Para a equipe de biológicas, foi orientado que aguardassem a próxima apresentação para que, posteriormente, pudessem confeccionar um experimento de plantio e colheita de alguns alimentos mediante as condições encontradas em Marte. Já para a equipe de exatas, foi solicitado que calculassem a constante solar marciana, assim como fizeram no início da disciplina para a Terra. Evidentemente que deveriam utilizar dados teóricos encontrados na literatura a fim de estabelecer uma comparação com a constante solar obtida para a Terra, evidenciando para a equipe de biológicas se as condições marcianas para o plantio e colheita a céu aberto seriam adequadas para tal finalidade.

Como continuidade aos seminários, a equipe de tecnologia apresentou, em primeira instância, as características gerais de um suposto foguete que serviria de locomoção para ida à Marte. Os alunos tomaram o devido cuidado de demonstrar alguns possíveis tipos de combustíveis a serem utilizados, dando preferência a utilização do hidrogênio como combustível para a realização da viagem. Seguiram o contexto apresentando dados encontrado

na internet sobre possíveis velocidades de aproximação da nave à Marte, assim como qual método de pouso seria mais adequado à proposta.

Apresentaram, ainda, a ideia de um veículo movido a energia solar que serviria de apoio a pesquisas científicas (Rover). O grupo se prontificou a confeccionar um protótipo com peças LEGO e programação Arduino⁴, devido ao fato da escola possuir tais materiais e ter um grupo de robótica que poderia servir de apoio técnico aos alunos. Outros pontos que o grupo acreditou serem determinantes em sua apresentação foram a comunicação com a Terra e a radiação à qual os viajantes estariam expostos.

O último seminário realizado foi da equipe de humanas. Nesse momento, os alunos discutiram sobre liderança, turno de trabalho e lazer. Sugeriram que cada equipe escolhesse um líder para tomada de decisões junto aos líderes das outras equipes e ainda, que cada viajante possuiria um turno de trabalho de 8 horas, tanto na viagem quanto em Marte. Evidenciaram a necessidade de um psicólogo na equipe, pois sem o mesmo às integrantes da missão poderiam ter problemas sociais/mentais, colocando toda a missão em risco. Os dias seriam divididos em três turnos sequenciais de modo a não desgastar demasiadamente os envolvidos no processo. Já para o lazer, sugeriram atividades que envolvessem pouca utilização de energia elétrica, tal como leitura, jogos de carta, utilização de instrumentos acústicos e rodas de conversa.

Como finalização de uma das etapas de trabalho, foi solicitado aos alunos que demonstrassem suas pesquisas através de pequenos cartazes a serem fixados na área externa da escola, de modo a evidenciar aos demais alunos da escola o possível progresso alcançado até o momento. Com exceção da equipe de biológicas, que realizou o plantio de batatas, as outras três equipes realizaram a confecção e expuseram seus resultados.

Após a apresentação dos seminários, os alunos foram instruídos a preencherem uma autoavaliação sobre a disciplina, até o presente momento. A autoavaliação foi realizada em grupos, contando com a participação de todos os estudantes. Os resultados obtidos com esse instrumento avaliativo podem ser vistos na Tabela 9.

⁴ Arduino é uma plataforma de hardware livre. É uma placa de código aberto baseado em um circuito de entradas/saídas simples, micro controlada e desenvolvida sobre uma biblioteca que simplifica a escrita da programação em C/C++. Fonte: <https://pplware.sapo.pt/gadgets/hardware/mundo-arduino-vamos-comecar-a-programar/>

Tabela 9 - Autoavaliação dos alunos sobre os seminários apresentados.

	Biológicas	Exatas	Tecnologia	Humanas
O que investiguei	Características principais de Marte para sobrevivência	Características astronômicas de Marte, métodos de pouso e decolagem.	Radiação, métodos de comunicação, combustíveis para o foguete, do que a nave deve ser feita, mecânica da nave.	Lazer, hierarquia, doenças psicológicas, controle de medicação.
Como investiguei	Informações oficiais e vídeos	Internet	Síte da NASA, documentários e reportagens.	Através de pesquisas elaboradas pelo grupo.
O que aprendi	Que as condições em Marte podem se tornar favoráveis se fizermos algum esforço para isso acontecer	Aprendemos como se realizam as viagens espaciais.	Que existem maneiras de barrar a radiação ou pelo menos controla-la; é necessária uma mecânica específica e um combustível específico para uma boa viagem; meios possíveis para comunicar-se no vácuo.	Que a convivência em grupo é muito importante, que um grupo deve ter líder e ter responsabilidade acima de tudo.
O que concluí	Alto custo para a realização da viagem e para a colonização de Marte.	Não é um projeto simples, ele exige muita dedicação e exatidão.	É necessária uma estratégia e muita organização para realizar uma boa viagem.	A convivência em grupo deve prevalecer em respeito à autoridade.
Pontos que deveriam ser mudados	Poderíamos ter pesquisado e demonstrado à classe um pouco mais.	Ter mais clareza nas apresentações dos grupos.	Simplificar os meios de apresentar.	Muitos vídeos nas apresentações dos grupos.

Fonte: O autor.

Logo após esse momento, a equipe de biológicas se prontificou a realizar o plantio de algumas batatas, nas áreas externas da escola para que pudéssemos simular a confecção de uma suposta horta em Marte. De início, os alunos levaram 1kg de batatas já cozidas para realizar o plantio, porém o jardineiro da escola, que acompanhou a atividade, orientou o grupo a não o fazer dessa forma e sim, utilizar batatas cruas. Quando questionados sobre a opção do cozimento, alguns dos integrantes afirmaram ter lido na internet o procedimento e o adotaram como verdadeiro.

De maneira a continuarmos com a simulação das condições marcianas, a equipe de exatas foi instruída a determinar o fluxo de energia solar que o planeta Marte recebe para comparar o processo de fotossíntese terrestre com a diferença de luminosidade devido à distância Sol-Marte. Sendo assim, através da luminosidade (em Watts) do Sol, da distância entre estrela e planeta, e dos dados sobre energia solar obtidos no experimento já realizado anteriormente para a Terra, os alunos concluíram que o fluxo de energia solar no planeta Marte é apenas 44% do fluxo na Terra.

Determinaram que para o mês de setembro, seguindo uma tabela de nascimento e ocaso do Sol, a plantação deveria ter cerca de 5 horas e 17 minutos de luminosidade diária para que pudessemos seguir com a experimentação e não 12 horas como em nosso planeta. Um cartaz foi confeccionado para a disposição dos valores para os demais alunos da escola, assim com alguns dados sobre tempo e velocidade de viagem.

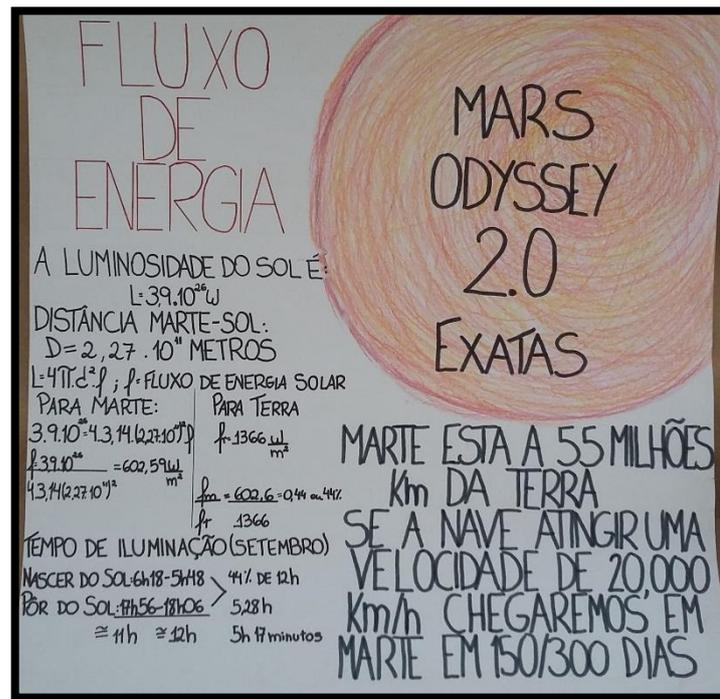


Figura 1 - Cartaz equipe de exatas, fluxo de energia solar. Fonte: O autor.

A equipe da tecnologia dispôs, em seu cartaz, a estrutura que acharam devida para o foguete de viagem. Realizaram a discussão dos tipos de combustíveis viáveis, assim como o material que deveria ser confeccionado a espaçonave.

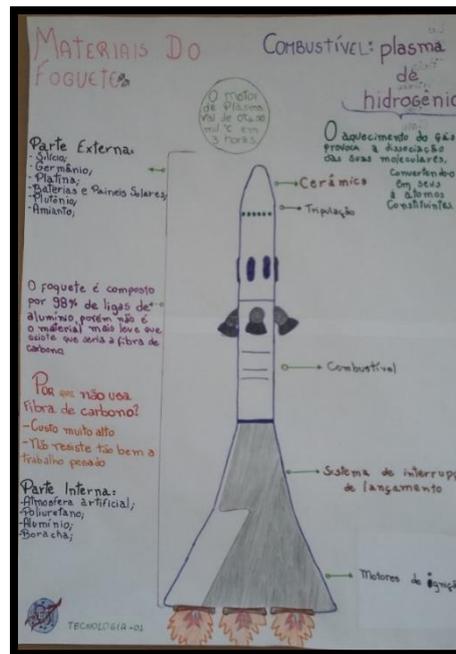


Figura 2- Cartaz, equipe de tecnologia. Fonte: O autor.

O cartaz apresentado pela equipe de humanas, estabeleceu algumas relações político-sociais da convivência dos supostos viajantes. Determinaram turnos de trabalho, assim como algumas profissões indispensáveis para a fixação da base. Sugeriram ainda, a eleição de líderes para cada equipe.

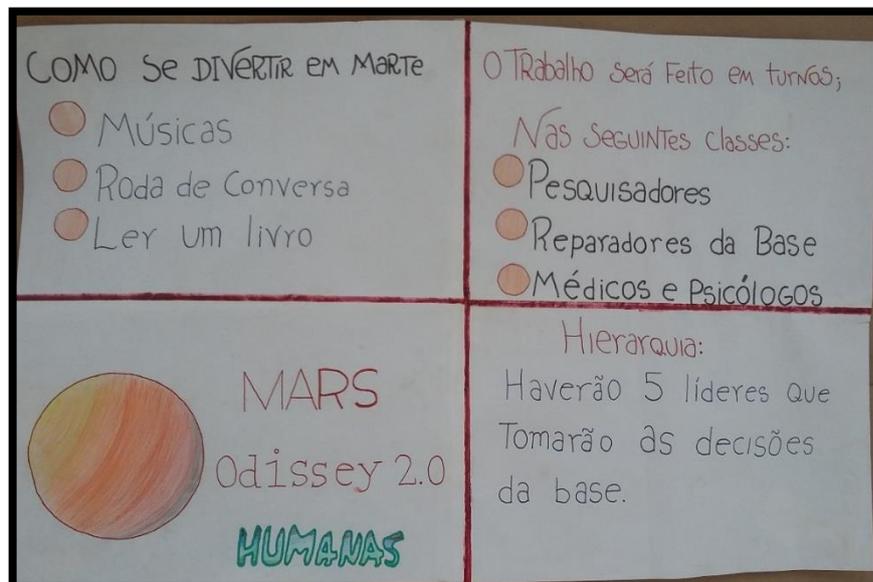


Figura 3 - Cartaz, equipe humanas. Fonte: O autor.

A próxima etapa de estudos, envolveria a construção da base propriamente dita. Dessa forma, foi solicitado aos alunos que pesquisassem sobre tipos de energias renováveis

para que pudéssemos estabelecer um diálogo sobre como manteríamos a base em funcionamento pelo tempo que fosse necessário. Sendo assim, cada equipe se encarregou de um dos temas: energia solar, energia eólica, energia cinética e biomassa.

Através da apresentação de cada equipe, os alunos chegaram à conclusão de que nem todos os tipos de energia seriam viáveis para a utilização em Marte, devido principalmente as suas condições climáticas. A energia eólica foi descartada, devido ao fato de que nem sempre há ventos em Marte e quando há, eles possuem uma velocidade alta, comprometendo a estrutura das hélices. Já as demais alternativas, foram consideradas viáveis para a utilização na base, devido as características apresentadas na Tabela 10:

Tabela 10 - Tipos de energia que os alunos determinaram como sendo viáveis para a utilização na base.

Energia	Características
Solar	Fácil utilização devido ao fato de Marte não estar tão distante do Sol e ser uma energia limpa e renovável.
Cinética – de movimento	Utilizar os aparelhos de ginástica, tais como bicicletas e esteiras ergométricas para a conversão de energia mecânica em energia elétrica.
Biomassa	Utilizar parte do material orgânico, (excrementos humanos e restos de alimentos) e que não será utilizado como fertilizantes na plantação para a produção de energia.

Fonte: O autor.

Após o diálogo sobre os tipos de energia, o professor sugeriu que fossem confeccionados alguns experimentos e subprodutos que poderiam vir a ser apresentados como parte do produto final: bicicleta ergométrica para a conversão de energia mecânica em elétrica, criação de uma estufa de plantas, montagem de um Rover (veículo utilizado para locomoção em Marte) com auxílio da plataforma LEGO e programação Arduino; elaboração de um manual de normas e regras e de um cardápio com informações nutricionais; e uma maquete da estrutura da base. A escolha dos subprodutos se deu por meio do preenchimento de um questionário online, enviado para o e-mail institucional de cada aluno.

Foram obtidas quinze repostas, sendo que do total, onze alunos se demonstraram interessados na montagem da bicicleta, um aluno indicou a montagem da estufa, um optou pela montagem do Rover e os outros dois alunos decidiram pela elaboração de um manual de regras e normas. Consideramos o fato curioso, pois mesmo os alunos tendo se dividido em grupos de áreas distintas, a grande maioria optou pelo tema energia, tema este escolhido pelo professor como foco principal das aulas de eixos integradores.

Sendo assim, o professor responsável se prontificou a elaborar o manual de regras, assim como do cardápio, para que cada grupo pudesse ser o responsável por um produto. Nesse momento, informamos aos estudantes que eles poderiam mudar de equipe, caso achassem necessário, devido à proximidade do subproduto com sua área de interesse. Desta forma, os subprodutos foram distribuídos da seguinte forma:

Bicicleta que converte energia mecânica em energia elétrica: equipe de exatas;

Rover: equipe de tecnologia;

Estufa: equipe de biológicas;

Maquete da base: equipe de humanas.

Apenas dois alunos resolveram mudar de grupo para permanecerem trabalhando com algo mais próximo de seus interesses. Houve a troca de um aluno da equipe de exatas com um aluno da equipe de humanas.

Além do questionário online foram sugeridas questões a serem respondidas pelos grupos durante uma das aulas. As perguntas tiveram como base as apresentações dos seminários, onde o professor levou em consideração alguns pontos importantes e que geraram dúvidas quanto à elaboração do produto final, sendo divididas em questões sobre alimentação, relacionamentos, água e sobre a estrutura da base:

Tabela 11 - Questionário aplicado aos alunos.

ALIMENTAÇÃO	<p>1 – Qual seria o tipo de dieta dos hóspedes da base?</p> <p>2 – Qual o tipo de alimento que seria mais facilmente cultivado em Marte?</p> <p>3 – A fotossíntese ocorrerá da mesma forma que na Terra?</p> <p>4 – Como manter as plantas iluminadas, hidratadas e adubadas para permanecerem crescendo e produzindo oxigênio?</p> <p>5 – O que pode ser utilizado como adubo para vegetação?</p>
RELACIONAMENTOS	<p>1 – Os viajantes poderão se relacionar amorosamente?</p> <p>2 – A base está preparada para receber e cuidar de bebês?</p> <p>3 – Como evitar gravidez num ambiente tão hostil?</p>
ÁGUA	<p>1 – Como estocar água?</p> <p>2 – Cite três regras para utilização da água na base.</p> <p>3 – Há alguma maneira, que vocês achem adequada, para reciclar água? Como?</p>
ESTRUTURA	<p>1 – Quais as estruturas que vocês acham necessárias para a base? Exemplo: 3 quartos, 1 banheiro, 1 cozinha, 1 estufa, etc.</p> <p>2 – Quanto ao esgoto? O que fazer com os dejetos humanos e sobras de alimentação?</p> <p>3 – Faça um esboço da base.</p>

Fonte: O autor.

As respostas ao questionário da Tabela 11, de uma maneira geral, convergiram para uma mesma linha de raciocínio. Sobre a questão da alimentação todas as equipes evidenciaram a necessidade de uma dieta balanceada através da ingestão de proteínas, carboidratos e glicose. A alimentação se daria através de uma dieta completamente vegetariana, principalmente do cultivo de tubérculos, estocados em estufas e recebendo iluminação artificial, devido ao fato de que a fotossíntese não deverá ocorrer da mesma forma que ocorre na Terra pelo fato da iluminação solar ser relativamente menor.

Sobre os relacionamentos, apenas uma das equipes (biológicas) optou por não aceitar tal comportamento dos ocupantes da base. As demais equipes não viram a questão como um sério problema, porém evidenciaram a necessidade da utilização de métodos anticoncepcionais, tais como preservativos e até mesmo cirurgias para a prevenção de gravidez e doenças sexualmente transmissíveis. A equipe de tecnológicas ainda possibilitou, além do relacionamento propriamente dito, a concepção de um filho por casal.

Sendo o consumo de água um dos principais pontos da discussão promovida através do questionário, as equipes notificaram a necessidade de sua reciclagem e do máximo armazenamento possível. Dessa forma, reciclariam água proveniente dos chuveiros, das descargas e ainda estipulariam uma cota diária de consumo para cada integrante. A equipe de tecnologia ainda sugeriu que poderiam utilizar a liquefação fracionada para derreter cubos de gelo que estão presentes nas calotas polares de Marte para separar a água do dióxido de carbono, a fim de promover a sua utilização.

Sobre a estrutura da base, cada equipe se posicionou de uma maneira específica, principalmente sobre a divisão das acomodações. Porém, todos os grupos estabeleceram que o esgoto seria reutilizado para a adubação das plantas que estariam dispostas na estufa.

Após a aplicação do questionário, retornamos ao conteúdo proposto para que pudéssemos contemplar todos os temas previamente selecionados e distribuídos nas referidas unidades de estudo. Dessa forma, resolvemos demonstrar aos alunos a influência do Sol na ocorrência de ciclos anuais, evidenciando as estações do ano, pois Marte, assim como a Terra, possui quatro ciclos climáticos, relativamente bem distribuídos ao longo de seu período orbital que é de aproximadamente dois anos terrestres.

Devido ao fato dos alunos já terem tomado conhecimento das leis dos movimentos planetários de Kepler, durante as aulas de física, o conteúdo foi discutido sem maiores problemas, de modo a recordarmos os conceitos, tendo a insolação como protagonista da real ocorrência do fenômeno (PEIXOTO, 2013; SOBREIRA, 2010), uma vez que Marte também possui um ângulo de rotação com o plano de sua órbita ao redor do Sol (25°).

Evidenciamos aos alunos a importância de determinados ciclos astronômicos para o estabelecimento da sociedade e comentamos sobre as fases da Lua e os eclipses. O surgimento da agricultura, assim como a demarcação do tempo através de nosso satélite natural e de algumas constelações específicas foram discutidos, de modo a finalizarmos a unidade de estudos Sociosfera.

Retomamos brevemente o estudo do Sol, enquanto objeto astrofísico. Uma vez que estabelecemos a utilização de energia solar para a manutenção da eletricidade na base, optamos por realizar um estudo sobre a energia proveniente do Sol. Nossa estrela já havia sido alvo de estudos, ainda no início da disciplina, restando explorar o seu interior, comparando-o à outras

estrelas e promovendo um diálogo sobre o surgimento das estrelas e, conseqüentemente, sobre as hipóteses de origem do universo.

Apesar de hipóteses sobre a geração de energia no interior de uma estrela já existirem desde o século 19, foi apenas em 1939 que Hans Bethe demonstrou que para estrelas de pouca massa, como o Sol, a fusão nuclear é a responsável pela geração de energia desses objetos. “Hans Bethe tomou os melhores dados das reações existentes e mostrou, em detalhe, como quatro prótons poderiam ser unidos e transformados em um núcleo de hélio” (OLIVEIRA FILHO, SARAIVA, 2004, p.192).

As reações de fusão nas estrelas são divididas em dois ciclos principais, sendo o ciclo do carbono o ciclo dominante para a geração de energia em estrelas de muita massa e o ciclo próton-próton dominante para estrelas de baixa massa, sendo a liberação de energia desses ciclos proporcionais a certas faixas de temperaturas nucleares, como pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12 - Ciclos de geração de energia estelar.

Ciclo	Reação química	Temperatura estelar efetiva
Carbono	$C^{12} + 4H + He \rightarrow C^{12} + He + 2e^+ + 2\nu_e + \gamma$	$\alpha T^{20} \text{ K}$
Próton- próton	$4H \rightarrow He^4 + e^+ + \nu_e + \gamma$	$\alpha T^4 \text{ K}$

Fonte: OLIVEIRA FILHO, SARAIVA, 2004, p.192

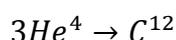
Tanto o ciclo próton-próton quanto o ciclo do carbono ocorrem na sequência principal de evolução estelar, sendo a sequência principal o período de tempo relacionado ao “consumo de H pelas reações termonucleares” (MACIEL, 1999, p. 248), dado pela equação:

$$t_{sp} = 10^{10} \frac{M/M_{Sol}}{L/L_{Sol}}$$

Sendo que o tempo na sequência principal (t_{sp}) depende da massa da estrela M e de sua respectiva luminosidade L . Após esse estágio, a estrela entra na fase evolutiva final, que varia de acordo com a massa.

Outro ponto importante, e já muito bem determinado pela astrofísica, é o tempo de vida das estrelas, que nada mais é do que a “razão entre a energia que ela tem disponível e a taxa com que ela gasta energia, ou seja, sua luminosidade” (OLIVEIRA FILHO, SARAIVA, 2004, p.194). Para o Sol, por exemplo, temos uma idade de 4,5 bilhões de anos, fato que revela que a nossa estrela não surgiu do material primordial advindo do Big Bang, mas sim de material

reciclado de outras estrelas e continuará gerando energia por mais 6,5 bilhões de anos, quando cessará a queima do hélio em carbono, por uma reação chamada de reação triplo α :



Nesse momento, achamos pertinente, estabelecer relações entre o Big Bang e a nucleossíntese primordial, uma vez que esse processo é muito semelhante ao processo de nucleossíntese estelar, realizado através dos ciclos de fusão descritos acima. A queima dos elementos químicos no interior estelar para a formação de partículas mais pesadas constitui a nucleossíntese estelar, que pode ocorrer de na transformação do H em He na sequência principal, ou de maneira explosiva, nas supernovas (MACIEL, 1999, p. 218)

Segundo Souza (2004) “a teoria do Big Bang, como explicação para a origem e evolução do universo, é o paradigma da cosmologia moderna”, sendo que:

Dentro da sua estrutura teórica e observacional se reúnem especialistas de diversas áreas da física e da astronomia, os quais buscam um entendimento mais completo a respeito do cosmos. Esta multidisciplinaridade é indispensável se atentarmos à necessidade de avaliar fenômenos que ocorrem desde a escala de megaparsecs, às escalas subatômicas, nucleares e subnucleares. (SOUZA, 2004, p. 129)

Logo após a expansão da estrutura do espaço-tempo e da matéria, devido ao Big Bang, num período de aproximadamente 1000 segundos, o universo foi transformado numa gigantesca e densa fornalha termonuclear. Contudo ao contrário do que ocorre nos núcleos estelares, devido à sua rápida expansão, as reações de fusão foram cessadas, antes mesmo que os elementos pesados pudessem ser sintetizados e, devido a essas circunstâncias, somente os elementos mais leves como D, ^3He , ^4He e ^7Li , tiveram condições de serem sintetizados (SOUZA, 2004).

A finalização da disciplina se deu através da apresentação do resultado do projeto à comunidade escolar e familiares. Devido ao fato de os alunos participarem dos demais Eixos Integradores, apenas dez do total de estudantes optaram pela apresentação do ECN, sendo os demais alunos divididos para a apresentação dos demais Eixos. Para nossa apresentação os estudantes utilizaram todo o espaço de uma sala de aulas de forma a apresentar os experimentos e subprodutos confeccionados durante o período letivo.

Os experimentos apresentados foram: Estufa para o plantio de alimentos, evidenciando a diferença de insolação entre Marte e a Terra, através dos cálculos já realizados pela equipe de exatas; experimento de eletrólise da água com o intuito de mostrar aos visitantes um dos meios de se obter H, para sua efetiva combustão e que poderia ser utilizado como

combustível para o foguete; um pequeno Rover, que serviria de apoio à pesquisas científicas no ambiente externo à base; um dínamo para conversão de energia mecânica (atividades físicas) em energia elétrica; manual de regras e normas para população; cardápio com informações nutricionais e uma maquete da estrutura da base.

6.2.2. Avaliação final da Disciplina Integradora

De modo a finalizar nossa coleta de dados, aplicamos um último questionário aberto a ser preenchido individualmente e com nove perguntas sobre a ocorrência da disciplina. As perguntas foram:

1. Quais as diferenças entre estudar no ECN e nas matérias Física, Química ou Biologia? Explique.
2. Você acha que aprende mais no ECN ou nas matérias isoladas? Por quê?
3. Você gosta mais das aulas do ECN ou das aulas das matérias isoladas? Por quê?
4. Qual o seu produto final?
5. Conceitos de quais matérias você utilizou na construção do produto final?
6. Como as matérias interagem para a criação do produto final? Explique
7. Você prefere trabalhar com produto final ou em aulas tradicionais? Por quê?
8. Você prefere trabalhar sozinho ou em equipe? Por quê?
9. Você tem propostas para melhorar a matéria de ECN? Quais?

As respostas das questões puderam ser agrupadas em distintas categorias para que pudéssemos obter indícios de uma prática integradora interdisciplinar. Para a efetivação das estimativas percentuais foram levados em conta apenas 21 alunos, que foi o número total de devolutivas obtidas. No caso específico na questão 1, contabilizamos 22 respostas, pois um dos alunos nos forneceu duas respostas e que se enquadraram em distintas categorias.

Como exemplo de respostas à questão 01 podemos citar três casos específicos:

Aluno 04: *“As aulas do eixo são mais práticas e tem uma troca de informações entre professor e aluno”*.

Alunos 01: *“Há uma diferença muito grande pois o eixo, além de proporcionar novas visões da matéria, é um modo de estudo na qual podemos relaxar e é mais aula prática”*.

Aluno 06: *“A divisão das áreas de conhecimento, porque o ECN é mais vago, enquanto física, química e biologia estudam temas separados”*.

Dessa forma, a questão 01 foi relacionada às categorias “ECN tem mais aulas práticas”; “ECN é muito superficial e as matérias isoladas são mais específicas”; “ECN engloba mais assuntos, aprendemos juntos”; “no ECN há mais troca de informações aluno-professor”;

“nenhuma diferença, elas se complementam”; “não soube responder” e “em branco”. A Tabela 13 expressa os resultados percentuais relacionados as respostas obtidas através da questão 1.

Tabela 13 - Porcentagem das respostas a questão 01 da última avaliação.

Categoria	Porcentagem de respostas
ECN tem mais aulas práticas	18%
ECN é muito superficial e as matérias isoladas são mais específicas	23%
ECN engloba mais assuntos, aprendemos juntos	32%
no ECN há mais troca de informações aluno-professor	9%
nenhuma diferença, elas se complementam	9%
não soube responder	9%

Fonte: O autor

As questões 2 e 3, devido à sua proximidade epistemológica, puderam ser analisadas mediante uma mesma categorização. Dessa forma, a Tabela 14 nos indica o índice percentual de respostas dos estudantes sobre cada uma das questões.

Tabela 14 - Índice de respostas às questões 2 e 3 da última avaliação.

Questão	ECN	Matéria isolada	Ambas	Em branco
2	29 %	48%	14%	9%
3	67%	19%	9%	5%

Fonte: O autor

Analisando as Tabelas 13 e 14, notamos que apesar dos alunos sugerirem aprender mais através das matérias isoladas, apontaram gostar mais de participar do ECN, e da disciplina integradora. Muitas das respostas à questão 2, sobre uma maior aprendizagem nas matérias isoladas, vieram justificadas através de afirmações do tipo: “*na matéria isolada, pois é mais focada na teoria*”; “*as matérias isoladas são mais teóricas*”; “*nas matérias isoladas, pois temos mais conteúdo*” e “*nas matérias isoladas, porque tem um estudo mais aprofundado*”.

Essas respostas podem sugerir uma preocupação com avaliações e testes comuns a um sistema tradicional de ensino, onde o aluno que “aprende” é aquele que consegue obter notas altas nas provas específicas de cada matéria e de forma isolada.

De maneira similar a Gebara et al. (2013), em que os autores solicitaram a um grupo de alunos indicar com qual(is) professor(es) tirariam dúvidas a respeito de questões ditas interdisciplinares presentes em avaliações de larga escala, a questão 5, buscou levantar dados referentes às disciplinas que os estudantes buscaram um maior contato para a elaboração do produto final.

Em nossa análise pudemos identificar um conjunto de oito disciplinas que interagiram entre si para que os subprodutos tomassem forma para a apresentação final: física, química, biologia, matemática, geografia, história, artes e sociologia. A indicação dos alunos, por vezes, veio em conjunto com suas respectivas justificativas, tais como:

Aluno 02: *“Física: decidir combustível e local de pousagem; química: saber como iremos sobreviver lá; artes: montar a maquete”*.

A Tabela 15 nos mostra quantas vezes cada disciplina foi citada na avaliação. Lembramos que, devido ao fato de os alunos poderem citar mais do que uma disciplina por vez, obtivemos um total de 50 citações.

Tabela 15 - Índice de citações de disciplinas necessárias à elaboração do produto final.

Disciplina	Número de citações
Física	14
Química	11
Biologia	9
Matemática	7
Geografia	3
História	1
Artes	2
Sociologia	1
Não conseguiu identificar	2

Fonte: O autor

Notamos, na Tabela 15, uma maior aproximação das disciplinas de física, química, biologia, disciplinas voltadas para a área de Ciências da Natureza. Já de uma maneira menos incisiva, os alunos optaram por se aproximar de outras áreas do saber para uma melhor identificação do seu produto final.

A questão 6, sugeriu que os alunos explicassem como os diferentes conceitos, advindos das diferentes disciplinas identificadas na questão 5 interagem entre si. As categorias que conseguimos identificar, nesse caso foram: “Para propiciar melhores resultados no produto final”; “Com fórmulas e conceitos matemáticos”; “Ajudam na resolução de problemas”; “Ajudam a simular uma situação real”. A Tabela 16 nos indica a porcentagem de repostas à cada uma das categorias mencionadas.

Tabela 16 - Porcentagem de respostas a questão 6.

Categorias	Porcentagem
Para propiciar melhores resultados no produto final	57%
Com fórmulas e conceitos matemáticos	9%
Ajudam na resolução de problemas	15%
Ajudam a simular uma situação real	5%
Não souberam identificar	9%
Em branco	5%

Fonte: O autor

O resultado obtido através da questão 6 nos mostrou que houve, ao menos em boa parte da amostra, um entendimento de que as diversas disciplinas e conteúdos deveriam ser utilizados em conjunto para uma motivação em comum, nesse caso a elaboração de um produto final como resultado de seus estudos. Nossa afirmação pode ser corroborada pelas próprias falas dos alunos:

Aluno 12: *“Com os conhecimentos obtidos nas outras matérias para execução do produto final”*.

Aluno 13: *“Às vezes, um assunto que já aprendemos em outras matérias é usado para o desenvolvimento do produto final, deixando mais fácil”*.

Aluno 17: *“É necessário um pouco de conhecimento de cada matéria, pois na construção da maquete temos que saber de medidas, estufas, energia cinética, etc.”*.

Outro ponto de evidência é que 15% da amostra enfatizou que os conceitos, quando utilizados de maneira integrada, podem ajudar na solução de problemas.

Assim como as questões 2 e 3 puderam ser analisadas em conjunto, as questões 7 e 8 também puderam ser estudadas conjuntamente. A Tabela 17 nos fornece dados sobre a preferências dos alunos em trabalhar com elaboração de produtos finais ou em matérias isoladas, assim como sua preferência em estudar em equipe ou sozinho.

Tabela 17 - Porcentagem de repostas à questão 7.

Questão	Produto Final	Aulas tradicionais	Ambos	Em branco
7	76%	19%	0%	5%

Fonte: O autor

Tabela 18 - Porcentagem de respostas à questão 8.

Questão	Em equipe	Sozinho	Ambos	Em branco
8	76%	14%	10%	0%

Fonte: O autor

As Tabelas 17 e 18 indicam que os alunos possuem uma maior preferência em desenvolver um produto final, assim como em trabalhar em equipe.

A última questão fez referência a possíveis sugestões de melhorias na disciplina. As categorias que surgiram durante a análise foram: “nada”; “mais foco no produto final”; “maior número de aulas”; “mais tarefas”; “menos tarefas”; “mais envolvimento dos alunos”. Assim sendo, a Tabela 19 nos fornece os dados obtidos sobre a questão 9.

Tabela 19 - Respostas a questão 9.

Categoria	Porcentagem
Nada	47%
Mais foco no produto final	5%
Maior número de aulas	14%
Mais tarefas	5%
Menos tarefas	5%
Mais envolvimento dos alunos	5%
Em branco	19%

Fonte: O autor

A apresentação do produto final se deu na sala multidisciplinar da presente unidade, onde o ambiente foi propositalmente ordenado de forma a receber vinte e cinco ouvintes para cada sessão de apresentação dos estudantes. Na região central foram dispostas cadeiras, para que os ouvintes pudessem ter um primeiro contato com a proposta através de uma rápida introdução apresentada na lousa digital.

Os experimentos ficaram expostos ao redor, onde um dos estudantes interagiu como guia de modo a levar os participantes da sessão a cada um dos experimentos de forma ordenada. As lâmpadas da sala foram cobertas com papel plástico da cor vermelha para assemelhar o ambiente com o visual da superfície do planeta Marte.

Primeiramente, os estudantes demonstraram as características físicas da base, como auxílio de uma tela de TV e cuja planta fora montada com o auxílio do software AutoCad para, posteriormente conhecerem as estufas e degustarem parte do cardápio (Apêndice 9.5) sugerido

(patê de berinjelas e mousse de maracujá). Sequencialmente, foram convidados a ouvirem as explicações sobre a utilização do H como fonte de combustível alternativo aos combustíveis fósseis, visualizando um pequeno experimento sobre a eletrólise da água.

Entenderam, também, como se deu a construção do Rover para suporte à pesquisa de campo em Marte. O Rover foi montado através da utilização de peças da base LEGO e de programação do tipo Arduino, o que propiciou ao robô a possibilidade de locomoção, identificação e captura de pequenos objetos através de sensores. A finalização da apresentação se deu no momento da explicação científica do funcionamento da bicicleta. Os alunos dispuseram de um pequeno dínamo na roda da bicicleta e o ligaram a uma saída USB tendo sido acoplado diversos celulares para seu carregamento diretamente através do exercício proposto pelo instrumento.

A rede escolar ao qual a instituição faz parte, sugeriu a cada unidade que selecionasse uma das apresentações para representar a escola perante todas as unidades do estado. Foram selecionadas dez escolas para a publicação numa revista eletrônica de circulação interna ao final do mês de fevereiro de 2018. O produto final “Base de suporte à vida em Marte” foi escolhida mediante votação de professores e equipe gestora como o produto a representar a unidade escolar perante o estado, assim como foi contemplada com a publicação na revista digital.

Após a disposição do produto final, demos por finalizada a disciplina e acreditamos ter desenvolvido o conteúdo ligado às unidades 1, 2 e 3 de estudos de maneira a integrar o conhecimento provindo de diversas áreas de saber com a astronomia, tomando como guia as respostas ao questionário e contribuindo para que os estudantes pudessem trabalhar com uma área científica mais próxima de seu real interesse.

Retornando aos questionamentos de Lenoir (1998) para a promoção da integração através da interdisciplinaridade, elaboramos uma série de respostas identificando cada item proposto pelo autor e evidenciado ao final da disciplina:

- 1) Por que integrar, ou quais são as finalidades primeiras de tal opção?
 - A integração se faz necessária para que os conhecimentos (principalmente) das disciplinas que compõe o conjunto das Ciências da Natureza possam ser melhor compreendidas pelos alunos, a partir da introdução de conceitos astronômicos ao cotidiano escolar.

2) O que integrar, ou quais são os objetos concernentes a um tal processo?

- Os conhecimentos de diferentes disciplinas em uma situação problema específica, associada, nesse caso, à uma viagem interplanetária seguida pela ocupação humana de Marte.

3) Quem integra, ou quais são os verdadeiros autores?

- O professor, por se entender incluso num processo de pesquisa-ação, possibilitou a integração de modo a promover um estudo sem se remeter a disciplinas específicas. Já os estudantes, ao poderem escolher uma área de estudos inicial, puderam relacioná-la com as demais atividades, promovendo a integração entre elas. Dessa forma, ambos, alunos e professor foram autores do processo integrativo.

4) Como se faz a integração pelo sujeito, ou quais são os processos aos quais ele recorre?

- O aluno, considerado protagonista do processo, busca em seu repertório de esquemas uma melhor representação para a problemática supracitada pelo professor aliada às ciências relacionando-as à astronomia.

5) A qual concepção do saber adere o educador, ou qual relação ele mantém com o saber?

- Devido ao fato de basearmos a disciplina no perfil estudantil apresentado na análise estatística do questionário, pudemos relacionar os conceitos com temáticas mais próximas aos reais interesse da amostra. Dessa forma, fomentamos momentos de revelação, contemplação, desvelamento e construção, o que pôde ser diagnosticado durante todo o período letivo e, principalmente, na apresentação do produto final à comunidade escolar.

6) A que condições se volta o educador para favorecer a integração das aprendizagens e dos saberes, ou quais são os modelos e as situações didáticas, os métodos, os procedimentos etc. aos quais ele deve recorrer?

- Possibilitar aos estudantes a ampliação dos saberes astronômicos através da relação da astronomia com as "matérias" estudadas no cotidiano escolar, de

forma a não limitar-se à práticas tradicionais, desvelando uma prática dialógica e participativa.

7. CONCLUSÕES

Através de estreitas relações com diversas teorias científicas apresentadas ao longo do tempo, a astronomia pode evoluir em diversas áreas de atuação. O avanço teórico das óticas geométrica e física, assim como das teorias eletromagnética e da quantização da matéria, contribuíram para que a astronomia se dividisse em diversas outras áreas específicas do saber, agregando uma gama cada vez maior de conhecimentos à sua natureza outrora clássica.

A astronomia clássica, baseada nos fenômenos observados e sentidos por nós em nosso cotidiano (e principalmente ligada ao sistema Sol-Terra-Lua) evoluiu gradativamente à medida que os conhecimentos aqui mencionados se aliavam a uma tecnologia apropriada para enfrentar os novos problemas de uma astronomia do século 21, altamente interdisciplinar.

A astrobiologia, assim como a astroquímica, permite dizer se um planeta é um potencial candidato ao abrigo e suporte da vida. A detecção de moléculas na atmosfera de exoplanetas é um dos campos de pesquisa da astrobiologia de maior destaque da atualidade, recheado de possibilidades interdisciplinares, aliando conhecimentos físicos, químicos, biológicos ao avanço tecnológico dos telescópios e das viagens espaciais.

Sendo assim, notamos que, diferentemente da astronomia clássica, a astronomia realizada no século 21 é o fruto da junção de diversas áreas à tecnologia parecendo-nos um equívoco não pautar o ensino de astronomia também nessa direção. Nessa vertente, as diretrizes e orientações curriculares para a educação básica parecem necessitar de novos caminhos através de olhares mais atuais para o tema.

Pudemos identificar que o ensino de astronomia realizado em diferentes países, já inclui a evolução estelar e tópicos de cosmologia na educação básica. Temas como big-bang; espectroscopia e evolução estelar aparentemente possuem uma ênfase bem maior no currículo internacional do que a astronomia clássica, à qual o nosso país parece mais se referir.

Sobre a Pesquisa em Educação em Astronomia, evidenciamos que a grande maioria dos pesquisadores da área são físicos, cuja paixão pela astronomia, aparentemente os levou a pesquisar na área. Apesar de termos diagnosticado uma pesquisa relativamente atual em alguns dos principais periódicos e eventos para o Ensino de Ciências, nos parece que pouco dessa literatura é levado para a sala de aula, o que pode ser atribuído, provavelmente, ao perfil curricular defasado no que diz respeito à astronomia. Se o conhecimento astronômico construído no século 17, logo após a revolução copernicana e das observações de Galileu, ainda

causa amedrontamento nos profissionais da educação em ciências, o que dizer de temas atuais e demasiadamente específicos como a astrofísica e a cosmologia no cenário educacional?

Tomemos como direção o real interesse e motivação dos alunos do EM sobre a astronomia. Nosso instrumento de coleta de dados exploratório foi constituído por um questionário com 28 itens. Em nossa análise, identificamos que os itens relacionados à astronomia clássica obtiveram um fator de correlação tão baixo com os demais itens dispostos que logo numa primeira etapa foram excluídos da estatística, desvelando que não há a motivação sugerida na literatura para o estudo de temas como as fases da Lua, as estações do ano e os eclipses.

Por outro lado, itens cuja temática se remeteu à vida, ao universo e às viagens espaciais demonstraram-se de extremo interesse para os estudantes do EM. Nesse viés, o conhecimento que acreditam estar “pronto”, por já terem discutido ao estudado em sala de aula, pouco pareceu chamar-lhes a atenção. Isso pôde ser diagnosticado quando optamos pela análise individual dos itens com os maiores e menores valores obtidos para suas respectivas somas e médias Likert.

Os itens “onde estamos”, “extinção/fim do universo”, “buraco negro” e “observação com telescópios” formaram o conjunto de itens com maior interesse por parte dos estudantes. Esses itens, além de fazerem parte das pesquisas astronômicas atuais apresentam um diálogo sobre a origem e a evolução da vida no universo. Esse resultado sugere que a vida ainda seja um dos temas que mais possa despertar a curiosidade e nos motivar para um estudo mais aprofundado.

O item “matéria escura” foi pouco assinalado, provavelmente, devido ao fato de não saberem nada a respeito do tema, ou terem ouvido muito pouco, não relacionando-o com a astronomia e sim com outras áreas científicas.

Acreditamos ter atingido nossos objetivos específicos de pesquisa, delineado no item 1.2 do presente texto, pela aplicação e análise do questionário de interesse em astronomia. Os temas que despertaram maior interesse nos estudantes de EM foram temas vinculados à astrofísica, à astrobiologia e a cosmologia, principalmente. Os itens cujas temáticas foram associadas à astronomia clássica, diferentemente da disposição da literatura, não chamaram a atenção dos alunos com a mesma intensidade. A ficção científica, aliada à divulgação midiática

de novas pesquisas no campo de astronomia pode servir de apoio para um ensino de astronomia não clássica e atual.

Dessa forma acreditamos que as orientações e sugestões curriculares oficiais poderiam passar um processo de atualização no que diz respeito ao ensino de astronomia, aproximando os tópicos de estudo do interesse dos alunos e da pesquisa científica atual.

Não podemos deixar de vincular as dificuldades dos professores de ciências em astronomia com seus respectivos perfis institucionais. São raras as instituições que permitem ao professor trabalhar de maneira integral, durante mais de 30h e de forma remunerada. A maioria dos professores de ciências ainda se enquadra no perfil de “professor aulista” sendo obrigado a atuar em diversas escolas e não possuindo período de trabalho remunerado para atividades preparatórias ou avaliativas.

No viés dos alunos, ao participarem de aulas interdisciplinares de astronomia e, ao atuarem como protagonistas investigadores, notamos um maior interesse para aprender ciências. Essa nova atitude dos alunos foi percebida ao longo dos meses em que a disciplina integradora foi ministrada. Através da sequência didática proposta em nossa pesquisa pudemos deixar com que os alunos relacionassem a astronomia com os conhecimentos e áreas com que possuíssem maior afeição.

O fato de termos utilizado a resposta obtida através da correlação fatorial do questionário possibilitou a aproximação das aulas dos temas astronômicos que mais se mostraram instigantes para os estudantes, revelando uma boa aceitação e uma forte relação institucional em sua totalidade.

Durante as aulas, notamos o envolvimento crescente dos alunos com a disciplina, fator que corroborou para que aulas habituais e tradicionais, em sua maioria, se tornassem dialogadas e com a participação efetiva dos estudantes, individual ou coletivamente. As práticas experimentais utilizadas durante o processo mostram-se outro atrativo, pois a possibilidade de conhecerem mais sobre o diferencial das condições da Terra para o abrigo e suporte à vida no sistema solar ainda contribuiu para uma reflexão sobre o consumo consciente de energia elétrica e água, promovendo a cidadania e despertando a preocupação não apenas com o ambiente de maneira ecológica, mas também com um viés social.

A interdisciplinaridade em nossa sequência didática pode ser observada através da divisão dos temas em unidades temáticas distintas: biosfera, cosmosfera e sociosfera. Ao

trabalharmos com a biosfera pudemos relacionar conceitos biológicos, físicos e químicos à astronomia, através de temas tais como fotossíntese, formação de oceanos, formação atmosférica, evolução, adaptação e fenômenos geológicos. A cosmofera trouxe as relações entre a astronomia com a astrofísica, a astrobiologia e a cosmologia, principalmente no que diz respeito às teorias de formação e evolução tanto planetária quanto do próprio universo. Essa esfera ainda possibilitou a comparação de planetas como Marte e Vênus com a Terra assim como relacionou a busca por exoplanetas com possibilidade de abrigo à vida através da observação de seus respectivos espectros e da detecção de moléculas orgânicas, fatores de suma importância para a detecção da vida como a conhecemos.

Já a esfera social remeteu ao estudo do tempo e da condição de elaboração de sociedade. Os fenômenos atribuídos a astronomia clássica foram relacionados com a observação dos astros e da contagem do tempo, fatores cruciais para a formação de estados e sua respectiva integração social. Temas como calendário, fases da Lua, estações do ano e ciclo dia-noite, aliados ao surgimento da agricultura e do sedentarismo foram os temas de destaque da sociosfera.

A resposta ao nosso questionamento investigativo, delineado como objetivo principal de pesquisa, foi atingida ao analisarmos as Tabelas 13 a 19. O fato de os alunos buscarem informações em oito diferentes disciplinas isoladas e utilizá-las conjuntamente para a elaboração e apresentação do produto final, evidencia-nos a integração obtida através da disposição da disciplina ao longo do ano letivo. Porém, notamos que, mesmo os alunos preferindo trabalhar de maneira a se utilizarem de diversas áreas em conjunto para alcançarem um objetivo em comum, ainda demonstram certa preocupação com avaliações e testes, o que pôde ser observado mais especificamente através da Tabela 17, em que boa parte dos estudantes afirmou aprender mais nas matérias isoladas do que no ECN, pois são disciplinas mais específicas, cujo teor é considerado mais aprofundado. Esse fato isolado configura-se como uma barreira a ser transposta pelo professor de ciências que busque alternativas em práticas interdisciplinares. A ruptura de um modelo tradicional de ensino ainda é um difícil obstáculo a ser trabalhado tanto por professores quanto pelos próprios alunos.

Sobre a integração da disciplina, afirmamos ter alcançado o perfil desejado (integrador) através das respostas fomentadas aos questionamentos propostos no Quadro 2, momento em que, após uma análise reflexiva de sua disposição, conseguimos interpretar e

responder aos questionamentos que podem levar a uma prática integradora no Ensino de Ciências.

De maneira geral, acreditamos ter levantado questionamentos relevantes para o ensino de astronomia, tornando sua prática motivadora, atual e interdisciplinar, perfis de uma educação emancipatória e mais significativa para a sociedade.

8. REFERÊNCIAS

- ABDALLA, E; SAA, A. **Cosmologia: dos mitos ao centenário da relatividade**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2010.
- ABDALLA, M. C. B; NETO, T. V. **Novas Janelas para o Universo**. Coleção Paradidáticos. Série novas tecnologias. São Paulo: Editora Unesp, 2004.
- ABBOTT, B. P. et al. **Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger**. Physical Review Letters 116, 061102, p. 1-16, fev. 2016.
- ALHO, K. B; OLIVEIRA, E. A. G; SANTOS, R. M. O. **Ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia. Anais..., Águas de Lindóia, 2013.
- ALEXANDRE, J. W. C; ANDRADE, D. F.; VASCONCELOS, A. P; ARAUJO, A. M. S; BATISTA, M. J. **Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria de resposta ao item**. In: Anais XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto. Anais..., Ouro Preto, 2003.
- ALMEIDA, D.; SANTOS, M. A. R; COSTA, A. F. B. **Aplicação do coeficiente alfa de Cronbach nos resultados de um questionário para avaliação de desempenho da saúde pública**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. Anais..., São Carlos, 2010.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70, LDA. Lisboa: Presses Universitaires de France, 1977.
- BERGER, G. **Conditions d'une problématique de l'interdisciplinarité**. In: Ceri (eds.) L'interdisciplinarité. Problèmes d'enseignement et de recherche dans les Université, pp. 21-24. Paris: UNESCO/OCDE, 1972.
- BERGMANN, T. S; BARBOSA, F. K. B; NEMMEN, R. S; ALVES, L. S. **Buracos Negros**. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~thaisa/buracos-negros/#tbnegros>> Acesso em: 16 jan. 2018 às 10h25.
- BLUM, A. **Towards a Rationale for Integrated Science Teaching**. In: New trends in integrated science teaching, Paris UNESCO: P. E. Richmond (Ed.), Vol. 2, pp. 29-51, 1973

BOONE, H. N.; BOONE, JR. D. A. **Analyzing Likert Data.** *Journal of Extension.* Morgantown: v. 50, n. 2, 2012.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Fonte: Ministério da Educação: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>. 2017

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais.** Brasília. MEC/SEMTEC. 1997.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do EF – ciências naturais.** Brasília. MEC/SEMTEC. 1998

BRETONES, P. S. *Disciplinas Introdutórias de Astronomia nos Cursos Superiores do Brasil.* Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geociências – Área de Educação Aplicada à Geociências). Campinas: Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, 2009

BRETONES, P. S., COMPIANI, M. **Saindo da sala de aula para observar os planetas e criar uma nova prática pedagógica.** In: *Experiências em Ensino de Ciências* V.7, No. 3. 2012.

BRETONES, P. S; MEGID NETO, J. **Tendências de teses e dissertações sobre educação em astronomia no Brasil.** In: *Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira*, 29, São Pedro, 2003. Boletim. São Paulo: USP, 252, 2003, p.7.

BROGT, E; SABERS, D; PRATHER E. E; DEMING, G. L; HUFNAGEL, B; SLATER, T. F. **Analysis of the Astronomy Diagnostic Test.** In: *Astronomy Educations Review*, Volume 6, Issue 1, Apr 2007 - Nov 2007

BROWN, S. A. **Uma revisão dos sentidos da expressão ciência integrada e dos argumentos a seu favor.** In: POMBO, O; GUIMARÃES, H. M; LEVY, T. *Interdisciplinaridade: Antologia.* Porto: Campo das Letras, 2006.

CASTILHO, B. V. **Olhos Gigantes para o Céu.** In: Alicia Ivanissevich; Carlos Alexandre Wuensche; Jaime Fernando Villas da Rocha. (Org.). *Astronomia Hoje.* 1ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2010, v. 1, p. 28-39.

- DAMÁSIO, B. F. **Uso da análise fatorial exploratória.** In: Avaliação Psicológica, 11(2), pp. 213-228, 2012
- DAMINELI, A. **Por que o estudo da vida é importante para o contexto astronômico?** REVISTA USP, São Paulo, n.62, p. 38-51, junho/agosto 2004.
- DAMINELI, A. **Procura de vida fora da Terra.** In: Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. Especial: p. 641-646, dez. 2010.
- DAMINELLI, A; STEINER, J. *O Fascínio do Universo.* São Paulo: Odysseus Editora, 2010.
- DÉSERT, J.M et al. **Search for carbon monoxide in the atmosphere of the transiting exoplanet HD 189733b.** In: The Astrophysical Journal, 699:478–485, 2009.
- DEUSTUA, S.; NOEL-STORR, J.; FOSTER, T. **Support of Astronomy Education Research.** In: Astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey, 2010.
- DeVELLIS, R. F. *Scale Development: Theory and Applications.* 3ª ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2012.
- DIAS, C.A. C. M; RITA, J. R. S. **Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio.** In: Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n. 6, p. 55-65, 2008.
- DING, L; BRICHNER, R. **Approaches to data analysis of multiple-choice questions.** In: Physical Review Special Topics - Physics Education Research 5, 020103, 2009.
- ENGELBERT, P; DUPUIS, D.I. *The handy space answer book.* Detroit: Visible Ink Press., 1998.
- FARIAS, M.L. L; BARBOSA, M.A.A. **Integrando o ensino de astronomia e termodinâmica: explorando a zona habitável no diagrama de fases da água.** In: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº 4, e4402, 2017.
- FAZENDA, I. C. A. *Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: Efetividade ou Ideologia.* São Paulo: Edições Loyola, 5ª ed., 2002.
- FAZENDA, I. C. A. **A interdisciplinaridade e transdisciplinaridade na formação de professores.** In: Revista do Centro de Educação e Letras v.10 nº1 – p. 93 – 103, 2008.

FAZENDA, I. C. A. **Desafios e perspectivas do trabalho interdisciplinar no Ensino Fundamental: contribuições das pesquisas sobre interdisciplinaridade no Brasil: o reconhecimento de um percurso.** In: Revista Interdisciplinaridade, São Paulo, v.1, n. 1, out. 2011.

FAZENDA, I. C. A. "**Critical-historical review of interdisciplinary Studies in Brazil**". In: Association for Integrative Studies Newsletter 17(1), pp. 1, 2-9. Tradução de Carla Holtz Cavichiolo e Patrícia Ann Fish, 1995.

FIELD, A. *Discovering Statistics Using SPSS*. 2ª. ed., London: Sage. 2005

FIGUEIREDO FILHO, D. B; SILVA JÚNIOR, J. A. **Desvendando os mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r).** In: Revista Política Hoje, Vol. 18, n. 1, p. 115 - 146, 2009.

FLECK, M. P.A; BOURDEL, M.C. **Método de simulação e escolha de fatores na análise dos componentes principais.** In: Revista Saúde Pública Volume 32, N.3 p.267-72. Universidade de São Paulo, Faculdade de saúde pública, 1998.

FRAKNOI, A. **The State of Astronomy Education in the U.S.** In: Astronomical Society of the Pacific, Provided by the NASA Astrophysics Data System, 1996.

GALANTE, D. *Efeitos astrofísicos e astrobiológicos de Gamma-Ray Bursts*. Tese (Doutorado) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. São Paulo: Universidade de São Paulo, 185 p. 2009.

GALANTE, D. SILVA, E. P., RODRIGUES, F., HORVATH, J. E., AVELLAR, M. G. B. *Astrobiologia: Uma Ciência Emergente. Programa de intercâmbio de atividades de cultura e extensão – USP, pró-reitoria de cultura e extensão universitária da USP.* Tikitnet Edição: IAG/USP, 2016.

GEBARA, M. J. *A Formação Continuada de Professores de Ciências: Contribuições de um curso de curta duração com tema geológico para uma prática de ensino interdisciplinar.* Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Campinas. Universidade Estadual de Campinas, 2009.

GEBARA, M. J. F. et al. **Ciências da natureza e interdisciplinaridade: a percepção dos estudantes sobre questões de avaliações de larga escala.** In: Enseñanza de las ciencias:

revista de investigación y experiencias didácticas. No Extra: IX Congr s d'Investigaci  en Didáctica de les Ci ncies, 2013.

GEORGE, D. & MALLERY, P. *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. 4th ed. Boston: Allyn & Bacon, 2003

GUSDORF, G. **Reflexions sur l'interdisciplinarité**. In: Bulletin de Psychologie, v.43, n.397, p.847-868, 1990.

HAIR, Jr; BLACK, W. C; BABIN, B. J; ANDERSON, R. E e TATHAM, R. L. *Multivariate Data Analysis*. 6^a edi o. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

HORA H. M; MONTEIRO, G. T. R; ARICA, J. **Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach**. In: Revista Produto & Produ o, vol. 11, n. 2, p. 85 - 103, jun. 2010.

HORVATH, J. E. *O ABCD da Astronomia e Astrofísica*. Editora Livraria da Física. São Paulo, 2008.

HORVATH, J. E. *Fundamentos da evolu o estelar, supernovas e objetos compactos*. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2011.

HORVATH, J. E. **Uma proposta para o ensino de astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4501, 2013.

HUFNAGEL, B. **Dvelopment of the Astronomy Diagnostic Test**. In: Astronomy Education Review. Issue 1, Volume 1:47-51, 2002.

IACHEL, G. *Os caminhos da forma o de professores e da pesquisa em Ensino em Astronomia*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2013.

IACHEL, G. NARDI, R. **Algumas tendências das publica es relacionadas   astronomia em periódicos brasileiros de ensino de física nas últimas décadas**. In: Rev. Ensaio, Belo Horizonte, v.12, n.02, p.225-238, 2010.

JAPIASSÚ, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Editora Imago. Rio de Janeiro, 1976.

JÚNIOR, J. M.; TREVISAN, R. H. **Um perfil da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências.** In: Caderno Brasileiro Ensino Física. vol. 26. n°. 3. p.547-574. Dez. 2009.

KLEIN, J. A. **Interdisciplinary Needs: The Current Context.** In: Library Trends, Vol. 45, No. 2, pp. 134-54, 1996.

KLEIN, J. A. **Ensino Interdisciplinar: Didática e Teoria.** In: Didática e Interdisciplinaridade, Ivani Fazenda (Org) 13ª edição. Editora Papirus. Campinas, 1998.

KLEIN, J. A. **Mapping Interdisciplinary Studies.** In: Association of American Colleges and Universities, Washington, DC. 1999.

KLEIN J. A **Taxonomy of Interdisciplinarity.** In: The Oxford Handbook of Interdisciplinarity. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press; p. 15-30, 2010.

KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas.* 9 ed, Editora Perspectiva, São Paulo, 2005.

LANGHI, R. **Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional.** In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física 28 (2), 373-399, 46, 2011.

LANGHI, R.; NARDI, R. *Educação em Astronomia: Repensando a formação de professores.* Escrituras Editora, São Paulo, 2012.

LAPA, J. M.; BEJARANO, N. R.; PENIDO, M. C. M. **Interdisciplinaridade e o ensino de ciências: uma análise da produção recente.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VIII; 2011. Campinas. Anais eletrônicos do VIII ENPEC. Campinas: ABRAPEC, 2011.

LAROS, J. A. **O uso da análise fatorial: Algumas diretrizes para pesquisadores.** In: PASQUALI, L. (Org.) Análise fatorial para pesquisadores. Brasília, p. 163- 193, 2005.

LATTUCA, L. R. **Creating Interdisciplinarity: Grounded Definitions from College and Universities Faculty.** In: History of Intellectual Culture Vol 3, No 1, 2003.

LEDERMAN, N. G., NIESS, M. L. **Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics?** In: School science and Mathematics, 97(2), 57-58. 1997

LEITE, D. O; PRADO, R. J. **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o ensino médio.** In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 2, 2504, 2012.

LENOIR, Y. *Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável.* In: FAZENDA, I.C.A. (org.). Didática e interdisciplinaridade. Campinas, Papirus, p. 45-76, 1998

LENOIR, Y; HASNI, A; FROELICH, A. **Curricular and didactic conceptions of interdisciplinarity in the field of education: A Socio-Historical Perspective.** In: Issues in interdisciplinary studies No. 33, pp. 39-93, 2015.

LIU, K. N. *An Introduction to Atmospheric Radiation*, 2^a ed. Internacional Geophysics Series, Volume 84, p. 599. University of California, Los Angeles, Califórnia, EUA. AcademicPress. 2002.

LONGAIR, M.S. *The Cosmic Century: A History of Astrophysics and Cosmology.* Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

LONGUINI, M. D; MORA, M. D. *Uma investigação sobre o conhecimento de astronomia de professores em serviço e em formação.* In: Marcos Daniel Longhini (Org.) Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica Campinas: p.87-115, 2010.

LOPES, A. C., MACEDO, E. *Teorias de Currículo.* São Paulo: Editora Cortez. 2011.

MACIEL, W. J. *Introdução à estrutura e evolução estelar.* São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

MARIA, L. E. *A integração das ciências da natureza no ENEM: uma análise das provas de 2009 à 2012.* Tese (Doutorado) - Instituto de Física Gleb Watagin – Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2016.

MARICONDA, P.R. **Galileu e a ciência moderna.** In: Cadernos de Ciências Humanas - Especiaria. v. 9, n.16, jul./dez., p. 267-292, 2006.

MAROCO, J; GARCIA-MARQUES, T. **Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas?** In: Laboratório de Psicologia, 4(1): p. 65-90, 2006.

MARTINS, R. A. **A dinâmica relativística antes de Einstein.** In: Revista Brasileira de Física, v. 27, n. 1, p. 11 – 26, 2005.

- MARTINS, D. C; GODOI, N; MASCARENHAS, Y. P. *Ensino de astronomia no Nível Fundamental por meio da informática*. In: Educação em astronomia experiências e contribuições para a prática pedagógica, Longhini, M. D. (org). Campinas: Editora Átomo, 2010
- MELLO, G. P. *Planetas habitáveis. Onde estão os lugares no Universo adequados ao nosso ou outros tipos de vida?* In: Astrobiologia [livro eletrônico]: uma ciência emergente / Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia. -- São Paulo: Tikinet Edição: IAG/USP, 2016.
- MOREIRA, M. A. *Metodologias de Pesquisa em Ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- MOZENA, E. R; OSTERMANN, F. **Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza**. In: Revista Ensaio. Belo Horizonte. v.16, n. 02, p. 185-206, maio-ago, 2014.
- NATIONAL ACADEMIES PRESS. *The astrophysical context of life*. Committee on the Origins and Evolution of Life, National Research Council. 2005. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/11316.html>>
- NASA. **Probing the atmospheres of exoplanets**. In: Hubble 2008: Science Year in Review, 2008.
- NEITZEL, C.L.V. *Aplicação da astronomia ao ensino de física com ênfase em astrobiologia*. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/>>. Acesso em 20 jan. 2016.
- OLIVEIRA FILHO, K. **Espectroscopia**, 2013. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/telesc/espectroscopia.html>> Acesso em: 20 nov. 2017.
- OLIVERIA FILHO, K. S., SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2ª ed., 2004.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). *Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities*. Paris: Author, 1972.
- OS PRIMEIROS TELESCÓPIOS. Disponível em: <<http://www.observatorio.ufmg.br/Pas90.htm>> Acesso em: 08 de jan. 2018.

PASQUALI, L. **Psicometria**. In: Revista da Escola de Enfermagem da USP, p. 992-9, São Paulo, 2009.

PASACHOFF, J. M. **What Shuld Students LEarn? Phases and Seasons? Is Less More or Is Less Less?** In: Astronomy Education Review, Vol. 1, n. 1, p. 124 – 130, Abr. 2002.

PASACHOFF, J. M. **Astronomy in American textbooks**. In: Proceedings of the 150th colloquium of the International Astronomical Union, Williamstown, Massachusetts, The Teaching of Astronomy, 1988. Cambridge, UK, p. 201 – 205, 1990.

PEIXOTO, D. E. **Como surgiram os calendários?** In: Jornal mundo jovem. Ano 50, n. 423, , p. 7, 2012.

PEIXOTO, D. E. *O conceito de insolação como facilitador da aprendizagem das estações do ano*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) 133 p. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2013.

PEIXOTO, D. E., KLEINKE, M. U. **O problema da dinâmica das esferas de isopor na explicação das estações do ano**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Águas de Lindóia, 2013.

PEIXOTO, D. E., KLEINKE, M. U. **Expectativas de Estudantes dobre a astronomia no Ensino Médio**. In: Revista latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA, n. 22, p. 21-34, 2016.

PEIXOTO, D. E; RAMOS, E. M. F. **Formação do Professor de Física para o Ensino de Astronomia: algumas possibilidades e reflexões**. In: Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, 1., 2011, Rio de Janeiro. Anais Eletrônicos. São Paulo: Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), 2011. Disponível em: <http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2011_TCP26.pdf> Acesso em: Jun. 2017

PETROSELLI, C.L. *Science Education Issues and Developments*. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2008.

PICAZZIO, E. **A influência da astronomia na ciência e na humanidade**. In: Revista Decifra-me. 2009. Disponível em < <https://revistadeciframe.com/2009/10/21/a-influencia-da-astronomia-na-ciencia-e-na-humanidade/> > Acesso em: 08/01/2018.

- PIETROCOLA, M; FILHO, J.P.A; PIHEIRO, T. F. **Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências**. In: Revista Investigações em Ensino de Ciências – V8 (2), pp. 131-152, 2003.
- PLOTNICK, R. E; VARELAS, M; FAN, Q. **An Integrated Earth Science, Astronomy, and Physics Course for Elementary Education Majors**. In: Journal of Geoscience Education, v. 57, n. 2, p. 152-158, Março, 2009,
- POMBO, O. (online). **Contribuição para um vocabulário sobre interdisciplinaridade**. Disponível em: <http://webpages.fc.ul.pt/~ommartins/mathesis/vocabulario-interd.pdf>. 2018.
- POMBO, O. **A interdisciplinaridade como integração dos saberes**. In: Liinc em Revista, v.1, n.1, p. 3 -15, 2005. Disponível em: < <http://www.ibict.br/liinc>>
- PORTO, C. M; PORTO, M.B. D.S.M. **A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 4, 4601, 2008.
- RAMOS, P. M; MALUF, R. V. **Sobre a teoria de Einstein para ondas gravitacionais e sua aplicação no estudo da radiação emitida por um pulsar binário**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 2, e2302, 2018.
- RODRIGUES, F; GALANTE, D; AVELLAR, M. G. B. *Astrobiologia: Estudando a vida no universo*. In Astrobiologia [livro eletrônico]: uma ciência emergente / Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia. -- São Paulo: Tikinet, Edição: IAG/USP, 2016.
- SADLER, M. P; COYLE, H; MILLER, J.L; COOK-SMITH, N; DUSSAULT, M; GOULD, R. R. **The Astronomy and Space Science Concept Inventory: Development and Validation of Assessment Instruments Aligned with the K–12 National Science Standards**. In: Astronomy Education Review Volume: 8, Issue: 1, December, 2009
- SÃO PAULO. *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Secretaria da Educação. São Paulo: SEE, 2010.
- SANTOS, L. H. G. *Estudo da interação entre o disco protoplanetário e os planetas: simulações numéricas*. Dissertação de mestrado. Divisão de Astrofísica. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE: p.132, 2014.

SCHWAB, J. 2007. **Eletronic Classroom**. (Online). Disponível em: <<http://www.utexas.edu/ssw/eclassroom/schwab.html>> Acesso em: 14 abr. 2015

SILVA, C. R.; GOBBI, B. C.; SIMÃO, A. A. **O uso da análise de conteúdo como uma ferramenta para a pesquisa qualitativa: Descrição e aplicação do método**. In: Organ.rurais agroind., Lavras,v. 7, n. 1, p. 70-81, 2005.

SILVA, C. G. *De Sol a Sol: energia no século XXI*. São Paulo: Oficina dos textos. Série inventando o futuro, 2010.

SKORA, A. *A integração do ensino de ciências e da matemática nos anos iniciais do ensino fundamental*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2012.

SMITH, M. **Using space as a context for teaching Science**. In: Space for education; education for space, 93(344), 41-45, 2012.

SOBREIRA, P. H. A. *Estações do Ano. Concepções espontâneas, alternativas, modelos mentais e o problema da representação em livros didáticos de Geografia*. In: LONGHINI, M. D. (org.) *Experiências e contribuições para a prática pedagógica*. 1ª ed. Campinas: Editora Átomo, p. 37-58, 2010

SOUZA, Jonas Garcia de. *Astrobiologia: obstáculos e possibilidades, a (re)ligação com o cosmos e o ensino de ciências*. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2013.

SOUZA, R.E. *Introdução à Cosmologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

STURANI, R. (online) **Observação de ondas gravitacionais geradas pela fusão de um sistema binário de buracos negros**. Instituto de Física Teórica – UNESP / ICTP-SAIFR, 2016 Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/images/stories/noticias/fevereiro2016/sturaniSBF1.pdf>. Acesso em: 23/12/2017

TIPLER, P. A., MOSCA, G. *Física para Cientistas e Engenheiros*. Volume 1, 6ª ed. Rio de Janeiro: LTRC Editora, 2008.

TRIVINOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 175 p. 1987.

VIALI, L. **Correlação e Regressão**. Material didático, 1997, disponível em:

<http://www.pucrs.br/famat/viali/graduacao/engenharias/material/apostilas/Apostila_5.pdf>

acesso em 19/07/2017

WAGA, I. **Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o século XXI**.

In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v 27, n. 1, p. 157 – 173, 2005.

ZILIO, S. C. *Ótica Moderna*. Instituto de Física de São Carlos. Universidade de São Paulo, 320pp. 2009.

9. APÊNDICES

9.1. Comitê de Ética

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Astronomia para o século 21: olhares integradores para o Ensino de Ciências
Denis Eduardo Peixoto/ Maurício Urban Kleinke
Número do CAAE: 54037116.4.0000.5404

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Sendo a astronomia uma ciência que pode servir de motivador para um ensino de ciências mais próximo da ciência moderna, realizada em centros de pesquisa e universidade, achamos conveniente explorar o tema afim de propor melhorias significativas na maneira em que o professor instrui seus alunos, seja na compreensão de fenômenos vivenciados em nosso cotidiano, na confecção de materiais didáticos de melhor qualidade ou mesmo numa proposta curricular mais abrangente e eficaz. Assim, a justificativa pela escolha do tema de interesse e da área de trabalho, astronomia e formação de professores, respectivamente se dá através da proposta de um trabalho inter e multidisciplinar com possíveis repercussões acadêmicas relevantes no âmbito da educação nacional, tendo como objetivos:

Avaliar se é possível aperfeiçoar o ensino de astronomia a partir dos resultados da aplicação da teoria dos campos conceituais de Vergnaud para futuros professores da educação básica.

Mensurar/diagnosticar quais os temas astronomia que mais despertam o interesse e a curiosidade em alunos do ensino médio.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a: preencher um questionário de múltipla escolha sobre seu interesse particular em temas de astronomia.

Observações:

- O tempo estimado de preenchimento do questionário é de cerca de 30 minutos, podendo ser ampliado caso o pesquisador responsável perceba que há essa necessidade.

Desconfortos e riscos:

A pesquisa “não apresenta riscos previsíveis”. O questionário é totalmente sigiloso e seu nome não será divulgado de forma alguma. Todo material coletado será analisado apenas pelo pesquisador responsável na instituição a qual está associado.

Benefícios:

Não há benefícios de qualquer natureza vinculados à pesquisa.

Acompanhamento e assistência:

Caso haja a necessidade o professor responsável poderá intervir de maneira pedagógica para auxiliar os participantes em maiores esclarecimentos sobre qualquer tipo de dificuldade encontrada no preenchimento do questionário.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Não haverá, em hipótese alguma, ressarcimento ou indenização de qualquer natureza devido ao fato de a pesquisa não envolver despesas para os participantes, sendo ela ocorrida durante seu horário de estudos. Você terá a garantia ao direito a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Denis Eduardo Peixoto (denis.peixoto@outlook.com) ou Prof. Dr. Maurício Urban Kleinke (kleinke@ifi.unicamp.br, no instituto de Física Gleb Wataghin da UNICAMP situado na Rua Sérgio Buarque de Holanda, 777 - Cidade Universitária, Campinas - SP, ou pelo telefone (19) 3521-5297.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP das 08:30hs às 11:30hs e das 13:00hs as 17:00hs na Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936 ou (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do (a) participante:

Contato telefônico:

e-mail (opcional):

Data: ____/____/____.

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL
LEGAL)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguo ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Data: ____/____/____.

(Assinatura do pesquisador)

9.2. Questionário Interesse em astronomia

	Sem opinião/ indiferente	Nenhum Interesse	Pouco Interesse	Algum Interesse	Muito Interesse
		1	2	3	4
Big Bang					
Eclipses					
Sol					
Vida extraterrestre					
Estrelas					
Colisão Terra/Asteroides					
Viagem para Lua					
Calendários					
Matéria escura					
Fases da Lua					
Viagem para Marte					
Extinção/fim do universo					
Lua					
Estações do ano					
Estação espacial					
Buraco negro					
Radiação solar					
Constelações					
Corrida espacial					
Caminhada espacial					
Bóson de Higgs					
Sondas Espaciais					
Formação das galáxias					
Supernovas					
Extinção do Sol					
Formação da Terra					
Observação com telescópio					
Onde nós estamos?					

Você está recebendo um questionário sobre temas de Astronomia. Para preenche-lo, basta responder a seguinte pergunta:

Marque seu nível de interesse pelos temas ao lado!

Para isso, basta assinalar umas das colunas à direita de cada tópico para identificar seu nível de interesse sobre ele.

Caso você não possua nenhuma opinião sobre o assunto, ou mesmo desconheça-o, basta assinalar a coluna da esquerda, não havendo a necessidade de assinalar outra.

Procure ser o mais sincero possível e tente não deixar temas sem marcação.

9.3. Formulários de avaliação dos alunos

Formulário Professor

Anexo IV – Observação dos grupos

Eixo:

Data:

Membros do Grupo:

Observe a participação e envolvimento dos integrantes do grupo

	Todos do grupo	Maioria do grupo	Minoria do grupo	Observações
Início das atividades				
1. Elaboração do cronograma				
2. Proatividade na realização das tarefas				
3. Organização de materiais				
4. Tomada de decisões com autonomia				
5. Divisão de responsabilidades				
6. Gestão de conflitos				
	Todos do grupo	Maioria do grupo	Minoria do grupo	Observações
Desenvolvimento das etapas				
1. Pesquisa em diversas fontes				
2. Registros				
3. Diálogo e interação entre os estudantes				
4. Análise das informações				
5. Concentração nos desafios				
	Todos do grupo	Maioria do grupo	Minoria do grupo	Observações
Apresentação dos trabalhos				
1. Escuta atenta				
2. Tomada de decisões efetivas				
3. Planejamento e organização das decisões				
4. Compartilhamento de informações				
5. Envolvimento na elaboração da apresentação				

Considerações

Formulário Professor e Estudante**ANEXO V – Modelo de Relatório após Investigação****Eixo:****Data:****Membros do Grupo:**

O que investiguei:
Como investiguei (passos realizados):
O que aprendi:
O que concluí:
Pontos que deveriam ser mudados:

9.4. Guia de coleta de dados, experimento energia solar

NOME _____ Nº _____ DATA _____

NOME _____ Nº _____ DATA _____

NOME _____ Nº _____ DATA _____

Experimento científico – energia solar

1 – Preencha a tabela com os dados coletados

	Temperatura inicial °C	Temperatura final °C	ΔT (°C)	Δt (min)
Sol				
Sombra				
Sol				
Sombra				

2 – Preencha a tabela com os dados dos materiais utilizados no experimento

Volume de água no pote (ml)	
Massa de água no pote (gramas)	
Área do pote cm^2	

3 – Qual a energia necessária para aumentar a temperatura da água?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ [cal]}$$

4 – Qual a potência gerada pela quantidade de energia nesse intervalo de tempo?

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \text{ [cal/min]}$$

5 – Qual o fluxo de energia solar, ou seja, a potência dividida pela área coletora?

$$f = \frac{P}{A}$$

Conversão de unidades: $1 \text{ cal/min} = 1/15 \text{ W}$ e $\text{cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$

6 – Calcule a luminosidade do Sol a partir do valor da constante solar determinada anteriormente.

$$L = 4\pi d^2 f, \text{ sendo que } d = 149.597.870 \text{ km, a distância média da Terra ao Sol.}$$

9.5. Cardápio

ALMOÇO|JANTAR

· Primeira opção

Arroz branco, feijão preto, mandioca cozida com brócolis, stroganoff de carne de soja.

Hambúrguer: Batata com cebolinha e alho.

Salada: Beterraba e cebola.

Suco: Goiaba.

Sobremesa: Banana

· Segunda opção

Arroz vermelho, feijão branco, batata doce cozida, lentilha e vagem refogada.

Hambúrguer: Grão de bico com tomate.

Salada: Alface com cebola.

Suco: Kiwi com morango.

Sobremesa: Maça.

· Terceira opção

Arroz branco, feijão carioca, abobrinha refogada com cenoura, couve flor com molho branco.

Hambúrguer: quinua com alho.

Salada: Rúcula, tomates e palmitos.

Suco: Limão com couve.

Sobremesa: Ameixa.

· Quarta opção

Arroz, feijão, mandioquinha e cenoura cozida.

Hambúrguer: Beterraba com cenoura.

Salada: Rabanete com grão de bico e cebolinha.

Suco: Abacaxi com hortelã

Sobremesa: Melão.

· Opções de massas

Nhoque de batata com molho de tomate

Hambúrguer: Batata com cenoura.

Salada: Pepino com gergelim.

Suco: Laranja com acerola.

Sobremesa: Pera.

· Opções de massas

Macarrão com massa de abobrinha

Suco: Morango com limão.

Sobremesa: Goiaba.

· Opções de massas

Macarrão ao molho de cogumelos

Suco: Maracujá.

Sobremesa: Figo.

· Opções de massas

Macarrão com molho ao sugo.

Suco: Uva.

Sobremesa: Mamão

· Opções de massas

Macarrão com molho branco e brócolis.

Suco: Frutas vermelhas.

Sobremesa: Melancia.

· Opções de massas

Pizza com massa de Batata e aveia

Suco: Maracujá com menta.

Sobremesa: Manga.

LANCHES|OPÇÕES

· Opções de Vitaminas

Banana com aveia.

Banana com laranja.

Banana com leite.

Banana, leite e amêndoas.

Framboesa com leite.

Maçã com aveia.

Maça com leite.

Melão com morango.

Morango com aveia.

Morango, banana e leite.

· Opções de panquecas salgadas

Abobrinha com pimenta do reino.

Abobrinha e espinafre.

Batata.

Brócolis com molho branco.

Cenoura com grão de bico.

Creme de espinafre

· Opções de panquecas doces

Banana com mel.

Banana com aveia.

Morango com chocolate.

Morango, banana e aveia.

· Opções de patês e molhos com torradas e pães

Maionese de inhame.

Molho de couve flor.

Molho de pimentão.

Molho pesto de espinafre com amêndoas.

Patê de abacate.

Patê de alcachofra.

Patê de alho.

Patê de azeitona preta.

Patê de berinjela.

Patê de cenoura com abobrinha.

Patê de cenoura.

Patê de grão de bico com cebolinha.

Patê de salsinha.

Patê de tofu com tomate.

Patê de tomate seco.

SOPAS, CALDOS E CREMES

Biomassa de banana verde.

Caldo de abóbora.	Frozen iogurte de mamão.
Caldo de berinjela com grão de bico.	Frozen iogurte de manga com morango.
Caldo de ervilhas.	Morango com chantilly e iogurte.
Caldo de espinafre com shimeji.	Mouse de coco.
Caldo de feijão.	Mousse de limão.
Caldo de vagem, cenoura e batatas.	Mousse de maracujá.
Creme de abóbora com alho.	Mousse de morango.
Creme de abóbora com mandioquinha.	Pavê de chocolate.
Creme de alcachofra.	Pavê de morango.
Creme de milho.	Picolé recheado com leite condensado.
Sopa de alho poró.	Pudim de leite condensado.
Sopa de cebola.	Pudim de pão.
Sopa de couve flor.	Sorvete de doce de leite.
Sopa de espinafre.	Tiramissu.
Sopa de feijão preto.	Torta de banana.
Sopa de milho.	Torta de chocolate com cereja.
Sopa de palmito.	Torta de limão.
Sopa de shitake e alho.	Torta de maçã.
Sopa de tomates assados.	Torta de maracujá
SOBREMESAS	Torta de sorvete com banana.
Creme de chocolate branco.	Torta de prestígio com Ovomaltine.
Flan de coco com chocolate.	