

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM PRÁTICAS EDUCACIONAIS EM CIÊNCIAS E  
PLURALIDADE**

**KELLY CARLA PEREZ DA COSTA**

**ASTROGEOLOGIA: PLANETOLOGIA COMPARADA E  
METEORÍTICA EM PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES PARA O  
ENSINO MÉDIO**

**MONOGRAFIA**

**DOIS VIZINHOS**

**2020**

**KELLY CARLA PEREZ DA COSTA**

**ASTROGEOLOGIA: PLANETOLOGIA COMPARADA E  
METEORÍTICA EM PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES PARA O  
ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada como requisito parcial a obtenção do Grau de Especialista em Práticas Educacionais em Ciências e Pluralidade, do Curso de Especialização Práticas Educacionais em Ciências e Pluralidade, modalidade à distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos.

Orientadora: Profa. Dra. Jacqueline Peixoto Neves

**DOIS VIZINHOS**

**2020**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a UTFPR pela oportunidade de realizar um curso que renovou a minha curiosidade pela Ciência.

Agradeço a colaboração e compreensão da minha família.

Agradeço ao suporte da tutora Luciane Garret do polo de Campo Largo.

Agradeço, principalmente, a minha orientadora Dra. Jacqueline Peixoto Neves pela paciência e dedicação.

Agradeço as professoras Deborah Catharine de Assis Leite e Raquel de Almeida Rocha Ponzoni pelas contribuições para este trabalho.

Agradeço a Deus por mais esta etapa de estudos concluída.

Uma das grandes revelações da exploração espacial é a imagem da Terra,  
finita e solitária, acomodando toda a espécie humana através  
dos oceanos do tempo e do espaço.

Carl Sagan (1934 -1996)

## RESUMO

COSTA, Kelly Carla Perez da. **Astrogeologia: Planetologia comparada e Meteorítica em práticas interdisciplinares para o ensino médio.** 2020. 59 f. Monografia (Especialização em Práticas Educacionais em Ciências e Pluralidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2020.

Atualmente há missões espaciais ocorrendo em nosso Sistema Solar e fora dele. As informações destas missões são principalmente fornecidas pelas agências espaciais em forma de imagens, as quais apresentam impacto positivo no ensino de temas diversos e além de despertarem a curiosidade. A divulgação da ciência, dos seus novos ramos, estudos, métodos, da abrangência de suas teorias e os novos desenvolvimentos proporcionados pelo aprimoramento e inovação tecnológicos, necessitam de atenção. Percebe-se que entendimentos equivocados conduzem à formulação de ideias que ignoram a ciência, como construção histórica humana e as suas implicações éticas e morais. A Planetologia Comparada e Meteorítica são áreas pouco exploradas na Educação Básica. A primeira estuda, descreve e compara as características gerais dos planetas e satélites. A Meteorítica é um ramo da ciência que estuda as amostras de meteoritos conhecidas. O estudo das informações petrográficas, geoquímicas e geocronológicas destes materiais permite traçar uma linha do tempo com os eventos que ocorreram durante a formação do sistema solar. Esta pesquisa utilizou o asteroide Bennu que está em estudo pela missão espacial OSIRIS-REx, cujo objetivo é mapear o asteroide e retornar a Terra com uma amostra de sua superfície. O presente estudo realizou uma pesquisa qualitativa de levantamento de dados que utilizou a mencionada missão espacial como tema para a elaboração de sequência didática envolvendo conceitos de Planetologia comparada e Meteorítica, para turmas de 2º ano do ensino médio de uma escola estadual em Pinhais-PR. O modelo de sequência didática utilizado consistiu em: apresentação da situação, módulo de reconhecimento de gênero, produção inicial, módulos de atividades/exercícios e produção final. Esta possibilitou incluir ou fazer adaptações nas atividades no processo de aprendizagem depois da análise que acontece a cada etapa. As informações sobre a missão espacial foram o ponto de partida para pesquisa e discussão de temas dentro de Planetologia comparada e Meteorítica. As atividades envolveram realização de infográfico, mapas conceituais, pesquisas, questionários e mural didático. Os infográficos, mapas conceituais e o mural didático são ferramentas que potencializam a exposição dos temas e evidenciam a compreensão deles pelos estudantes, além de promoverem a discussão e aprofundamento dos temas propostos. Conclui-se que abordar um tema atual e possível de acompanhamento em tempo real pelos estudantes contribui para a discussão de temas interdisciplinares e em Ciência, Tecnologia e Sociedade, além da divulgação científica.

**Palavras-chave:** Geologia. Planeta. Meteorito. Sequência didática. OSIRIS-REx.

## ABSTRACT

COSTA, Kelly Carla Perez da. **Astrogeology: Comparative Planetology and Meteoritic** in interdisciplinary practices for high school teaching. 2020. 59 p. Monograph (Especialization in Educational Practices in Science and Plurality) - Federal Technology University - Paraná. Dois Vizinhos, 2020.

There are currently space missions taking place in and outside our Solar System. The information from these missions is mainly provided by space agencies in the form of images, which have a positive impact on the teaching of various topics additionally arousing the curiosity. The dissemination of science, its new branches, studies, methods, the scope of its theories and the new developments brought about by technological improvement and innovation, need attention. It is perceived that mistaken understandings lead to the formulation of ideas that ignore science, such as human historical construction and its ethical and moral implications. Comparative and Meteoritic Planetology are areas little explored in Basic Education. The first studies, describes and compares the general characteristics of planets and satellites. Meteoritic is a branch of science that studies known meteorite samples. The study of petrographic, geochemical and geochronological information on these materials allows us to draw a timeline with the events that occurred during the formation of the solar system. This research used the asteroid Bennu that is being studied by the space mission OSIRIS-REx, whose objective is to map the asteroid and return to Earth with a sample of its surface. The present study carried out a qualitative research of data collected by the aforementioned space mission as a theme for the elaboration of a didactic sequence involving concepts of Comparative Planetology and Meteoritic, for classes the year of high school of a state school in Pinhais – PR . The didactic sequence model used consisted of: presentation of the situation, gender recognition module, initial production, activity / exercise modules and final production. This made it possible to include or make adaptations to activities in the learning process after the analysis that takes place at each stage. Information about the space mission was the starting point for research and discussion of topics within Comparative Planetology and Meteoritic. The activities involved carrying out an infographic, concept maps, research, questionnaires and a didactic mural. Infographics, concept maps and the didactic mural are tools that enhance the exposure of the themes and evidence the students' understanding of them, in addition to promoting the discussion and deepening of the proposed themes. It is concluded that addressing a current and possible topic of real-time monitoring by students contributes to the discussion of interdisciplinary and Science, Technology and Society themes, additionally to the scientific dissemination.

**Keywords:** Geology. Planet. Meteorite. Didactic sequence. OSIRIS-REx.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Asteróide Bennu.....	17
Figura 2 - Modelo nebulosa solar - etapas de formação do Sistema Solar por Oliveira e Saraiva (2014): a) Colapso da nebulosa pela autogravidade, b) formação do protossol e do disco protoplanetário, c) fim do colapso e formação dos planetesimais, d) sistema solar atual com o Sol e planetas. ....	19
Figura 3 - Planeta Plutão: classificado como planeta anão.....	20
Figura 4 - Planeta Terra. ....	22
Figura 5 - Planeta Mercúrio.....	23
Figura 6 - Planeta Vênus.....	24
Figura 7 - Planeta Marte.....	25
Figura 8 - Planetas jovianos: em ordem de distância ao Sol - Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.....	27
Figura 9 - Meteorito Bendegó - Museu Nacional do Rio de Janeiro. ....	29
Figura 10 - Esquema proveniência dos meteoritos. ....	30
Figura 11 - Sistema Solar, Cinturão de Kuiper e as sondas que possibilitaram conhecer um pouco mais sobre esta região do espaço. ....	31
Figura 12 - Localização dos planetas anões: Plutão, Éris, Haumea e Makemake e o objeto em estudo MU69. ....	32
Figura 13 - Observatório Europeu do Sul (ESO). ....	34
Figura 14 - Esquema da sequência didática adaptada por Costa-Hübes .....	39
Figura 15 - Sequência didática desenvolvida no presente trabalho. ....	42
Figura 16 - Exemplo de infográfico para apresentação do tema.....	43
Figura 17 - Exemplo de mapa mental para exposição ou discussão dos temas propostos.....	44
Figura 18 - Exemplo de apresentação de acompanhamento da missão por meio de infográfico tipo linha do tempo.....	46
Figura 19 - Jogo Tapa certo adaptado de Gritti (2014): modelo de descrição e imagem para o jogo utilizando as hastes com ventosa. ....	48
Figura 20 - Exemplo Jamboard como mural didático. ....	49

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.2 OBJETIVOS E METODOLOGIA .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1 ASTROGEOLOGIA, ASTRONOMIA E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	14
2.2 PLANETOLOGIA COMPARADA.....	17
2.2.1 Planetas Terrestres .....	21
2.2.2 Planetas Jovianos .....	26
2.3 METEORÍTICA.....	28
2.4 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....	33
2.5 ENSINO DE GEOCIÊNCIAS NO ENSINO MÉDIO: O ESTADO DA ARTE .....	35
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>39</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
<b>5 DISCUSSÃO DAS POTENCIALIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>51</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos processos naturais que formam nosso ambiente e as relações entre ambiente e seres vivos em escalas diversas é alvo do estudo das Geociências e envolve o cotidiano dos seres humanos. Entender seus ramos modifica nossa percepção e interação com o ambiente, como por exemplo, os fenômenos de mudanças climáticas, efeitos locais como enchentes, formação de cadeias de montanhas, impactos de meteoritos, erupção de vulcões, aparecimento ou desaparecimento de ilhas e partes das costas dos continentes, terremotos, entre outras (TEIXEIRA et al., 2008).

Estudar os ramos das Geociências nos permite entender melhor o planeta e como viver bem nele. A partir destes estudos podemos entender os processos naturais e de formação de outros corpos celestes de nosso sistema solar. Aprofundando os conhecimentos em geologia percebe-se como todos os ramos da ciência estão interligados e colaboram para este entendimento. Sendo assim, podemos perceber que estudar planetas e meteoritos leva em consideração aspectos físicos, químicos e biológicos que são estudados dentro de outros ramos e subdivisões do conhecimento.

Piranha e Carneiro (2009) corroboram pontuando que:

Formar um cidadão responsável e sensível às questões afeitas à Vida e ao planeta pode advir de uma educação que permita ao indivíduo reconhecer o que é o planeta, como ele funciona e como, nesse espaço e ao longo do tempo, se processam as relações da Vida.

[...] Temas tipicamente geológicos como a teoria da Tectônica de Placas e geologia planetária passaram a ser associados aos processos atuais da atmosfera e hidrosfera, para reconceituar os impactos ambientais e os acidentes naturais (PIRANHA, CARNEIRO, 2009, p.131).

A Astrogeologia estuda a origem, a evolução e a distribuição da matéria condensada no Universo. Inclui o estudo de planetas, satélites, asteroides, cometas e partículas de diferentes tamanhos e origem, em particular a composição das suas partes sólidas. Esta ciência utiliza dados de missões espaciais, simulações de processos planetários em laboratório e trabalho de campo sobre características da Terra, análogas às características extraterrestres (MARTÍNEZ-FRIAS; HOCHBERG, 2007 apud BARATA, 2014, p.12). Percebe-se na definição acima as possibilidades interdisciplinares e multidisciplinares desta área de estudo.

Também o estudo de geologia e paleontologia tem revelado informações sobre a ocorrência de vida no espaço. A Astrobiologia é a área que estuda como os ambientes extraterrestres podem afetar os organismos vivos em nosso planeta e verifica as possibilidades da existência de diversas formas diferentes de vida extraterrena. O ser humano está constantemente buscando explicações para o surgimento da vida na Terra e para a composição e funcionamento de outros planetas, o que auxilia na compreensão da forma como evoluíram homem e corpos celestes, bem como, nas perspectivas para o futuro. Segundo Nascimento-Dias (2018, p. 20), nos últimos vinte anos, ocorreram descobertas nos estudos de meteoritos que indicam a presença de moléculas orgânicas e potenciais vestígios de vida fora da Terra. Os aparatos tecnológicos atuais contribuem para um melhor entendimento na análise destes fragmentos celestes. Também os estudos sobre o planeta Marte envolvem a presença de moléculas orgânicas e potenciais vestígios de vida. Nascimento-Dias (2018) relata ainda que a análise do meteorito marciano ALH84001 indicou presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos que provêm de degradação de microorganismos mortos, assim como na Terra, e glóbulos de carbonato que poderiam ser microfósseis de bactérias primitivas, o que pode sugerir que a vida surgiu fora da Terra e fora trazida para nosso planeta. Outra descoberta foi a existência de fosfina ( $\text{PH}_3$ ) na alta atmosfera de Vênus. A fosfina está ligada a atividade biológica da Terra, contudo em Vênus as nuvens são hiperácidas e compostos a base de fósforo deveriam estar na forma oxidada. Uma das possibilidades em estudo é a produção biológica de  $\text{PH}_3$  em Vênus e isso indicaria a presença de vida neste planeta (WUENSCH, 2020; GREAVES et al., 2020).

Como estas descobertas afetam nosso entendimento dos processos evolutivos terrestres? Pensando na alfabetização científica dos estudantes do ensino básico e na inter/multidisciplinaridade, que atividades poderiam ser propostas para que o jovem da era da informação se aproprie deste importante conhecimento científico? Buscar as respostas para esta relevante pergunta será o foco do presente estudo.

### 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A Astrogeologia e a Astronomia são vastos campos de estudo e que estão intimamente relacionados. Algumas definições para suas áreas de estudo e ramos

se enquadram por vezes como ciências geológicas e outras como ciências espaciais. Inseridas no estudo da Astrogeologia, estão as áreas de Planetologia Comparada e Meteorítica, as quais serão o foco do presente estudo.

A Planetologia Comparada busca relacionar os períodos da história geológica da Terra com os de planetas e satélites no nosso Sistema Solar e a Meteorítica estuda amostras de meteoritos (CORDANI, 2008), ambas com a finalidade de entender como se processou a evolução dos corpos celestes, inclusive da própria Terra. Meteoritos são amostras geológicas extraterrestres formados no mesmo período de formação da Terra (DE CARVALHO; RIOS; DOS SANTOS, 2010). Estas áreas do conhecimento apresentam teorias e eventos de grande relevância no contexto da alfabetização científica, que podem ser tratados no ensino médio, como a formação da Terra, a formação do sistema Terra-Lua, os vestígios de queda de meteoritos em diversos locais do planeta, evidências físicas de impactos de meteoritos, eventos astronômicos, entre outros.

## 1.2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

O objetivo geral deste estudo é propor uma sequência didática para o conteúdo de Astrogeologia de forma inter/multidisciplinar em atividades voltadas para o ensino médio.

Os objetivos específicos são:

- Investigar a produção científica em forma de livros e artigos, nacionais e internacionais, na área de Astrogeologia, Planetologia comparada e Meteorítica para servir de base teórica para elaboração de um conjunto de atividades encadeado de passos e etapas ligados entre si, que permita o aprendizado de importantes temas destas áreas no ensino médio.

- Pesquisar materiais complementares sobre os temas em livros e artigos selecionados na forma de documentários, aplicativos, simulações, entre outros, para compor este conjunto de atividades e que trabalhem a alfabetização científica, nas áreas em questão, de forma inter/multidisciplinar.

- Elaborar uma sequência didática (conjunto de materiais e atividades em etapas) a partir dos objetivos anteriores.

Esta é uma pesquisa de abordagem qualitativa que iniciará com o procedimento de pesquisa bibliográfica e a análise de conteúdo para composição de

materiais e atividades para turmas de ensino médio. Além disso, o instrumento de coleta de dados será a busca bibliográfica e as produções propostas e como produto final será utilizado o método da sequência didática de Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004) com a adaptação de Swiderski e Costa-Hübes (2009) que consiste em: apresentação da situação, módulo de reconhecimento de gênero, produção inicial, módulos de atividades/exercícios e produção final. A adaptação de Swiderski e Costa-Hübes (2009) para a sequência didática permite ajustar e modificar as pesquisas, leituras e atividades conforme é desenvolvida a sequência.

A estrutura deste trabalho apresenta inicialmente o tema, a justificativa e os objetivos. Na sequência o referencial teórico sobre a alfabetização científica e as áreas de Astrogeologia e Astronomia, o ensino de Geociências no ensino médio, as áreas de Planetologia comparada e Meteorítica, e fontes de divulgação científica relacionadas com os temas. Descreve os procedimentos metodológicos e as etapas da sequência didática. E finaliza discutindo as produções e as análises que podem ser realizadas a partir delas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A discussão de temas científicos atuais, como é o caso deste estudo, se justifica pela proliferação de conteúdos virtuais que não condizem com as descobertas científicas. A divulgação da ciência, dos seus novos ramos, estudos, métodos, da abrangência de suas teorias e os novos desenvolvimentos proporcionados pelo aprimoramento e inovação tecnológicos, necessitam de atenção. Percebe-se que entendimentos equivocados conduzem à formulação de ideias que ignoram a ciência como construção histórica humana e as suas implicações éticas e morais, por exemplo, em relação à preservação do meio ambiente e sua exploração de forma sustentável. É responsabilidade de pesquisadores e educadores proporcionar espaços de divulgação e exposição de temas estimulando a discussão e entendimento dos mesmos.

### 2.1 ASTROGEOLOGIA, ASTRONOMIA E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A Astrogeologia surgiu da busca por conhecer outros mundos, bem como por indícios de vida em outros locais do Universo. A condição de degradação do planeta demanda uma consciência maior sobre nosso impacto sobre a Terra. Mesmo com inúmeros estudos climáticos, geológicos, biológicos, físico-químicos, entre outros, ainda não se atingiu o número de pessoas necessárias para que ações individuais promovam efeitos globais positivos. Nossa tecnologia pode resolver ou amenizar problemas atuais terrestres, como aquecimento global, mas é necessário um entendimento dos problemas que provocamos.

Portanto, a alfabetização científica baseada nos estudos de Astrogeologia tem muito a contribuir e esclarecer as condições de nosso planeta, entender os processos evolutivos dentro e fora dele, estar a par das descobertas científicas e suas implicações, promover discussão de temas atuais e relacionados com Astronomia, entre outros. Sasseron e De Carvalho (2011) definem a alfabetização científica como:

[...] as ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-lo e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON; DE CARVALHO, 2011, p. 61).

Sasseron e De Carvalho (2011) citam ainda as habilidades necessárias para uma pessoa ser considerada alfabetizada cientificamente segundo Gérard Fourez (1994), sendo algumas delas:

Uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente:

Utiliza os conceitos científicos e é capaz de integrar valores, e sabe fazer por tomar decisões responsáveis no dia a dia.

[...] Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.

[...] Conhece os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e é capaz de aplicá-los.

[...] Faz a distinção entre resultados científicos e a opinião pessoal.

[...] Reconhece a origem da ciência e compreende que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.

[...] Extraia da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante. [...] (FOUREZ, 1994 apud SASSERON; DE CARVALHO, 2011, p. 67-70).

Segundo Nascimento-Dias (2018), a Astrogeologia pode contribuir com o desenvolvimento do conhecimento científico por ser uma área multidisciplinar, envolvendo biologia, química e física, matemática, entre outras áreas. O estudo dos meteoritos possibilita pesquisas sobre a origem da vida na Terra, possibilidades de vida em Marte, comparação de registros químicos em corpos de rochas e seus similares na Terra.

Um exemplo de atividades que visam à alfabetização científica no ensino básico é o trabalho de Correia (2002), o qual explica que a partir dos anos 60, sondas, satélites e telescópios forneceram uma grande quantidade de informação por meio de imagens - sobre as superfícies dos planetas, satélites naturais e da superfície da Terra - que revelam características morfológicas do planeta. A autora utilizou estas imagens de sondas, satélites e telescópios para desenvolver atividades voltadas para alunos de ensino médio e para a formação de professores. Seu intuito foi promover as capacidades de análise, raciocínio e reflexão com o estudo de morfologias do planeta Marte.

Nesse sentido, Cordani (2008) cita algumas das missões exploratórias extraterrestres que, desde a década de 50 do século XIX, têm trazido informações

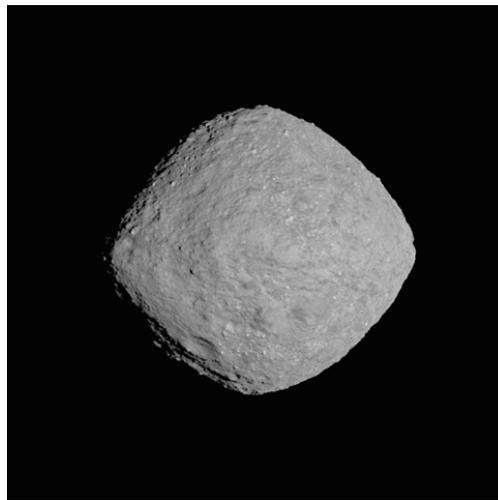
dos planetas e outros corpos do Sistema Solar, como: missões Apollo e Luna fizeram observações e coletas na Lua; sondas espaciais Mariner estudaram Mercúrio; sondas Mars, Mariner, Viking, Mars Pathfinder e Mars Global Surveyor estudaram Marte, entre outras. Deste modo, têm-se um acervo de fotos e dados que, em parte, são disponibilizados por meio de páginas dos programas espaciais e por artigos científicos com a análise dos dados recebidos e materiais coletados. Contudo, Sasseron e De Carvalho (2011, p.67), lembram que “qualquer leitura, incluindo a científica, deve ocorrer dentro dos limites de inteligibilidade do que se pretende divulgar com aquele texto”. Por isso, estruturar uma abordagem é importante para conseguir promover a alfabetização científica.

Adicionalmente, Compiani (2010) propôs usar a narrativa e o desenho para estudar conteúdos específicos de Geociências e Astronomia com turmas de ensino fundamental. Utilizou a história da Astronomia e da Geologia como base para seus desenvolvimentos e propostas didáticas. Dos desenhos surgiram indícios interpretáveis das ideias que as crianças não conseguem verbalizar. O autor percebeu a importância do verbal e o visual, juntos, no ensino de Geociências. Em sua proposta didática os alunos produziram quadrinhos sobre a formação do Universo. O autor promoveu o raciocínio analítico e a intuição no desenvolvimento de sua proposta.

Diante das práticas exploradas por Correia (2002) e Compiani (2010), nota-se a importância deste tipo de estudo para que seja efetiva a apropriação do conhecimento de Astrogeologia pelos estudantes. Mesmo a Astronomia no ensino médio é ensinada de maneira superficial. É fato que os estudantes, desde a infância, se interessam por temas relacionados com Astronomia e, por isso, inserir a Astrogeologia por meio dos alvos de estudo da Planetologia Comparada e da Meteorítica recupera a curiosidade sobre estes assuntos, trazendo a possibilidade de entendê-los de forma mais aprofundada, uma vez que são temas raramente utilizados em práticas pedagógicas. Piranha e Carneiro (2009, p.129) pontuam que o “[...] papel da educação científica, notadamente em Ciências da Terra, constitui instrumento fundamental de uma educação para a sustentabilidade”. E, segundo estes autores, não deve estar limitado a conceitos, mas permitir a apropriação de valores e competências necessárias para um comprometimento com a sustentabilidade.

Neste trabalho utilizou-se a missão OSIRIS-REx como tema para a sequência didática. Esta é uma missão de quatro anos que estudará o asteroide Bennu (Fig. 1). A escolha de um entre tantos asteroides no Sistema Solar para ser estudado leva em conta a composição, tamanho e proximidade da Terra. Bennu é primitivo e rico em carbono e, por isso, a missão espera encontrar moléculas orgânicas que possam auxiliar no entendimento da origem da vida na Terra (BENNU, 2020).

**Figura 1 - Asteroide Bennu.**



**Fonte: (IMAGENS..., 2020). Crédito da imagem: NASA / Goddard / Universidade do Arizona / Lockheed Martin.**

Nas páginas sobre a missão espacial são feitas atualizações regulares da missão, divulgação de fotografias como a Figura 1, explicações sobre as fases das operações em asteroides, modelos 3D, simulações do movimento do asteroide, mosaico de imagens, bem como, ressaltando a importância de missões deste tipo para o entendimento dos processos de evolução do Sistema Solar.

## 2.2 PLANETOLOGIA COMPARADA

Cordani (2008, p.17) define Planetologia Comparada como um ramo “das ciências geológicas que busca elucidar condições e processos que ocorreram em determinados períodos da história da Terra, por meio das observações nos planetas e satélites que são nossos vizinhos”.

Fairchild (2008) explica que a história de nosso planeta pode ser contada em termos de três linhas-mestras: as tendências seculares (exemplos: impactos de meteoritos, decaimento radioativo, evolução biológica, evolução do sistema Terra-Lua); processos cíclicos (exemplos: ciclos astronômicos e geológicos) e os eventos singulares (exemplos: surgimento da vida e da biosfera, impacto do meteorito no final do Mesozoico que aponta para o evento de extinção de dinossauros e outros organismos).

Para chegar ao alvo de estudo da Planetologia precisamos partir do começo do Universo. A teoria mais aceita sobre a origem do Universo é a Teoria da Grande Expansão (Big Bang). De acordo com esta teoria o Universo começou entre 13 a 14 bilhões de anos, momento que a matéria estava concentrada num único ponto de densidade enorme que expandiu e, a partir dele ocorreu uma expansão do Universo que se diluiu para formar galáxias e estrelas (PRESS et al., 2006).

Entre 1923 e 1929, Edwin Powell Hubble, realizou observações e constatou que “as galáxias estavam se afastando de nós, com velocidades proporcionais às suas distâncias, isto é, quanto mais distante a galáxia, maior sua velocidade de afastamento” (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014, p. 642), conclusão conhecida como Lei de Hubble. Duas descobertas posteriores que corroboraram a Teoria do Big Bang são: a descoberta acidental da radiação de microondas do fundo do Universo (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014) e uma evidência experimental que diz respeito à formação dos átomos, chamada nucleossíntese primordial ou nucleogênese (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017; CORDANI, 2008).

A nucleossíntese primordial ou nucleogênese, que diz respeito à formação dos átomos, aconteceu há 380 mil anos depois do big-bang e formaram-se os primeiros átomos (núcleo mais elétrons), e os fótons da radiação cósmica de fundo passam a caminhar livremente, tornando o universo transparente. Nesta fase, houve o resfriamento do Universo e a recombinação de elétrons e núcleos formando os átomos a uma temperatura de 3000K (Guimarães; Piqueira; Carron, 2017; Cordani, 2008).

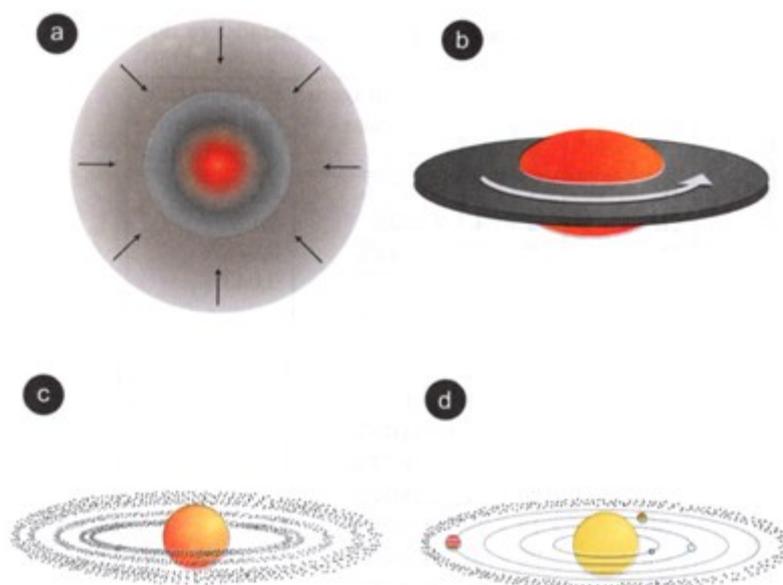
E neste processo de evolução, Cordani (2008) explica que nosso Sol é uma estrela média e evoluirá para uma estrela gigante vermelha, depois anã branca e terminará como uma anã negra, sendo que cada fase apresentada corresponde a bilhões de anos. A distribuição de massa no nosso Sistema Solar é de 99,8% da massa concentrada no Sol. O modelo nebulosa solar apresentado na Figura 2,

explica o movimento de formação do Sistema Solar e as regiões de concentração de matéria.

A Planetologia Comparada estuda, descreve e compara as características gerais dos planetas e satélites. No Sistema Solar existem dois tipos de planetas: terrestres e jovianos. Mercúrio, Vênus, Terra e Marte estão mais próximos do Sol e são os planetas terrestres. Júpiter, Saturno, Urano, Netuno são os mais distantes e são chamados de jovianos (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014). Diferentes das características destes estão os planetas anões – Plutão, Ceres, Éris, Haumea e Makemake. A definição de planeta e planeta anão sofreu modificação, em 2006, em uma Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (IAU – Internacional Astronomical Union) e, atualmente, outros corpos em estudo se enquadram nesta definição reformulada de planeta anão (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014; PLUTÃO..., 2018). Segundo a IAU os

Planetas Anões são objetos de massa planetária orbitando o Sol, que tem massa suficientemente grande para serem arredondados por sua própria gravidade, mas não são planetas nem satélites. Diferente de planetas, esses corpos não limpam a sua vizinhança ao longo de sua órbita e seu caminho às vezes cruza com o de outro objeto, muitas vezes semelhantes (DENOMINAÇÃO, 2018).

**Figura 2 - Modelo nebulosa solar - etapas de formação do Sistema Solar por Oliveira e Saraiva (2014): a) Colapso da nebulosa pela autogravidade, b) formação do protossol e do disco protoplanetário, c) fim do colapso e formação dos planetesimais, d) sistema solar atual com o Sol e planetas.**

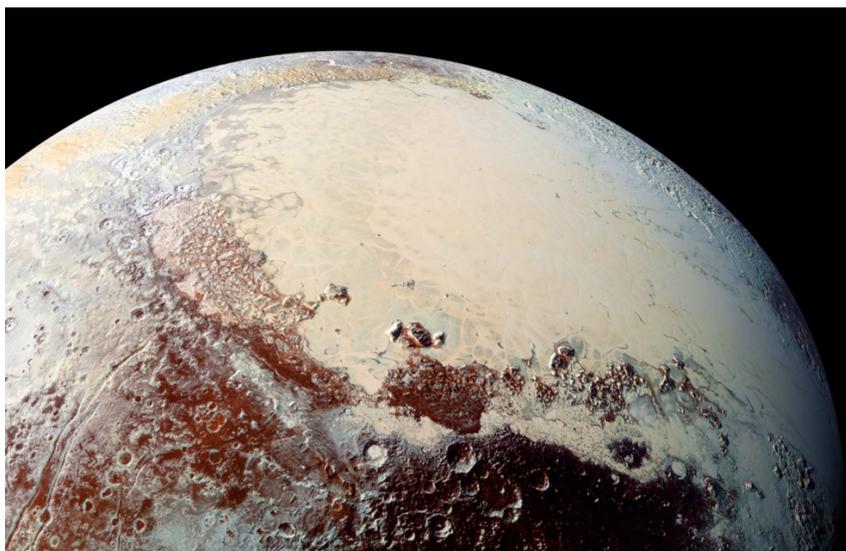


**Fonte: (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014, p. 134).**

As propriedades fundamentais dos planetas são: massa, raio, distância ao Sol, composição química, número de satélites, rotação, temperatura e refletividade. Os planetas terrestres são compostos quimicamente por rochas e metais pesados, silicatos, óxidos, níquel (Ni) e ferro (Fe). Já os planetas jovianos apresentam em sua composição elementos leves, hidrogênio (H), hélio (He), água (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e amônia (NH<sub>3</sub>). A massa dos planetas terrestres é igual ou menor que a massa da Terra e a dos planetas jovianos é maior ou igual a quatorze vezes a massa da Terra (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

Moreira (2016) relatou as descobertas sobre Plutão feitas pela sonda New Horizons da NASA que chegou perto do planeta em julho de 2015. As informações coletadas foram divulgadas no periódico Science. Os dados da New Horizons mostraram que Plutão (Fig. 3) é maior do que os astrônomos estimaram, ele tem 2,3 mil quilômetros de diâmetro; tem cinco luas; sua geologia apresenta montanhas, vales, vulcões, crateras e planícies; a superfície apresenta diversas cores, azuis, amarelos, laranjas e vermelhos mais escuros; possivelmente sua atmosfera seja composta por nitrogênio com metano, acetileno e etileno; a temperatura da superfície é de -197,2°C e apresenta uma névoa azul (MOREIRA, 2016).

**Figura 3 - Planeta Plutão: classificado como planeta anão**



**Fonte: (TALBERT, 2015)**

**Créditos da imagem: NASA / JHUAPL / SwRI**

A sonda New Horizons é uma das várias sondas que exploraram o Sistema Solar, existem outras, como a Missão Cassini-Huygens, ainda ativaem missões pelo espaço e programas para lançamento de futuras missões. O objetivo principal é compreender a formação do Sistema Solar analisando as atmosferas e superfícies dos corpos de celestes. Cordani (2008) lembra que desde os anos 50, americanos e russos efetuaram missões de exploração do Sistema Solar e contribuíram para o estabelecimento da Planetologia comparada. Press et al. (2006) pontuam que estas missões mostraram que não existem dois corpos celestes que sejam iguais em nosso Sistema Solar. Os autores lembram também, que na “década de 1990, usando grandes telescópios, os astrônomos descobriram planetas orbitando próximos a estrelas semelhantes ao Sol” (PRESS et al., 2006, p. 30) e complementam que não é só a nossa origem que buscamos entender, mas se é possível outro tipo de forma de vida no Universo.

Os cientistas utilizam métodos diversificados para estudar os corpos celestes. Para estudar a estrutura interna de um planeta terrestre usa-se medir a transmissão de ondas sísmicas e, os planetas jovianos são estudados por meio da equação de equilíbrio hidrostático, ou fazendo o mapeamento do campo gravitacional quando uma sonda espacial orbita o planeta (OLIVEIRA, SARAIVA, 2014).

As superfícies dos planetas podem ser estudadas pelo albedo – fração de energia solar total incidente que é refletida pelas superfícies planetárias – quando o planeta não tem atmosfera espessa. Para os planetas jovianos e Vênus, que têm atmosfera espessa, o albedo não se refere a características da superfície. A superfície pode ser estudada, também, pelos processos de atividade geológica, erosão e crateramento. Já a análise espectral da luz solar refletida é utilizada para estudar a composição da atmosfera de um planeta. As linhas do espectro permitem identificar os gases que as produziram, a pressão e temperatura (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

### 2.2.1 PLANETAS TERRESTRES

Nos estudos de Astronomia sobre os momentos de inércia dos planetas e as determinações das suas densidades médias, constatou-se que os núcleos dos planetas terrestres são densos e, pela similaridade com os corpos parentais dos

meteoritos diferenciados, que o núcleo é metálico e com um manto silicático (CORDANI, 2008).

No caso da Terra, um evento ocorreu nas fases intermediária e final da acreção planetária e, neste evento, a Terra sofreu um impacto de um corpo do tamanho de Marte provocando ejeção de material dos dois corpos para o espaço. Neste momento, a Terra já possuía seu tamanho atual com núcleo metálico e manto silicático. O impacto provocou vaporização de compostos voláteis, acelerou a rotação da Terra e inclinou seu plano orbital em 23°. Parte do material ejetado do núcleo do objeto formou a Lua e parte foi incorporada à Terra. A confirmação desta hipótese foi feita pela análise de rochas trazidas da Lua pela missão Apollo da Nasa (CORDANI, 2008; PRESS et al., 2006).

De acordo com Cordani (2008), a Terra tem massa de  $5,9722 \times 10^{24}$  kg, densidade de  $5,52 \text{ g/cm}^2$  e apresenta uma atmosfera secundária composta por nitrogênio, oxigênio e argônio. A Terra (Fig. 4) possui, ainda, a temperatura da superfície que torna possível a existência de água líquida e vapor de água que, por sua vez, provocam um efeito estufa, regulador que permite a existência da biosfera. Sendo assim, a diversidade de formas de vida é sua principal característica. As feições primitivas de sua superfície foram encobertas pelas atividades de tectônica global, movimentos na atmosfera e nos oceanos, sendo estes os motivos da dificuldade em identificar vestígios de crateras de impacto meteorítico.

**Figura 4 - Planeta Terra.**



**Fonte: (PLANETAS..., 2020).**

Mercúrio (Fig. 5) possui uma atmosfera tênue composta por hélio. Sua superfície não sofre erosão causada pela ação de ventos ou água e, por isso, sua superfície é crateriforme e coberta por detritos de impactos de meteoritos. A proximidade do Sol faz com que sua superfície apresente temperaturas variando de  $467^{\circ}\text{C}$ , durante o dia, e  $-173^{\circ}\text{C}$ , durante a noite. Seu núcleo de ferro representa 70% de sua massa (PRESS et al., 2006). A sonda Mariner-10, lançada em 3 de novembro de 1973, foi a primeira sonda espacial a estudar Mercúrio. No seu caminho sobrevoou Vênus, em 5 de fevereiro de 1974, e usou a gravidade deste planeta para seguir para Mercúrio. Em 29 de março de 1974 atingiu a órbita de Mercúrio. A sonda fez três aproximações no período que ficou na órbita de Mercúrio, finalizando suas atividades em 24 de março de 1975 (BARBOSA, 2019).

**Figura 5 - Planeta Mercúrio.**



**Fonte: (PLANETAS..., 2020).**

De acordo com Cordani (2008) e Press et al. (2006), Vênus (Fig. 6) tem semelhanças com a Terra – tamanho, massa, elementos químicos – contudo, teve uma evolução diferente da Terra e apresenta uma atmosfera secundária formada por  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) e quantidades menores de N (nitrogênio),  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre) e outros gases. Senso assim, sua atmosfera é pesada, venenosa e um efeito estufa gigante eleva a temperatura a aproximadamente  $500^{\circ}\text{C}$ . Seu relevo não é tão diverso como o da Terra e 85% de sua superfície apresenta derrames de lava. No restante de sua superfície, Vênus apresenta feições semelhantes a vulcões,

montanhas, terras baixas e alguns planaltos elevados indicando ter sido geologicamente ativo.

Recentemente, foi descoberta a substância fosfina ( $\text{PH}_3$ ) na alta atmosfera de Vênus. Estudos estão em desenvolvimento para compreender esta descoberta. Pesquisadores cogitam a existência de processos fotoquímicos ou geoquímicos desconhecidos, distribuição vulcânica ou meteorítica e a possibilidade de atividade biológica. A detecção de  $\text{PH}_3$  na atmosfera de planetas rochosos é um sinal de vida, pois ela está associada à presença microbiana e, por isso, o estudo da atmosfera destes planetas pode confirmar a existência de alguma forma de vida. A presença de  $\text{PH}_3$  pode ser de fonte atmosférica, superficial ou subterrânea de fósforo, ou ainda, ter sido inserida naquele ambiente por meio de objetos no espaço interplanetário. Foram usados dados dos telescópios JCMT (James Clerk Maxwell Telescope) e ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) que mapeiam a atmosfera e superfície de Vênus podendo gerar gráficos com as linhas espectrais dos componentes presentes no planeta (GREAVES et al., 2020).

**Figura 6 - Planeta Vênus.**



**Fonte: (PLANETAS..., 2020).**

Marte (Fig. 7) é 11% menor que a Terra e possui uma atmosfera fina e composta por dióxido de carbono e pequenas quantidades de nitrogênio e argônio. O oxigênio que havia na atmosfera se combinou com o ferro formando óxidos que foram parar no solo e dão a cor avermelhada característica do planeta. Seu núcleo de ferro representa 40% de seu raio. Sua temperatura varia entre  $0^{\circ}\text{C}$ , no verão, e  $-90^{\circ}\text{C}$ , no inverno. Seus vales e canais de rios secos indicam que no passado, há 3,5 bilhões de anos, havia água líquida em sua superfície. Sua superfície ainda sofre

a ação dos ventos que formam tempestades de areia e movimentam o campo de dunas existente. Marte possui o maior vulcão do Sistema Solar, o Monte Olimpo, com 26 km de altura. Nas suas calotas polares existe água, que junto com o dióxido de carbono forma gelo-seco nos invernos do planeta (CORDANI, 2008; PRESS et al, 2006; HORVATH, 2008).

Marte também foi visitado por sondas e missões-robôs. A primeira sonda a fotografar Marte foi a Mariner-4, em 1964, que descobriu crateras e confirmou a presença de uma atmosfera tênue de gás carbônico. Entre as missões-robôs, a Viking (1976) orbitou e aterrissou no planeta e realizou experimentos biológicos na tentativa de encontrar microrganismos em Marte, porém não encontrou tais evidências. A missão também monitorou o clima e mapeou o planeta com imagens. Já a missão Pathfinder (1997) aterrissou no planeta e levou uma missão rover, ou seja, com veículos pequenos chamados Sojourner, que caminharam pela superfície marciana para analisar o solo ao redor da sonda. A missão retornou com imagens dos dois equipamentos e, também, realizou análises químicas das rochas marcianas, além de estudar o clima do planeta. Atualmente, a China está entre os países que pretende chegar a Marte com sondas espaciais. Em 17 de julho de 2020, o país lançou com sucesso a missão Tianwen-1, que levou um orbitador de observação, que girará em torno do planeta vermelho, um módulo de aterrissagem e um robô por controle remoto, encarregado de analisar o solo marciano (CRONOLOGIA..., 2020; AGÊNCIA FRANCE-PRESSE, 2020).

**Figura 7 - Planeta Marte.**



Fonte: (PLANETAS..., 2020).

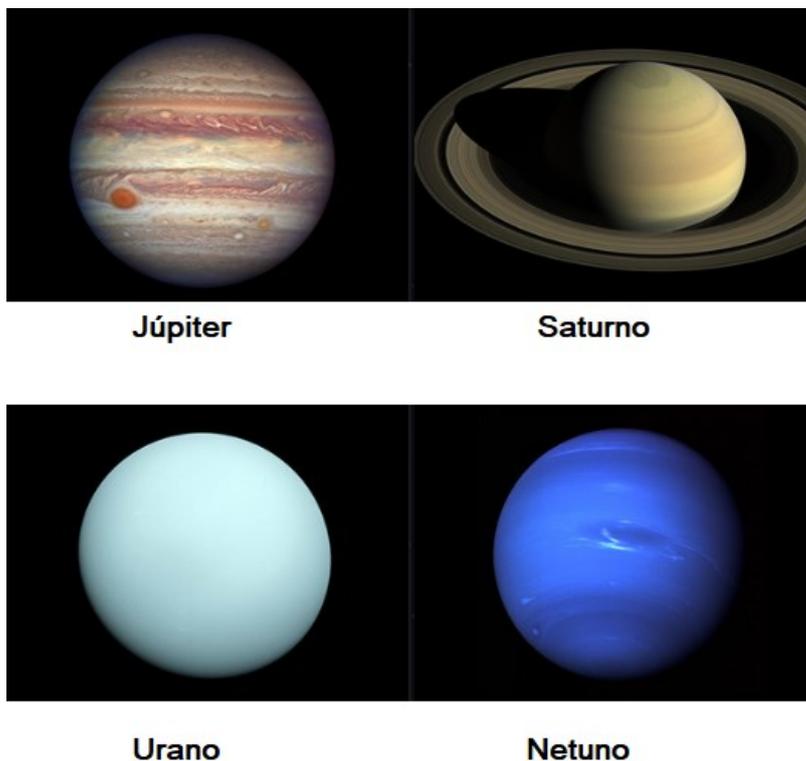
Em 2004, os rovers Spirit, o primeiro rover da NASA, e sua sonda irmã, Opportunity, aterrissaram na superfície de Marte. Estes robôs realizaram e enviaram milhares de imagens da superfície do planeta, realizaram estudos mineralógicos, estudaram o clima e a água no planeta a partir de lugares diferentes de Marte. Ficaram em operação até 2010 (Spirit) e 2018 (Opportunity). Em 2012, foi a vez do Curiosity que recolheu amostras do solo e fez análises físico-químicas. Este rover é o único em operação atualmente na superfície do planeta. Foram os seus dados que indicaram um passado em Marte com água suficiente para dar origem à vida (REIS, 2020).

Em julho de 2020, a NASA enviou para Marte o Perseverance, um rover com um drone dentro dele, o Ingenuity, e ainda, uma caixa chamada Moxie que transforma o dióxido de carbono da atmosfera de Marte em oxigênio. A missão é de busca por compostos com indícios de existência de atividade biológica que serão recolhidos e analisados em uma cratera próxima ao equador do planeta, pois neste local há cerca de 3,5 bilhões de anos existia água em estado líquido. O material recolhido será enviado para Terra em 2026. A previsão de chegada a Marte é em fevereiro de 2021 (FERREIRA, 2020).

### 2.2.2 PLANETAS JOVIANOS

As características dos planetas jovianos (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno) (Fig. 8) são sua baixa densidade corresponderem a esferas de gás comprimido, pressões internas enormes, grande distância do Sol, massas maiores que quatorze vezes a massa da Terra, muitos satélites e anéis e compostos por elementos leves (CORDANI, 2008; OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

**Figura 8 - Planetas jovianos: em ordem de distância ao Sol - Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.**



**Fonte: Adaptado de PLANETAS... (2020).**

Júpiter é composto por hidrogênio, hélio e frações de metano ( $\text{CH}_4$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ). O planeta não possui uma superfície sólida e possui um sistema de anéis. Outra característica do maior planeta do Sistema Solar é a Grande Mancha Vermelha que se assemelha a furacões terrestres, ou seja, é uma mancha vermelha que pode ser observada girando na atmosfera do planeta. Seus principais satélites são alvo de estudos sobre a possibilidade de vida extraterrestre (HORVATH, 2008).

Ainda, segundo Horvath (2008), Saturno possui em sua composição hidrogênio, hélio, frações de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ , água e rochas. O planeta apresenta numerosos satélites, anéis formados por partículas de gelo, rochas de silício e óxidos de ferro. É bem semelhante a Júpiter. E, Urano, tem aproximadamente 15% de hidrogênio, pouco hélio, rochas e outros gelos de  $\text{NH}_3$  e  $\text{CH}_4$ . Também possui anéis e está desalinhado, aproximadamente  $60^\circ$ , em relação ao eixo rotação. Netuno é semelhante a Urano e com um desalinhamento de aproximadamente  $47^\circ$ , em relação ao eixo rotação.

Embora não seja mais considerado um planeta gasoso desde 2006, Plutão, já foi considerado planeta nas fronteiras do Sistema Solar. Ele é muito pequeno e

com superfície sólida que apresenta nitrogênio, metano e outras substâncias congeladas. Plutão foi estudado pela sonda New Horizons, em 2015, que mostrou um planeta com estrutura geológica variada e colorida, diferente da ideia que se tinha sobre o planeta até aquele momento (HORVATH, 2008; MOREIRA, 2016).

### 2.3 METEORÍTICA

A Meteorítica é um ramo da ciência que estuda as amostras de meteoritos conhecidas. Estas amostras são coletadas por expedições a locais onde eles se concentram na superfície (CORDANI, 2008). Estas amostras foram formadas no mesmo período da formação da Terra, 4,5 bilhões de anos (Ga) e de todo o sistema solar. O estudo das informações petrográficas, geoquímicas e geocronológicas destes materiais permite traçar uma linha do tempo com os eventos que ocorreram durante a formação do sistema solar e, possibilitam estudar regiões inacessíveis na Terra e no espaço. Atualmente, existem programas institucionais desenvolvidos por universidades que recuperam meteoritos na Antártica e nos desertos da África e do Oriente. Existem, também, colecionadores que realizam ou patrocinam estas expedições (CORDANI, 2008; CARVALHO; RIOS; SANTOS, 2010).

Os termos meteoróide, meteoro e meteorito diferem em suas definições. Meteoróides são corpos naturais que se movimentam pelo espaço e cujos diâmetros variam de 1mm a 1 metro (são, pois, menores do que os asteróides). Meteoro (ou estrela cadente) é o fenômeno luminoso causado pela passagem de um meteoróide na atmosfera terrestre. Meteorito é um fragmento de meteoróide que caiu sobre a superfície da Terra. Objetos maiores que os meteoróides são os asteróides que são objetos com mais de 10 metros de diâmetro. Aqueles menores que 1 mm são considerados como partículas de poeira (CARVALHO; RIOS; SANTOS, 2010).

A partir do século XIX, a ciência aceitou a origem extraterrestre dos meteoritos, contudo desde a antiguidade existem registros da queda destes objetos. Egípcios, gregos e japoneses estão entre os povos que cultuavam estes objetos como representantes de seus deuses. Outras civilizações antigas aprenderam a utilizar o ferro meteorítico para confeccionar artefatos como armas, instrumentos para agricultura e amuletos. Ernst Chladni, em 1794, propôs a origem extraterrestre do objeto e, em 1795, Sir Edward Charles Howard analisou o meteorito Wold

Cottage (queda testemunhada na Inglaterra) e concluiu que sua natureza era extraterrestre (ZUCOLOTTO, 2014).

No Brasil temos o meteorito Bendegó (Fig. 9), descoberto em 1874 por um garoto ao campear o gado nos sertões de Monte Santo – BA. Em 1886, o imperador Dom Pedro II tomou conhecimento do caso do meteorito e, em 1887, uma comissão foi formada para transportar o meteorito para Salvador. Do local do descobrimento até a estação de trem mais próxima foi uma marcha de 113 km pelo sertão que demorou 126 dias, avançando em média cerca de 900 m por dia. Seguiu os 363 km até Salvador por trem e na estação, foi pesado, verificando-se que tinha 5.360 kg. Hoje ele se encontra no antigo Palácio Imperial na Quinta da Boa Vista no Rio de Janeiro (ZUCOLOTTO, 2014). Zucolotto (2014) explica que, por isso, a história dos meteoritos brasileiros remonta desde 1784, antes do entendimento da natureza extraterrestre dos meteoritos.

**Figura 9 - Meteorito Bendegó - Museu Nacional do Rio de Janeiro.**



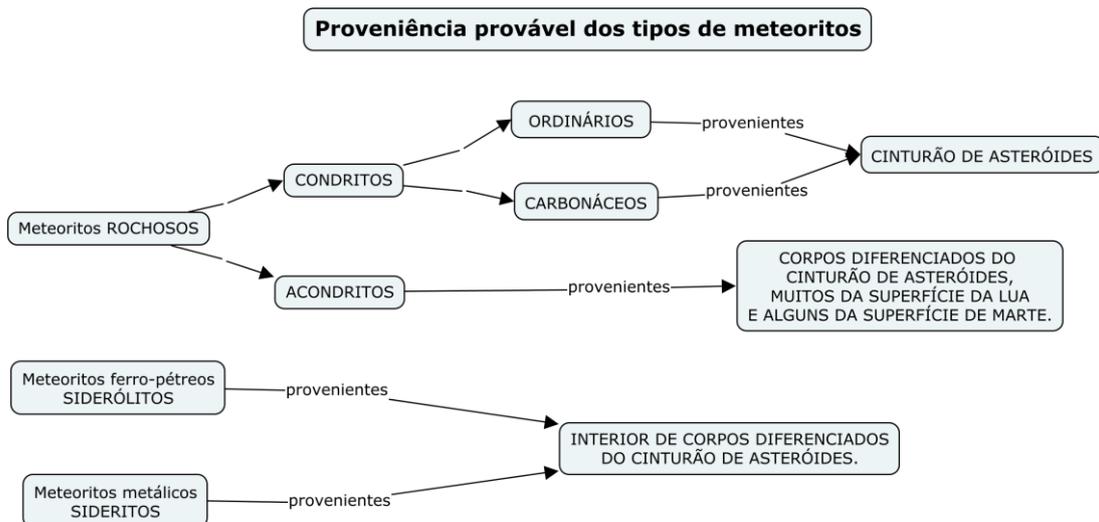
**Fonte: (METEORITO BENDEGÓ, 2020).**

Outros meteoritos caídos ou descobertos no Brasil ficaram famosos como é o caso do meteorito Santa Catarina, descoberto na ilha de São Francisco do Sul, por ser o maior meteorito brasileiro e por conter o maior teor de níquel entre os meteoritos do mundo. O meteorito Angra dos Reis (queda em 1869 na Praia Grande em Angra dos Reis, RJ), possui idade tão antiga quanto à dos condritos, ou seja, o material se cristalizou num interior planetário ainda na época da formação do sistema solar. Este deu origem ao termo “angrito”, uma subclasse rara de meteoritos acondritos por causa de sua composição mineral peculiar (ZUCOLOTTO, 2014).

No Brasil existem cinco crateras de impacto de meteoritos comprovadas em: Araguinha-(GO-MT), Serra da Cangalha-(TO); Riachão-(MA), Vargeão-(SC) e Vista Alegre-(PR) (KAZZUO-VIEIRA et al., 2009). E, ainda, em fase de estudos de caracterização a de Cerro do Jarau (RS), que segundo Philipp et al. (2010) foi caracterizada como de idade correspondente ao pré-Cretáceo.

Cordani (2008) apresenta uma classificação simplificada dos meteoritos. Os meteoritos podem ser rochosos, ferro-pétreos (siderólitos), metálicos (sideritos). Os meteoritos rochosos podem ser divididos em condritos e acondritos, sendo que estes primeiros se dividem em ordinários e carbonáceos. Os meteoritos rochosos condritos ordinários correspondem à maioria das quedas registradas. A figura 10 apresenta um esquema adaptado de Cordani (2008, p.14) sobre as possibilidades de proveniência de meteoritos.

**Figura 10 - Esquema proveniência dos meteoritos.**



**Fonte: Autoria própria.**

Carvalho, Rios e Santos (2010, p.197) explicam que os meteoritos são fontes de informação “sobre os processos de acreção ocorridos na nebulosa primordial que originou o sistema solar, assim como e quando ocorreu a diferenciação dos seus astros”. O estudo destes objetos está repleto de informações sobre o núcleo e manto dos corpos celestes de nosso Sistema Solar, sendo esta a importância de seu estudo analítico. Cordani (2008, p. 15 e 16) concorda explicando que os meteoritos condríticos são os corpos mais primitivos do Sistema Solar e, por

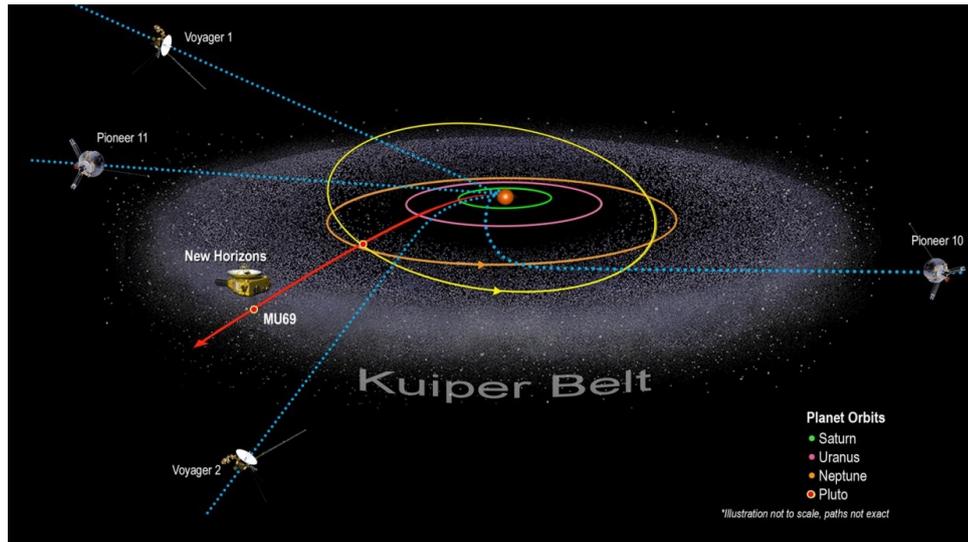
isso, permitem com certa precisão estabelecer a cronologia dos eventos em sua história de formação.

Cordani (2008) explica ainda que a maioria dos meteoritos que caem sobre a Terra é proveniente do Cinturão de asteróides que está localizado entre as órbitas de Marte e Júpiter, em nosso sistema solar (Fig. 11). O motivo para a não formação de planetas por estes asteróides se deve as perturbações gravitacionais causadas pela proximidade de Júpiter.

Neste cinturão, o maior asteróide conhecido era Ceres, porém, em 2006, em uma Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (IAU – Internacional Astronomical Union) novas versões das definições de planetas e planetas anões foram votadas. A partir delas, estão nesta categoria de planeta anão Ceres, Plutão e Éris. Plutão é o maior corpo do Cinturão de Kuiper e é reconhecido como integrante de uma nova classe de Objetos Transnetunianos (OTNs ou TNOs, sigla do termo em inglês) que a IAU denominou de plutóides. Objetos Transnetunianos são objetos que orbitam Netuno (PLUTÃO ..., 2018).

Os Objetos transnetunianos também são chamados de objetos do Cinturão de Kuiper (KBOs), uma região do espaço do Sistema Solar, com formato de um anel contendo corpos gelados, que se estende além da órbita do planeta Netuno. Podemos encontrar no cinturão: cometas de curto período (aproximadamente 200 anos); Plutão e seus satélites naturais; os planetas anões Éris, Makemake e Haumea; entre outros corpos (Fig. 12). É uma vasta região ainda em estudo e com muito para ser descoberto (CINTURÃO..., 2019).

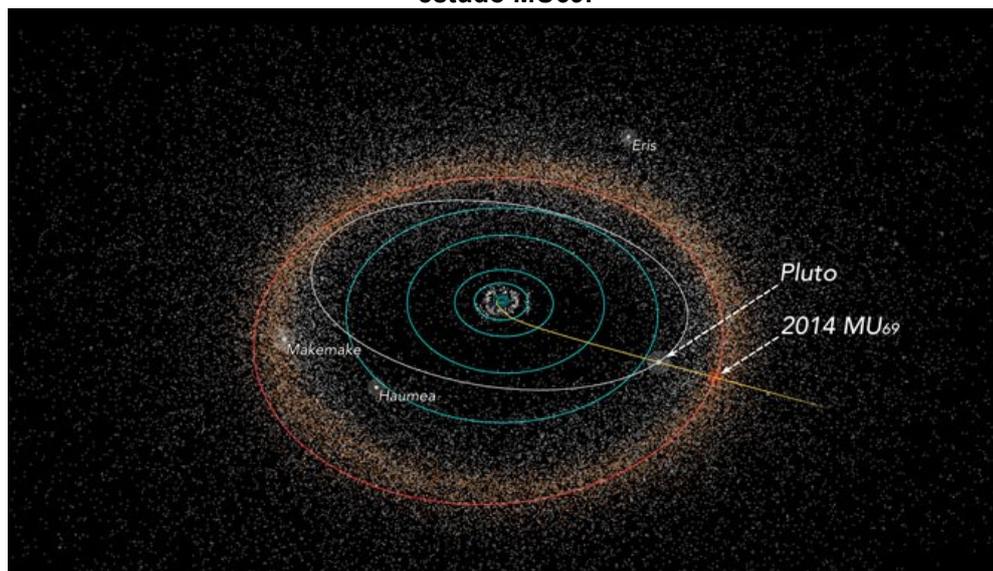
**Figura 11 - Sistema Solar, Cinturão de Kuiper e as sondas que possibilitaram conhecer um pouco mais sobre esta região do espaço.**



Fonte: (CINTURÃO..., 2019).

Arrokoth [ou (486958) 2014 MU69] é o objeto mais distante e primitivo já explorado por uma espaçonave. Ele foi descoberto em 2014 pela equipe de ciência New Horizons da NASA, usando o Telescópio Espacial Hubble. A sonda New Horizons da NASA aproximou-se de Arrokoth em 1º de janeiro de 2019, chegando a 3.538 quilômetros do objeto. Arrokoth é uma amostra bem preservada de como era o sistema solar externo quando se formou, há mais de 4,5 bilhões de anos (ARROKOTH..., 2019).

Figura 12 - Localização dos planetas anões: Plutão, Éris, Haumea e Makemake e o objeto em estudo MU69.



Fonte: Imagem de Alex Parker (CINTURÃO..., 2019).

As informações e imagens contidas nos artigos científicos que analisam estas descobertas científicas podem ser utilizadas para compor importantes materiais para atividades que auxiliem os professores com conteúdos de Astrogeologia no ensino básico.

## 2.4 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Agências espaciais existem em vários países, porém algumas são mais conhecidas que outras, pois têm programas de divulgação científica para o público em geral. Suas atividades envolvem estudos dos mais variados sobre corpos celestes; criação e aprimoramento de telescópios, sondas, satélites, foguetes, naves espaciais e estações espaciais; análises de materiais coletados em missões espaciais, divulgação científica por meio de artigos, imagens, simulações; entre outras.

A NASA é a agência espacial mais conhecida no mundo. O site da NASA (National Aeronautics and Space Administration – organização governamental norte-americana responsável por viagens espaciais e estudos científicos sobre o espaço) faz divulgação da história de suas missões espaciais e das missões espaciais em andamento (sondas, telescópios, rovers). Além disso, são disponibilizadas animações de corpos celestes, imagens capturadas e estudos feitos por meio destas imagens de vários lugares no nosso Sistema Solar, artigos científicos, programas de TV gravados e ao vivo fazendo divulgação das ciências espaciais (SOBRE..., 2020). É uma maneira de entender que a Astronomia é uma ciência dinâmica e que muito está sendo feito para explorar e entender melhor a formação de nosso Sistema Solar e os objetos que fazem parte dele.

A ESA (Agência Espacial Europeia) desenvolve satélites, foguetes, novos veículos espaciais, missões meteorológicas, projetos de telecomunicações, projetos de colaboração em Ciências espaciais e tecnologia desde 1975. Ela possui dezoito países membros, entre eles Alemanha, Áustria e Bélgica. A ESA desenvolve projetos juntamente com outras agências espaciais, como a NASA e também disponibiliza em seu site imagens, vídeos, artigos sobre seus projetos. A ESA Web Tv apresenta uma programação diária e vídeos sob demanda e para profissionais (SOBRE..., 2020).

A Agência Espacial Brasileira (AEB) foi criada em 1994 como órgão central e coordenador dos esforços para promoção da autonomia do setor espacial brasileiro e um conjunto de órgãos faz parte dos executores dos projetos e atividades relacionadas ao Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE). A página da agência é mais informativa. Não tem as mesmas características interativas que as páginas da NASA e ESA. Contudo, disponibiliza apostilas sobre Astronomia, Astronáutica e Meteorologia que utiliza em seus cursos presenciais para escolas e de formação de professores (INSTITUCIONAL, 2016).

Além das agências espaciais, os observatórios também realizam divulgação sobre as ciências planetária e espacial por meio de cursos de extensão, cursos de graduação e pós-graduação, visitas guiadas, momentos de observação do céu para o público em geral, publicação de artigos científicos, entre outras formas.

Criado em 1962, o ESO, o Observatório Europeu do Sul (Fig. 13), “é a mais importante organização europeia intergovernamental para pesquisas em Astronomia e o observatório astronômico mais produtivo do mundo” (SOBRE..., 2016). É financiado pela Áustria, Alemanha, Bélgica, entre outros. Sua missão consiste em fornecer infraestruturas de pesquisa de vanguarda aos astrônomos e astrofísicos. A sede está localizada em Garching, perto de Munique (Alemanha), mas o ESO tem também em funcionamento o Centro de Santiago e três observatórios únicos no Chile: La Silla, Paranal e Chajnantor (SOBRE..., 2016).

**Figura 13 - Observatório Europeu do Sul (ESO).**



**Fonte: (SOBRE..., 2016).**

A página do ESO disponibiliza imagens, vídeos, notícias, descrição dos telescópios e instrumentos, as descobertas realizadas e, também materiais educacionais em várias línguas. Estes são alguns exemplos de fontes para pesquisa e acompanhamento de fenômenos astronômicos. Nestes exemplos se pode entender o desenvolvimento da Astronomia, Astronáutica, Cosmologia, Astrogeologia, e das áreas mais específicas das ciências espaciais como a Planetologia e a Meteorítica acompanhando os estudos atuais sobre os corpos celestes por meio de imagens, de mosaicos feitos com estas imagens, de dados coletados por sondas que estão próximas a estes objetos, enfim, podendo assistir em tempo real o que nosso desenvolvimento científico pode nos proporcionar e esclarecer sobre a história do Sistema Solar.

Há agências espaciais internacionais e nacionais distribuídas pelo mundo, algumas operam apenas satélites artificiais, outras fazem desde lançamento de foguetes de sondagem, lançamentos de satélites, lançamentos de sondas, operam estações espaciais, possuem nave tripulada orbital ou lunar e fazem treinamento de astronautas.

Os grupos de Astronomia amadora também fazem divulgação científica por meio de eventos como observação de astros, encontros de Astronomia nacionais e regionais, cursos, entre outros. Dois destes eventos são: ENAST (Encontros Nacionais de Astronomia) que acontecem anualmente em novembro e o EPAST (Encontro Paranaense de Astronomia). Nestes eventos são apresentadas palestras de pesquisadores renomados, trabalhos acadêmicos, oficinas, minicursos, exposições de pôsteres, astrofotografias, instrumentos, observações telescópicas, apresentações artísticas entre outros (ARAUJO, 2018; 14°EPAST, 2020).

Podemos citar ainda a revista Astronova que é de divulgação científica em Astronomia e gratuita. Sua divulgação é trimestral e seu conteúdo é colaborativo. Participam dela estudantes, professores, astrônomos amadores e profissionais (GUERRA et al., 2020).

## 2.5 ENSINO DE GEOCIÊNCIAS NO ENSINO MÉDIO: O ESTADO DA ARTE

Esta seção traz alguns exemplos de práticas educativas construídas para o ensino de Geociências no ensino médio, buscando entender o estado do conhecimento produzido na área. Um exemplo é o trabalho de Correia (2002) que utilizou imagens de sondas, satélites e telescópios para estudar as características morfológicas do planeta Marte com atividades para o ensino médio. A autora propôs estudar a morfologia dos planetas telúricos (planetas rochosos como a Terra) por meio dos principais processos modeladores da superfície dos planetas: o vulcanismo, o tectonismo, a erosão e o impacto de meteoróides. Reconhecendo as morfologias produzidas por cada um destes processos, mostrou como é possível revelar a história da superfície de um planeta. As atividades foram, em maioria, de observação de imagens de sondas, satélites e telescópios, contudo para o estudo de meteoros sugeriu uma atividade prática de simulação de impacto de meteoro utilizando areia e projéteis redondos. Por meio desta prática, a autora explica que, o aluno pode verificar a relação entre massa do meteoro, tamanho da cratera, movimentação do material da superfície e das rochas de zonas mais profundas, ângulos de impacto, entre outras relações possíveis.

Werb et al. (2020) relatam que utilizaram um meteorito encontrado na comunidade de Caçapava do Sul, em Santa Catarina, para promover a divulgação da Astronomia ligada a Geociências por meio de intervenções junto ao Laboratório de Geociências Espaciais e Astrofísicas (LaGEA), Programa Institucional de Bolsa de Iniciação a Docência (PIBID) e também com a prefeitura municipal deste município. Os bolsistas do PIBID foram instruídos sobre as principais propriedades físicas do meteorito, a importância dos meteoritos para civilizações antigas e como expor o assunto em conferências e feiras de ciências que foram promovidas pela prefeitura do local. Os autores concluíram que, pelo público variado e o interesse e questionamentos promovidos, o intuito de divulgação científica do projeto foi alcançado. O artefato disponível para exposição contribuiu grandemente com a exposição do tema de forma prática e não apenas teórica. Esta iniciativa mostra que eventos diversos podem ser utilizados para divulgação científica. O tema “meteorito” é um assunto que provoca curiosidade e une Astronomia, Geologia e Física podendo ser tratado de forma lúdica e de fácil compreensão.

Sanchez e Garcia (2013) apontam o aspecto do geoturismo associado à temática da Astrogeologia. Nesta abordagem os aspectos de geoconservação, turismo sustentável e relações entre patrimônio material e imaterial juntam-se para

impulsionar o turismo de uma localidade. As autoras citam outras localidades como: a cratera de Ries na Alemanha que é um sítio geoturístico; a cratera de Vredeford, na África do Sul; no Brasil, as crateras de Domo de Araguainha-MT, Vista Alegre-PR e Domo do Vargeão-SC como importantes georroteiros para preservação destas feições geológicas excepcionais. O alvo de estudo das pesquisadoras foi a cratera de impacto da região de Cerro do Jarau, município de Quaraí, no oeste do Rio Grande do Sul. Trata-se de um geosítio em uma região que tem sido alvo de estudos arqueológicos diversos que buscam registros importantes de sua história recente (artefatos indígenas, locais que serviram de abrigo na Guerra dos Farrapos) e possui lendas associadas diretamente à paisagem (lenda da Salamanca). O local recebe excursões de campo de escolas em busca de atividades ligadas ao estudo do meio e à Educação Ambiental. No caso de Cerro de Jarau, estas atividades turísticas e de Educação Ambiental garantem a preservação do local para continuidade das pesquisas científicas no geosítio. E as autoras reforçam a importância da preservação deste tipo de registro de tempo geológico para compreensão dos processos evolutivos da Terra.

Marques et al. (2019) abordaram a Astronomia por meio de aplicativos e citaram a Carta Celeste, o Star Walk e o Stellarium como possibilidades. Estes três programas mostram o céu, as constelações, especificações das estrelas, possibilitam analisar o céu no passado e no futuro, movimento do Sol, chuvas de meteoritos, entre outras possibilidades. Sua análise específica envolveu o Stellarium considerado pelos autores o mais acessível e completo para o estudo de Astronomia. Contudo, estes aplicativos permitem basicamente localizar estrelas, planetas e constelações. Para visualizar uma chuva de meteoros, por exemplo, é necessário saber a data e hora do fenômeno.

Cabral (2001) realizou uma sequência de atividades em que utilizou imagens da Lua para analisar crateras, práticas para medir distância da Terra a Lua, histórias em quadrinho para explicar a refração atmosférica. Também o poema “Os Lusíadas”, de Camões, foi utilizado para fazer uma análise dos movimentos da Lua e da Terra nele descritos, entre outras práticas e atividades.

Neitzel (2006) elaborou oito aulas partindo da história da Astronomia e da Astrobiologia e seus conceitos. Nas aulas de 6 a 8 introduziu a Cosmologia, a formação das galáxias, surgimento da Terra e da vida, a Panspermia e, incluiu uma discussão sobre as possibilidades de vida em outros planetas e satélites do nosso

Sistema Solar, citando o meteorito com possíveis fósseis marcianos, encontrado na Antártida, o ALH84001. Ainda, o autor fez uma abordagem utilizando textos científicos, o filme “Contato”, pesquisas na internet e discussões com os alunos sobre os temas. Realizou um pré-teste e um pós-teste para avaliar se houve ou não aprendizagem significativa e finalizou o projeto com uma visitação ao planetário da cidade de Vitória/ES. O autor pontuou a adequação da linguagem técnica e específica para algo ao nível da sala de aula. A escolha dos textos científicos e outros meios utilizados precisam considerar o nível do público alvo. Concluiu que a maneira como introduziu os temas e a sequência que escolheu promoveu interesse e entendimento sobre os temas abordados.

As pesquisas e estudos de caso envolvendo ensino e as áreas de Planetologia e Meteorítica são raros. As apresentadas neste estudo mostram como estas áreas são pouco exploradas na Educação Básica e evidenciam, também seu potencial como temas multidisciplinares.

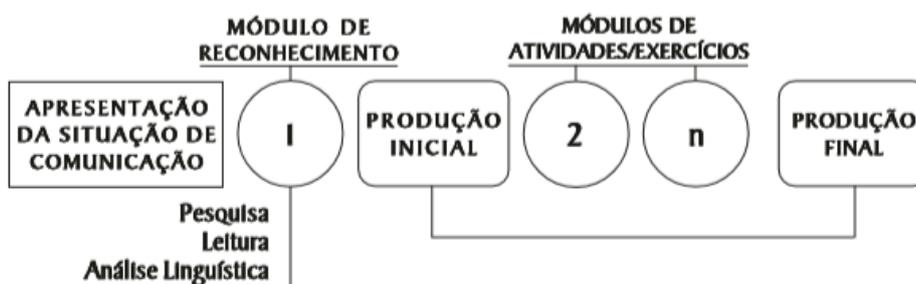
### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo classifica-se como uma pesquisa qualitativa de levantamento de dados sobre Astrogeologia, especificamente sobre Planetologia Comparada e Meteorítica, visando a elaboração de uma sequência didática para estudantes do ensino médio.

A sequência didática é, segundo Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004), definida como o “conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito”, com finalidade de “dar acesso aos alunos a práticas de linguagem novas” (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 97 - 98).

Uma sequência didática pode explorar produções (textos, vídeos, entre outros) com linguagem científica e a elaboração de atividades, pelos alunos, também utilizando esta linguagem. Nos desenvolvimentos de Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 98), a sequência didática apresenta quatro etapas: apresentação da situação, produção inicial, módulos e produção final. Já Swiderski e Costa-Hübes (2009, p.120) reelaboraram esta sequência conforme a Figura 14 abaixo, incluindo um módulo de reconhecimento do gênero. Deste modo, o aluno entra em contato com o tipo de texto ou linguagem que se quer abordar por meio de pesquisa, leitura e análise linguística antes da produção inicial. Nos módulos de atividades, o professor pode direcionar suas estratégias de ensino e aprendizagem para que o aluno perceba melhor os elementos que constituem os materiais utilizados. A sequência didática pode ser aplicada em módulos bimestrais, trimestrais ou pode ser executada durante o período letivo integral.

Figura 14 - Esquema da sequência didática adaptada por Costa-Hübes



Fonte: (SWIDERSKI; COSTA-HÜBES, 2009, p. 120)

Esta pesquisa se iniciou com o procedimento da pesquisa bibliográfica, que segundo Cervo e Bervian (1983, p. 55), “busca reconhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema”. Silveira e Córdova (2009, p.31 e 32) explicam a pesquisa qualitativa como aquela “que se preocupa com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, organização”, “[...] processos e fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis”, “[...] busca explicar o porquê das coisas”, “[...] trabalha com o universo dos significados”.

Como instrumento de coleta de dados, foi realizada a busca bibliográfica por meio de fontes distintas (publicações periódicas como artigos científicos indexados, documentos eletrônicos e impressos de alta confiabilidade como de institutos de pesquisa e universidades), bem como pela coleta documental que utiliza materiais que ainda não receberam tratamento analítico, que são aqueles considerados de primeira mão (DUARTE, 2020).

Em seguida foi realizada a análise de conteúdo dos materiais selecionados na pesquisa, cujo produto consistiu na seleção de textos introdutórios (livros, artigos ou textos produzidos exclusivamente para esta sequência), vídeos explicativos, documentários e atividades de produção de mapas conceituais, mentais e infográficos.

E este processo norteará a produção do aluno que, no caso deste produto, serão os mapas conceituais, mentais e infográficos envolvendo Planetologia comparada e Meteorítica. No presente trabalho utilizou-se a missão OSIRIS-REx como tema para elaborar a sequência didática, conforme descrito nas etapas a seguir.

## 4 RESULTADOS

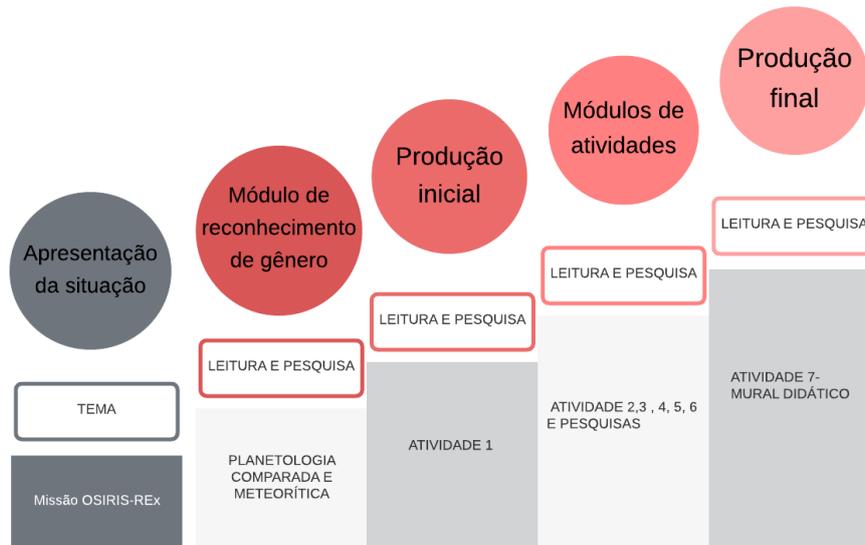
A proposta para a sequência didática foi a escolha de uma missão espacial em andamento, a OSIRIS-REx, que tem como objetivo chegar ao asteroide Bennu, estudá-lo e retornar à Terra com amostras. Este trabalho propõe o acompanhamento da evolução da missão, através de informações disponíveis nas páginas eletrônicas das agências espaciais e parceiros, neste caso a NASA e a Universidade do Arizona (EUA). A partir das informações disponíveis, foram escolhidos temas associados para se discutir com os alunos e montar atividades numa sequência didática.

A aplicação da sequência didática proposta neste estudo foi iniciada com os estudantes durante o desenvolvimento do ensino remoto para a série do 2º ano do ensino básico na disciplina de Física, na Escola Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco, do município de Pinhais-PR. A atividade ainda não foi concluída devido a não realização ou participação por parte dos alunos, o que pode ter ocorrido por diversos motivos relacionados à pandemia do COVID-19, no contexto do ensino remoto. O período de execução é o ano letivo de 2020.

Sobral (2020) questiona se estávamos preparados para o ensino à distância nestas condições. Assinala pontos importantes para entendermos a situação do ensino, quais sejam: nem todos os alunos têm acesso à internet ou aparelhos eletrônicos para fazê-lo; nem todos os pais estão preparados para acompanhar a aprendizagem e motivar seus filhos a estudar; as escolas não receberam investimentos para plataformas adequadas; professores não receberam capacitação ao nível de competências tecnológicas e de estratégias de ensino-aprendizagem para os níveis fundamental e médio. Sobral (2020) considera que há muito tempo o ensino à distância merecia estratégias mais assertivas e que funcionassem para todos os tipos de situação, ou seja, este ponto em particular não precisaria de uma pandemia para rumar para ações mais eficazes.

As etapas da sequência didática proposta no presente estudo estão apresentadas na figura 15 abaixo:

**Figura 15 - Sequência didática desenvolvida no presente trabalho.**

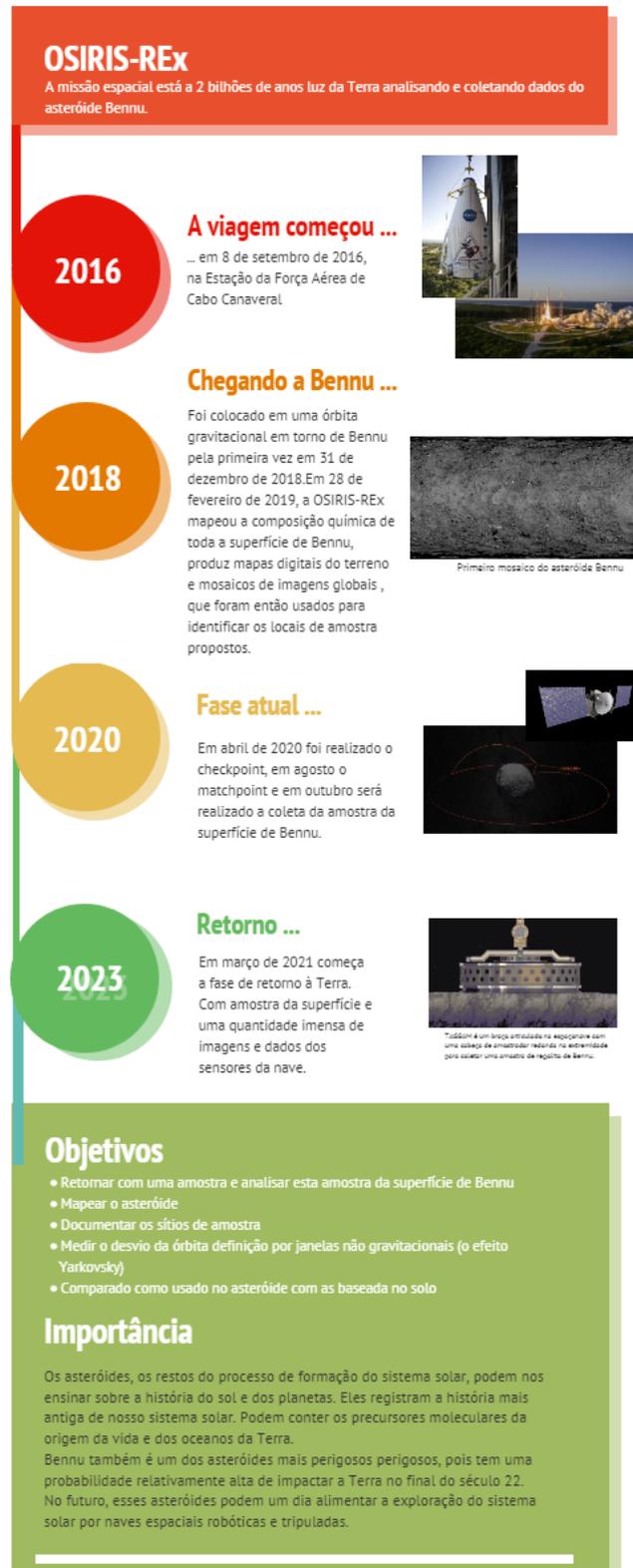


**Fonte: Autoria própria**

**1) Apresentação do tema (Apresentação da situação de comunicação)**

O tema escolhido, que instigará as pesquisas sobre Planetologia comparada e Meteorítica, foi o asteróide Bennu e a missão OSIRIS-REx. A ideia é conhecer a história da missão e começar a acompanhá-la por meio das atualizações na página da missão. Por meio de um infográfico (Fig. 16) ou de mapas mentais pode-se fazer uma introdução e discussão básica sobre a missão espacial escolhida, como na Figura 16. O aluno deve acessar a página e explorar suas seções.

Figura 16 - Exemplo de infográfico para apresentação do tema.

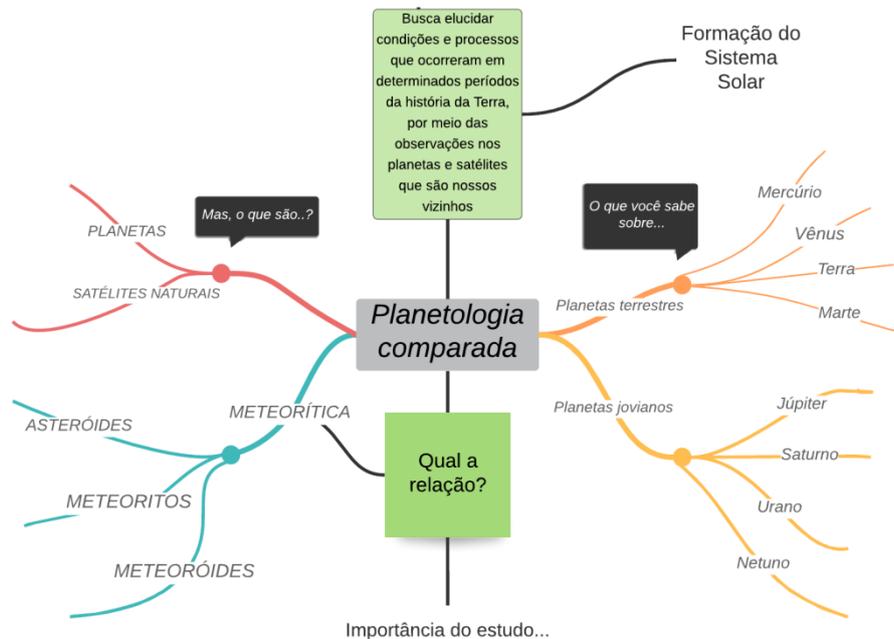


Fonte: Autoria própria.

## 2) Pesquisa/Leitura (Módulo de reconhecimento)

PESQUISA E LEITURA 1 - Para entender a importância dos estudos em Planetologia Comparada e Meteorítica é necessário ler e pesquisar sobre o alvo de estudo de cada área. Este material de leitura foi elaborado a partir dos textos básicos de Astronomia e Geologia, como os textos de referência utilizados no capítulo 2 deste estudo. Mapas conceituais ou mentais também foram elaborados pela professora para conduzir as discussões sobre os temas, conforme pode ser verificado na figura 17.

Figura 17 - Exemplo de mapa mental para exposição ou discussão dos temas propostos.



Fonte: Autoria própria

## 3) Produção inicial

PESQUISA E LEITURA 2 - As primeiras produções são infográficos com os temas: evolução estelar, formação do Sistema Solar, formação do Sistema Terra-Lua, tipos de meteoritos. Estes infográficos podem ser realizados com o auxílio de plataformas ou aplicativos - como o Canva ou o Infogram – ou, ainda utilizando um editor de texto – como Word. Neste momento é importante que o estudante utilize as

imagens para entender e descrever os processos. As produções devem ser socializadas e debatidas pelos estudantes. Este momento reforça o entendimento dos temas iniciais e as dúvidas podem ser tiradas pelo próprio grupo. Assim é possível trazer o foco para o entendimento feito pelos estudantes.

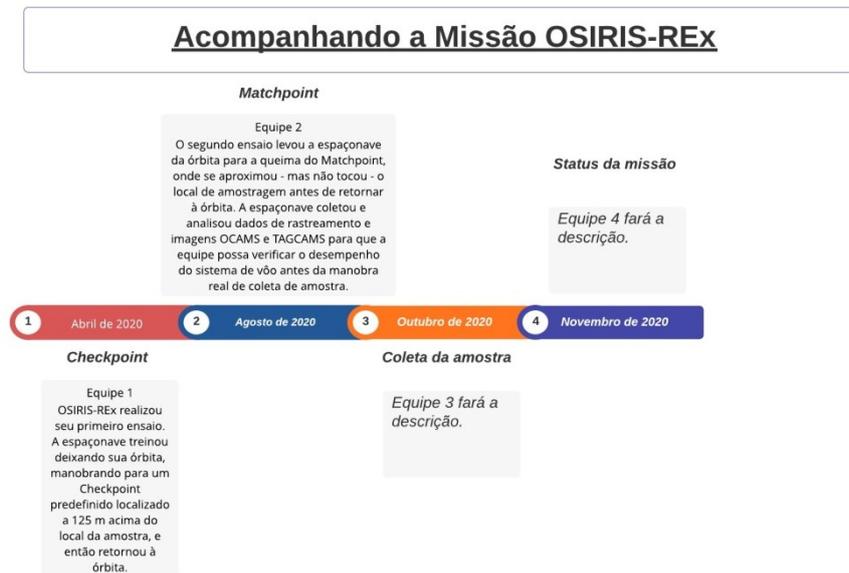
**ATIVIDADE 1:** Pesquisar sobre como acontece a Evolução estelar, que teoria explica a formação do Sistema Solar, que teoria explica a formação do Sistema Terra-Lua, quais são os tipos de meteoritos. Elaborar um infográfico ou um mapa mental descrevendo e relacionando estes temas.

#### 4) Atividades/Exercícios

**ATIVIDADE 2** - Visitar a página da missão OSIRIS-REX (<https://www.asteroidmission.org/>) e explorar suas seções (Visão geral, Imagens, Vídeos e Recursos de Mídia). Fazer o seu infográfico com as informações sobre a missão (objetivo, duração, importância, imagens de Bennu, entre outras). Infográficos realizados em plataformas específicas, como Infogram, permitem publicar uma página na internet com o infográfico do exemplo da Figura 16.

**ATIVIDADE 3** - A atividade principal é o acompanhamento das fases e dos dados da missão. Isso pode ser feito por grupos de alunos, que revezarão mensalmente, e ficarão encarregados de repassar as atualizações da missão para os demais da turma. Esta comunicação pode ser realizada por meio de exposição oral, cartaz com ilustrações, apresentações de infográficos (Fig. 18), apresentação de Power point, ou outro meio que o grupo achar mais eficiente para reportar as informações daquele momento. Após a exposição, um momento de debate deve ser proporcionado com a finalidade de entender o progresso da missão, suas implicações e suas relações com a Planetologia comparada e a Meteorítica.

**Figura 18 - Exemplo de apresentação de acompanhamento da missão por meio de infográfico tipo linha do tempo.**



**Fonte: Autoria própria.**

**ATIVIDADE 4** - Questionários para avaliar o entendimento dos primeiros temas trabalhados (evolução estelar, formação do Sistema Solar, formação do Sistema Terra-Lua, tipos de meteoritos), como pode ser verificado no quadro 1. Poderá acontecer em forma de formulários online que apresentem o feedback imediatamente após sua realização, contendo links para outros materiais (artigos, simulações, vídeos, reportagens de outras missões). Na impossibilidade de questionários online, pode-se realizar uma cruzadinha contendo os conceitos principais; cartazes apenas com imagens e discussão dos processos, questões feitas oralmente para a turma debater e relembrar os processos pesquisados.

**Quadro 1 - Questionário Atividade 4**

<u>Questões do questionário:</u>
a) Que teoria explica o surgimento do Universo? Como ela descreve este surgimento? b) Como o nosso Sistema Solar surgiu? c) O que são: planetas, planetas anões, asteróides, meteoróides, cometas, estrelas. d) Você sabe o que são e de onde vêm os asteróides e meteoróides? e) Qual a importância do estudo de corpos celestes distantes da Terra, como os asteróides?

**Fonte: Autoria própria**

PESQUISA E LEITURA 3 – Crateras de impacto: Pesquisa sobre as crateras de impacto mais conhecidas na Terra, e no Brasil. Em grupos, os estudantes pesquisam sobre algumas das crateras localizadas na Terra e na região em que moram. Apesar dos processos que apagam estas evidências como a tectônica de placas, vulcanismo, orogenia, intemperismo e ação da própria vida no planeta Terra, existem crateras de impacto conhecidas e que podem ser estudadas. Como exemplos:

- a cratera Chicxulub, na península do Yucatán, que se formou há 65 milhões de anos no final do Cretáceo (dizimou cerca de 60% das espécies do planeta, incluindo os dinossauros e os pterossauros);
- cratera do Meteorito que está localizada perto da cidade de Winslow, no estado do Arizona, Estados Unidos;
- cratera de Vista Alegre, em Coronel Vivida, no oeste do estado do Paraná;
- a cratera de Araguinha, região atingida no início do período Triássico, que está localizada entre Mato Grosso e Goiás que levou à extinção de cerca de 90% das espécies de seres que habitavam o planeta;
- cratera do Vargeão ou Domo do Vargeão na região centro-oeste do estado de Santa Catarina (HUNDSDORFER, 2017; LEMOS, 2018; KAZZUO-VIEIRA et al., 2009). Outras crateras de impacto podem ser sugeridas conforme o número de grupos de estudantes.

**ATIVIDADE 5** – A partir de imagens de crateras de impacto e de crateras vulcânicas, em grupos, os estudantes apresentarão as conclusões sobre as diferenças entre estes dois tipos de crateras e os vestígios de cada caso. Podem ser utilizadas imagens da Lua ou outros planetas terrestres contendo os dois tipos de crateras para análise. Sugere-se que a atividade seja realizada em Laboratório de informática para pesquisa dos vestígios de cada tipo de impacto e utilizando o Google Earth. A apresentação será por debate em grupo das conclusões.

**ATIVIDADE 6** – Questionário online sobre os temas debatidos nesta fase com feedback imediato (Quadro 2). Jogo confeccionado pelos alunos para jogar em sala de aula (Fig 19).

**Figura 19 - Jogo Tapa certo adaptado de Gritti (2014): modelo de descrição e imagem para o jogo utilizando as hastes com ventosa.**



Fonte: Aatoria própria

Materiais para o jogo: cartolinas cortadas quadradas no tamanho de 3cm x 3cm, cartolinas cortadas em círculos com 3cm de diâmetro, jogo tapa certo (apenas hastes com ventosas). Preparação: cada aluno ficará encarregado de trazer uma imagem colada na cartolina circular e a descrição dela na cartolina quadrada. As imagens devem estar relacionadas com os temas desenvolvidos até o momento, como: missão OSIRIS-Rex, formação do Sistema solar, formação da Terra, meteoros, tipos de crateras, entre outros. Com estas imagens e descrições pode-se jogar seguindo as regras do jogo tapa certo. Regras: distribuir as cartolinas quadradas com as descrições para cima em uma mesa; fazer um monte com as cartolinas circulares e que deixe as imagens para baixo; escolher um participante para começar; ele virá a imagem e todos procuram a descrição; o participante que achar bate com a 'mão' (haste com ventosa) na descrição; outro participante vira outra imagem e assim por diante; ganha quem conseguir localizar mais descrições e pegar a descrição batendo com a 'mão' sobre a ela.

#### Quadro 2 - Questionário Atividade 6

##### Questões do questionário:

- a) Qual a diferença entre crateras de impacto e crateras vulcânicas?
- b) Que tipo de crateras pode-se encontrar na Lua?
- c) Que informações podem-se conseguir com o estudo de crateras de impacto?
- d) Cite os vestígios de uma cratera vulcânica.
- e) Cite os vestígios de uma cratera de impacto.
- f) Cite um exemplo de cratera vulcânica e um exemplo de cratera de impacto na superfície da Terra. Inclua imagens.

Fonte: Aatoria própria

## 5) Produção final

**ATIVIDADE 7 – Mural didático:** Nesta atividade sugere-se a seleção de imagens, palavras-chaves e pequenos textos envolvendo a missão OSIRIS-REx e os conteúdos de Planetologia e Meteorítica estudados durante o período de acompanhamento da missão. Cada grupo trará sua contribuição e o mural poderá ser montado em sala de aula, em espaço específico para apresentação de trabalhos na escola. A dinâmica da realização do mural parte da conversa sobre os pontos principais do estudo e suas relações com a missão, sendo que, cada grupo vai acrescentando sua colaboração em imagens, conceitos e pequenos textos. Esta atividade poderia ser realizada em ambiente online com o auxílio de plataformas interativas simultâneas - como o aplicativo Jamboard do Google que é uma tela interativa e colaborativa (Fig. 20). Nesta tela, professor e alunos podem incluir textos, imagens e notas explicativas de forma colaborativa podendo acontecer de maneira síncrona ou assíncrona.

**Figura 20 - Exemplo Jamboard como mural didático.**



**Fonte: Autoria própria**

O tempo de acompanhamento da missão escolhida pode variar e o número de atividades propostas também. O importante é escolher o nível de aprofundamento para as especificidades das turmas envolvidas. Esta sugestão de sequência didática poderia ser aplicada como um projeto multidisciplinar que ocorreria no período de um ano, por exemplo, envolvendo turmas de ensino

fundamental II e médio e professores de outras disciplinas, a depender da abordagem.

No momento as missões a Marte têm ocorrido em significativo número e realizadas por vários países e agências espaciais e são, portanto, um grande estímulo para o desenvolvimento de sequências didáticas envolvendo este assunto. As áreas de Planetologia comparada e Meteorítica têm muito a acrescentar no entendimento da formação do nosso Sistema Solar e na compreensão de mundos fora dele.

## 5 DISCUSSÃO DAS POTENCIALIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com a descrição de sequência didática no modelo de Swiderski e Costa-Hübes (2009) os níveis de aprofundamento no estudo vão gradualmente aumentando. Estes níveis podem ser adaptados e podem sofrer modificações ao longo do processo. Com as atividades e debates em grupo garante-se a análise do processo e do discurso dos estudantes sobre os temas e, assim, as intervenções pedagógicas que forem necessárias serão realizadas a cada momento do processo.

O tema principal, que é a missão em desenvolvimento, garante a curiosidade sobre os temas relacionados, que por si só trazem aspectos de interesse para a maioria das pessoas, já que desperta a curiosidade pelo desconhecido (NEVES et al., 2008). O entendimento da Ciência como algo em desenvolvimento constante é reforçado pelas leituras e debates de temas atuais, sendo estes temas promotores de engajamento (SASSERON; DUSCHL, 2016).

A transformação das pesquisas e leituras em forma de composição de imagens, infográficos, jogo e mural favorece uma aprendizagem protagonizada pelo estudante (GONÇALVES, 2013; COUTINHO; LOPES, 2011, CADENA; COUTINHO; ANDRADE, 2012). A troca de ideias sobre os temas e as maneiras diversas de apresentação que podem ocorrer pela escolha dos estudantes também favorecem a aprendizagem significativa dos temas. As análises das pesquisas propostas podem mostrar a necessidade ou não de adaptações para inclusão ou exclusão de partes da sequência.

Cardozo et al. (2015) realizaram um jornal mural com turmas de 6º ano, sobre Educação Ambiental, concluindo que o desenvolvimento deste tipo de atividade contribui com a reflexão sobre o tema, com as habilidades de escrita e leitura dos estudantes e com a atribuição dos temas a contextos contemporâneos.

Adicionalmente, como explica Costa (2012, p.8), nos “murais didáticos, as informações são organizadas e sistematizadas com o objetivo maior de possibilitar aprendizagem” por meio da socialização do conhecimento. Eles podem ser apresentados de várias maneiras e dependem do repertório linguístico e de conhecimentos prévios. Costa (2012) acrescenta ainda que os murais dão visibilidade aos conhecimentos produzidos pelos estudantes e podem ser utilizados para divulgar os trabalhos realizados para pais e comunidade escolar. Eles podem

ser utilizados em eventos comunicativos como feiras de conhecimento e funcionam como canais visuais da comunicação.

Outro apontamento de Costa (2012) são os procedimentos de interpretação dos gêneros linguísticos. Nesta pesquisa os temas de Astrogeologia são introduzidos e discutidos por meio de artigos, textos e vídeos com linguagem científica que serão transpostos para o mural. Esta transposição é o resultado de um objetivo comunicativo e do contexto de sua produção. Costa (2012) reforça a necessidade de um planejamento da estrutura do mural, dos temas de cada grupo, o que compreenderá a parte verbal e não verbal para se atingir o objetivo de ser atrativo e informativo.

As mídias atualmente valorizam os recursos imagéticos e, a produção textual contemporânea envolve imagens, sons e movimentos que estabelecem novos sentidos. Por isso, com as escolhas do layout de um mural podem-se direcionar o entendimento do assunto para o espectador/leitor desta produção. Cores de letras, formas de dispor o conteúdo e as imagens devem atrair a atenção do espectador/leitor deste tipo de trabalho (Costa, 2012).

Sendo assim, a produção do mural didático pelos estudantes evidencia este processo educativo em etapas de construção do conhecimento, que partirá de uma situação real e em desenvolvimento (Missão OSIRIS-Rex) e, seguirá pelas aplicações e implicações por meio do estudo das áreas de Planetologia comparada e Meteorítica que são pouco exploradas no ensino fundamental e médio.

Coutinho e Lopes (2011) explicam que apesar do livro didático ser reconhecido como fonte de conteúdo e imagens, a inclusão de outros materiais enriquece a discussão sobre o conteúdo e promove entendimento dos assuntos relacionados. Os autores apontam a migração das formas de comunicação da sociedade da forma textual para imagética nas suas expressões comunicativas, informativas e instrucionais como o fator que demanda ações no sentido de incluir as imagens utilizando ferramentas tecnológicas, promovendo uma alfabetização em informação e mídia centrada no estudante, como é o caso da proposta de sequência didática do presente trabalho que oferece em suas atividades este contato com materiais de divulgação científica sobre a missão OSIRIS-Rex, sobre o asteroide Bennu e as fases da missão em formato de vídeo, infográficos, lives e animações realizadas pelos responsáveis da missão e os responsáveis pela divulgação dos dados nas páginas da missão e nas mídias sociais.

Gonçalves (2013) fez uso de produção fotográfica pelo estudante para promover modos de percepção diferenciados do conteúdo e do ponto de vista do estudante. A autora enfatiza o processo de autoria como um fator que potencializa a aprendizagem por meio da autonomia e responsabilidade do estudante sobre sua produção. A sequência didática aqui proposta visa o compartilhamento da produção dos conhecimentos pelos estudantes e o debate com o grupo favorece uma aprendizagem na convivência e, por consequência, as análises das imagens permitem aprofundar os temas fazendo ligações com o mundo do estudante, como argumenta Gonçalves (2013).

Sobre o tema escolhido, a missão OSIRIS-REx e suas contribuições para a abordagem de temas em Planetologia comparada e Meteorítica, percebe-se uma grande potencialidade, pois como explica Horvath (2008), as missões espaciais conseguiram mudar nossa visão sobre os planetas e, ainda, Marte que tanto despertou nosso interesse em séculos anteriores está cada vez mais próximo com todas as missões que têm estudado o planeta. Já “os asteróides são “laboratórios” naturais para observar uma série de efeitos gravitacionais” (HORVATH, 2008, p.69) e que há muita informação científica para se extrair deles. O autor lembra também que há tempos o ser humano busca identificar no céu indícios de vida fora da Terra, que a Astrobiologia é outra área que busca planetas do tipo terrestre e zonas planetárias habitáveis.

Cordani (2008) explica que depois das indicações fornecidas pelo meteorito ALH84001, um meteorito SNC (tipo shergotitos-nakhlitos-chassignitos, composição mineralógica basáltica e com 1 bilhão de anos) considerado proveniente de Marte e com indicações de possível atividade biogênica, nossa curiosidade só aumentou, assim como as intenções de mais missões espaciais para coletar amostras de gases, solos e rochas.

Miranda et al (2015) concluíram, do seu projeto sobre Astronomia cujo o tema foi lixo espacial com enfoque nas discussões de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que existe uma deficiência nas informações sobre Astronomia, principalmente a temática que escolheram, prejudicando as concepções dos estudantes sobre o tema. Os autores concluíram, também, que os estudantes não relacionam de forma contextualizada e crítica a Ciência, a Tecnologia e os impactos na sociedade. Por isso, para os autores, a alfabetização científica e dentro do enfoque CTS se faz necessária para a formação cidadã dos estudantes.

Trabalhar com as missões espaciais permite a união das disciplinas em um projeto interdisciplinar e, assim, várias perspectivas estarão discutindo a alfabetização científica utilizando este universo de dados em forma principalmente de imagens. Inclusive as atividades ficariam mais diversificadas com o trabalho colaborativo de vários professores.

Gil (2013) discute as formas de produção de conhecimento na sociedade atual e o uso da tecnologia. A autora aponta a forma simplista do conhecimento favorecida pelas divisões das áreas científicas como um dos fatores que impedem o processo de aprendizagem. No entendimento da autora, a educação é um campo multidisciplinar que deveria refletir sua composição variada, buscar a manifestação da criatividade como um fenômeno de grupo sendo a participação individual parte do processo e, incorporar uma gama diversificada de interesses (intelectuais, sociais, econômicos e políticos).

A escola precisa ser um lugar no qual o aprendizado é para o momento e para continuar aprendendo ao longo da vida (Gil, 2013). A autora lembra também que a aprendizagem acontece quando existe envolvimento com os temas, com contextos de colaboração, em investigações, relacionando com o cotidiano, quando exploramos temas desconhecidos, quando compartilhamos nossas descobertas. Esta ainda pontua que centrar a aprendizagem no estudante ou na aprendizagem e conhecimento, favorece o ensino, pois considera os significados construídos pelos estudantes, busca os tipos de informação e atividades que auxiliam os estudantes, utiliza a avaliação como meio de realimentação e revisão e, possibilita a ponte com o conhecimento escolar construindo caminhos para novos entendimentos.

Os aspectos citados nos trabalhos acima são contemplados nesta sequência didática e poderiam ser mais abrangentes em um formato de projeto inter/multidisciplinar. Mesmo assim, colabora para uma alfabetização científica. A sequência didática pode apresentar dificuldades se não for planejada para um grupo específico. É necessário estar ciente dos materiais e locais disponíveis para a realização das atividades, bem como da situação dos estudantes quanto ao acesso à tecnologia. Outro fator é o Plano de trabalho docente (PTD), as sequências ou a sequência didática deve estar prevista nele com as informações coletadas até aquele momento. O professor deve estar atento ao tema, mas as atividades precisam estar em constante adequação e, se possível, elaboradas colaborativamente com outros professores.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retornando a primeira questão deste estudo: Como estas descobertas afetam nosso entendimento dos processos evolutivos terrestres? A Planetologia comparada e a Meteorítica, bem como, as áreas afins a que pertencem, mostram a curiosidade do ser humano sobre sua origem.

Quando se visita as páginas das agências espaciais: missões para planetas, para o Sol, asteróides e para além do Sistema Solar. Mais técnicas estão sendo aprimoradas para se conseguir estes dados de objetos tão distantes da Terra e, também, para confirmar os dados que temos sobre a própria Terra. Têm-se ainda os estudos sobre as crateras de impacto na Terra e sua localização difícil devido aos processos que moldam a Terra. O ser humano tem muitas perguntas sobre sua origem e sua condição, aparentemente, única no Universo.

Em função disso se encontram variados materiais de divulgação científica e que podem ser utilizados para sequências didáticas. A produção científica é enorme, mas a produção na área de ensino de Astrogeologia não. A base teórica, no que diz respeito às definições e história limitam-se aos livros universitários básicos das áreas. Contudo, os materiais de divulgação produzidos para as missões espaciais são muito ricos em formatos e conteúdo e, assim, podem ser utilizados diretamente ou compor outros materiais elaborados a partir deles. As áreas de Planetologia comparada e Meteorítica, atualmente, desenvolvem estudos que são amplamente divulgados e podem ser acompanhados também por pessoas leigas, como é o caso das missões a Marte, e outros planetas de nosso Sistema solar e as missões para asteróides, como Bennu. Revistas, como a Astronova, que apresentam textos de fácil leitura e compreensão podem ser usados para promover este encontro do aluno com a Ciência.

No desenvolvimento deste estudo textos e artigos que não tratavam do tema Astrogeologia, mas apresentavam possibilidades metodológicas ou de atividades serviram para pensar as atividades da sequência didática de maneira que possibilitassem discussões e reflexões dos temas pelos alunos. Um exercício de pensar o tema dentro de uma metodologia .

A segunda questão era: Pensando na alfabetização científica dos estudantes do ensino básico e na inter/multidisciplinaridade, que atividades poderiam ser

propostas para que o jovem da era da informação se aproprie deste conhecimento científico? A resposta é o desenvolvimento de atividades que levem o estudante a explorar os conhecimentos científicos por meio do que está acontecendo neste momento em termos de missões espaciais, para que seja palpável a apropriação do conhecimento pelos alunos. Assim pode-se aproveitar para abordar outros temas relacionados e dentro de um enfoque de Ciência, tecnologia e sociedade. Não é só saber que algo existe, mas entender os porquês e as implicações da ciência feita nos dias atuais.

Asteróides são objetos que podem ser desviados de suas trajetórias por objetos próximos a eles, que podem atingir a Terra com efeitos devastadores, por isso, quando um aluno visualiza sua posição no nosso Sistema solar, sua trajetória, detalhes de sua estrutura e tamanho por meio de simulações o entendimento é outro e abre-se uma porta para as discussões das implicações, o aluno quer saber aquele assunto, diferente de precisa saber para prova. Esta é a importância de materiais complementares diversificados. Outro exemplo de material são os eventos ao vivo das fases da missão que são transmitidos pela internet. É como estar na sala de controle, é o aluno participando da ação junto com a equipe da missão. A Nasa tem uma programação diária com documentários, transmissões ao vivo, vídeos históricos de suas missões, entrevistas com pesquisadores e tudo isso para incentivar o estudo das Ciências. Outras agências espaciais e os grupos de Astronomia amadora também promovem eventos para a comunidade e estes eventos podem levar o aluno que participa a produzir um material complementar dentro de atividades direcionadas.

A sequência didática aqui proposta poderia ser realizada conjuntamente por um grupo de professores e, assim, chegar mais perto do objetivo da multidisciplinaridade, sendo agregadas outras atividades envolvendo as áreas participantes. Não utilizar informações como as das missões espaciais, ou de outros avanços tecnológicos, para compor algo multidisciplinar é perder a oportunidade de contribuir significativamente com a formação destes jovens que, apesar de terem nascido na era da informação e da tecnologia, ainda não fazem uso das ferramentas disponíveis e suas potencialidades. Esta é a importância de uma sequência didática, conduzir o aluno até a fonte deste conhecimento e promover a participação dele no processo. Faz ciência quem é curioso, quem quer respostas. Esta deve ser a intenção da sequência didática, colocar na mente do estudante muitas perguntas e

fazer com que sua curiosidade seja maior que sua tendência de se manter na zona de conforto. Cada etapa deve trazer elementos que ele não espera e coisas que ele desconhece. Por isso, um projeto multidisciplinar fortalece a intenção da sequência didática por trazer estes elementos das áreas envolvidas e o entendimento que a Ciência é o todo.

Assim, a elaboração desta sequência foi um exemplo para que outras sejam pensadas, ou para que esta seja incluída em um projeto interdisciplinar, ou, ainda, que seja adaptada para um certo grupo de alunos. A dificuldade maior deste estudo foi o acontecimento da pandemia e do isolamento social, fatores que certamente impediram adaptações que poderiam ser facilmente entendidas e promovidas em um ambiente de sala de aula presencial. Mas os alunos que participaram e continuarão participando até o final do ano responderam de forma positiva a esta inclusão da missão OSIRIS-REx no conteúdo anual.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA France-Presse. China lança sua primeira sonda espacial para Marte nesta semana. **Correio Braziliense**. 22/07/2020. Disponível em:

<[https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2020/07/22/interna\\_mundo,874243/china-lanca-sua-primeira-sonda-espacial-para-marte-nesta-semana.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2020/07/22/interna_mundo,874243/china-lanca-sua-primeira-sonda-espacial-para-marte-nesta-semana.shtml)>.

ARAUJO, Naelton M. **20°ENAST**. 2018. Disponível em:

<<https://doity.com.br/20enast>>.

ARROKOTH (2014 MU69). NASA. **Solar System Exploration**, 13 de novembro de 2019. Disponível em: <<https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/kuiper-belt/arrokoth-2014-mu69/overview/>>

BARATA, C. A. F. **Do interior da terra ao interior das plantas: práticas letivas em geologia e biologia no 10º ano de escolaridade**. 2014. 187f. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal, 2014. Disponível em:<<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/28042>>.

BARBOSA, R. C. O primeiro visitante de Mercúrio – A aventura da Mariner-10. **Em Órbita - Astronáutica e Conquista do Espaço**. 29 de outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.orbita.zenite.nu/o-primeiro-visitante-de-mercurio-a-aventura-da-mariner-10/>>.

BENNU. **OSIRIS-REx**. 2020. Disponível em:

<<https://www.asteroidmission.org/objectives/bennu/>>.

CABRAL, M. L. F. “A Imagem no Ensino de Astronomia”: exploração didáctica e pedagógica de imagens no âmbito da Astronomia. **Dissertação de Mestrado**. Mestrado em Ensino de Astronomia. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto,

Portugal, 2001. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/10047>>

CADENA, R. A.; COUTINHO, S. G.; ANDRADE, B. A linguagem gráfica em artefatos educacionais gerados com ferramentas de TIC. **InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação**, v. 9, n. 1, p. 33-44, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/3jwfwAV>>

CARDOZO, B. S. et al. Jornal mural: educomunicação socioambiental no ensino fundamental. **8º Congresso de extensão universitária da UNESP**, p. 1-7, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/142477>>.

CARVALHO, W. P.; RIOS, D. C.; SANTOS, I.P.L. A história da meteorítica. **Dissertação de Mestrado**. Anexo 3.4. UFBA, 2010. Disponível em: <[http://www.bendego.com.br/pdf/anexos/Anexo\\_3.4.pdf](http://www.bendego.com.br/pdf/anexos/Anexo_3.4.pdf)>.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 3ª. ed. São Paulo: Prentice Hall, 1983.

CINTURÃO de Kuiper. NASA. **Solar System Exploration**, 13 de novembro de 2019. Disponível em: <<https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/kuiper-belt/overview/>>.

COMPIANI, M. Narrativas e desenhos no Ensino de Astronomia/Geociências com o tema "A Formação do Universo": Um olhar das Geociências. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 257-278, Ago. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172010000200257&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172010000200257&lng=en&nrm=iso)>.

CORDANI, H. G. O planeta Terra e suas origens. In: TEIXEIRA, W. [et al]. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

CORREIA, H. I. C. **Estrutura e morfologia dos planetas telúricos**: O Exemplo de Marte. Dissertação de Mestrado em Geologia para o Ensino. Faculdade de Ciências

da Universidade do Porto. 2002. 181f. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/9821>>.

COSTA, A. D. A. **Murais Didáticos: caracterização e descrição**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Letras. Universidade Federal de Pernambuco. 2012. 127f. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11610>>.

COUTINHO, S. G.; LOPES, M. T. Design para educação: uma possível contribuição para o ensino fundamental brasileiro. In: BRAGA, M. C. (Org.). **O Papel social do design gráfico: história, conceitos & atuação profissional**. São Paulo: Editora SENAC, p.137-162, 2011. Disponível em:<<https://bit.ly/2EOhygD>>

CRONOLOGIA das missões a Marte. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Cronologia\\_das\\_miss%C3%B5es\\_a\\_Marte&oldid=58061287](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Cronologia_das_miss%C3%B5es_a_Marte&oldid=58061287)>.

14° EPAST. **GEASTRO**. 2020. Disponível em:<[http://www.pb.utfpr.edu.br/geastro/?page\\_id=551](http://www.pb.utfpr.edu.br/geastro/?page_id=551)>.

DENOMINAÇÃO de objetos Astronômicos. **IAU**, 30 dez 2018. Disponível em:<<https://www.iau.org/public/themes/naming/brazilian-portuguese/#dwarfplanets>>.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. **Sequências didáticas para o oral e para o escrito: apresentação de um procedimento**. In: B. SCHNEUWLY; J. DOLZ. 2004. Gêneros orais e escritos na escola. [Tradução e organização Roxane Rojo e Glaís Sales Cordeiro]. Campinas: Mercado de Letras, p. 95 – 128, 2004.

DUARTE, V. M. N. Coleta bibliográfica e coleta documental. **Brasil Escola**. 2020. Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/regras-abnt/coleta-bibliografica-coleta-documental.htm>>.

FAIRCHILD, T. R. A Terra: passado, presente e futuro. In: TEIXEIRA, Wilson [et al]. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

FERREIRA, Marta L. Perseverance da NASA já está por conta própria a caminho de Marte em busca de vida no passado do Planeta Vermelho. **Observador On Time**. 30 jul 2020. Disponível em: <<https://observador.pt/2020/07/30/nasa-lanca-a-primeira-missao-em-busca-de-vida-extraterrestre-no-passado-de-marte-siga-aqui/>>.

GIL, J. M. S. Em busca de respostas para as necessidades educacionais da sociedade atual. Uma perspectiva multidisciplinar da tecnologia. **Revista Linhas**, v. 14, n. 27, p. 09-44, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.udesc.br/index.php/linhas/article/view/198472381427201309>>

GONÇALVES, K. V. Espaços de autoria e legitimação dos estudantes no processo de aprendizagem. 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Estratégias sustentáveis de desenvolvimento do Semiárido) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013. Disponível em:< <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/8> >

GREAVES, Jane S., et al. Phosphine gas in the cloud decks of Venus. *Nature Astronomy*, 14 set 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4>>.

GRITTI, Angela M. S. Jogos didáticos no ensino de Ciências do 6º ano. Produções Didático-Pedagógicas. **Cadernos PDE**, Vol. II, 2014 Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_unioeste\\_cien\\_pdp\\_angela\\_maria\\_schmitz\\_gritti.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unioeste_cien_pdp_angela_maria_schmitz_gritti.pdf)>.

GUERRA, Wilson et al. Edição 27. **Astronova**, 5 set 2020. Disponível em: <<http://caeh.com.br/2020/wordpress/2020/09/05/edicao-27/>>.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física**: Eletromagnetismo e Física Moderna. Vol. 3. 2ª. Ed. São Paulo: Editora Ática, 2017.

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

HUNSDORFER, M. A. R. **Cratera de impacto de Vista Alegre (Coronel Vivida, PR) e seu conteúdo geocientífico como educação não formal**. Dissertação de mestrado. Mestrado em Gestão do Território. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2017. 105f. Disponível em:  
<<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2344/1/Marco%20Aurelio%20R%20Hunsdorfer.pdf>>.

IMAGENS de naves espaciais. **OSIRIS-REx**. 2020. Disponível em:  
<<https://www.asteroidmission.org/galleries/spacecraft-imagery/>>.

INSTITUCIONAL. **Agência Espacial Brasileira**. 2016. Disponível em:  
<<http://www.aeb.gov.br/institucional/sobre-a-aeb/>>.

KAZZUO-VIEIRA, C. et al . Caracterização geofísica da estrutura de impacto do domo de Vargeão, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo , v. 27, n. 3, p. 375-388, Set. 2009 . Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-261X2009000300006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2009000300006&lng=en&nrm=iso)>.

LEMOS, V. A cidade brasileira que está no centro da maior cratera de asteroide na América do Sul. **BBC News Brasil**, 24 de novembro de 2018. Disponível em:  
<<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-46269719>>.

MARQUES, R. et al. O uso de tecnologias como recursos didáticos no ensino de Astronomia. **XI EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica**, 29 à 30 de Outubro de 2019. Disponível em:  
<<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3449>>

METEORITO Bendegó. **Museu Nacional**. UFRJ, 2020. Disponível em:  
<<http://www.museunacional.ufrj.br/guiaMN/Guia/paginas/1/meteorito.htm>>.

MIRANDA, N. T.G.P. et al. Discussões CTS no ensino de Astronomia: o lixo espacial fomentando a formação para a cidadania. **Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1525-1.PDF>>.

MOREIRA, I. Tudo o que você precisa saber sobre Plutão. **Revista Galileu**. 31 ago 2016. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/03/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-plutao.html>>.

NASCIMENTO-DIAS, B. L. Explicando a Astrogeologia. **Física na escola**, v.16, n.1, 2018. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a05.pdf>>.

NEITZEL, C. L. V. Aplicação da Astronomia ao ensino de Física com ênfase em Astrobiologia. **Dissertação de Mestrado**. Mestrado Profissional em Ensino de Física. Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12437/000625362.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

NEVES, J. P.; CAMPOS, L. L. ; SIMÕES, M. G. . Jogos como recurso didático para o ensino de conceitos paleontológicos básicos aos estudantes do ensino fundamental. **Terr@ Plural (UEPG. Online)**, v. 2, p. 103-114, 2008. Disponível em: <<https://bit.ly/3bem5Fk>>

OLIVEIRA, K.; SARAIVA, M. F. **Astronomia e Astrofísica**. 3<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

OPERAÇÕES de asteróides. **OSIRIS-REx**. 2020. Disponível em: <<https://www.asteroidmission.org/asteroid-operations/>>.

PHILIPP, R. P. et al. A estrutura de impacto do Cerro do Jarau, Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 40, n. 4, p. 468-483, 2010. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7784>>.

PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. D.R. O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 1, p. 129-137, 2009. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7634>>.

PLANETAS em nosso sistema solar. **NASA**, 2020. Disponível em: <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/overview/>>.

PLUTÃO e o cenário em desenvolvimento do nosso sistema solar. **Astronomia para o público**, IAU, 2018. Disponível em: <<https://www.iau.org/public/themes/pluto/brazilian-portuguese/>>

PRESS, F. [et al]. **Para entender a Terra**. 4<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Artmed Editora S.A., 2006.

REIS, Liliane. 60 anos explorando Marte: um resumo das missões que estudaram o Planeta Vermelho. **Canaltech**, 29 jul 2020. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/espaco/60-anos-explorando-marte-um-resumo-das-missoes-que-estudaram-o-planeta-vermelho-168339/>>.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/19> >

SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246>>.

SÁNCHEZ, J. P.; GARCIA, M. G. M. A cratera de impacto do cerro do Jarau-RS, BRASIL: uma abordagem geoturística. **Geonomos**, n.21, p.102 - 110, 2013.  
Disponível em: < <https://bit.ly/3hdQPYv>>

SILVEIRA, D. T. ; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In:GERHARDT, T. E,;; SILVEIRA, D. T. (organiz.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009, p. 31-42.

SOBRAL, Sónia R. O impacto do COVID-19 na educação. **Observador On Time**. 11 mar 2020. Disponível em:< <https://observador.pt/opiniao/o-impacto-do-covid-19-na-educacao/> >.

SOBRE a Esa. **ESA**. 2020. Disponível em: <<http://www.esa.int/>>.

SOBRE a Nasa. **NASA**. 2020. Disponível em:  
<<https://www.nasa.gov/about/index.html>>.

SOBRE o Eso. **ESO**. 2016. Disponível em: <<https://www.eso.org/public/about-eso/>>.

STATUS da missão. **OSIRIS-REx**. 2020. Disponível em: <  
<https://www.asteroidmission.org/status-updates/>>.

SWIDERSKI, R. M. S.; COSTA-HÜBES, T. C. Abordagem sociointeracionista e sequência didática: relato de uma experiência. **Línguas & Letras**, v. 10, n. 18, p. 113-128, jun. 2009. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/linguaseletras/article/view/2253/1748>>.

TALBERT, T. New Horizons publica primeiro trabalho de pesquisa em 'Science', descrevendo inúmeras descobertas do sistema Plutão. **NASA TV**. 15 de outubro de 2015. Disponível em: < <https://www.nasa.gov/feature/new-horizons-publishes-first-research-paper-in-science-describing-numerous-pluto-system>>.

TEIXEIRA, W. [et al]. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

WERB, D. [et al]. Meteorito Caçapava do Sul como meio de divulgação científica. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 3, 14 fev. 2020. Disponível em:

[https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq\\_trabalhos/14750/seer\\_14750.pdf](https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/14750/seer_14750.pdf)

WUENSCHÉ, Carlos. Descoberta de Fosfina em Vênus explicada por especialista em Astrobiologia do INPE MCTI. **INPE**, 15 set 2020. Disponível em:<

[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5545](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5545)>.

ZUCOLOTTO, M. E. Breve histórico dos meteoritos brasileiros. In: MATSUURA, O. T. (org.). **História da astronomia no Brasil**. vol. I, 2014. Disponível em:

<<http://www.academia.edu/download/40750577/historiaastronomia1.pdf>>

# TERMO DE APROVAÇÃO



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Práticas Educacionais em Ciências e Pluralidade



## **ASTROGEOLOGIA: PLANETOLOGIA COMPARADA E METEORÍTICA EM PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES PARA O ENSINO MÉDIO**

por

**KELLY CARLA PEREZ DA COSTA**

Esta monografia foi apresentada às 15:00 do 26 de setembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de **Especialista no Curso de Especialização em Práticas Educacionais em Ciências e Pluralidade** – Polo de Campo Largo - PR, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**

DEBORAH CATHARINE DE ASSIS LEITE

Jacqueline Peixoto Neves

Raquel De Almeida Rocha Ponzoni