



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

**Departamento de Física**

**Programa de Pós-Graduação em Astronomia**



**LUIS EDUARDO MATOS REIS**

**ASTROQUÍMICA E ASTROBIOLOGIA NO CURSO DE  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:  
reflexões e propostas de aplicação**

**FEIRA DE SANTANA  
2024**

**LUIS EDUARDO MATOS REIS**

**ASTROQUÍMICA E ASTROBIOLOGIA NO CURSO DE  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:**  
reflexões e propostas de aplicação

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Astronomia – Mestrado Profissional, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia

**Orientador(a):** Ana Carla Peixoto Bitencourt

**Coorientador(a):** Marildo Geraldête Pereira

**FEIRA DE SANTANA  
2024**

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

R311 Reis, Luis Eduardo Matos  
Astroquímica e astrobiologia no curso de licenciatura em ciências biológicas : reflexões e propostas de aplicação / Luis Eduardo Matos Reis . – 2024.  
108 f : il.

Orientadora: Ana Carla Peixoto Bitencourt  
Coorientadora: Marildo Geraldete Pereira  
Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2024.

1. Astronomia – ensino. 2. Astroquímica. 3. Astrobiologia.  
4. Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – ensino. I. Título.  
II. Bitencourt, Ana Carla Peixoto, orient. III. Pereira, Marildo Geraldete, coorient. IV. Departamento de Física. V. Programa de Pós-graduação em Astronomia. VI. Universidade Estadual de Feira de Santana.

CDU 52:57



## ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CANDIDATO (A):** LUIS EDUARDO MATOS REIS

**DATA DA DEFESA:** 24 de agosto de 2024    **LOCAL:** Sala 03 do LABOFIS

**HORÁRIO DE INÍCIO:** 10:30

MEMBROS DA BANCA	FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO			
ANA CARLA PEIXOTO BITENCOURT RAGNI	Presidente	DR	UEFS
CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO	Membro Interno	DR	UEFS
JACIRA TEIXEIRA CASTRO	Membro Externo	DR	UFRB

### TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO\*:

ASTROQUÍMICA E ASTROBIOLOGIA NO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: REFLEXÕES E PROPOSTAS DE APLICAÇÃO.

\*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 45 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 1:10. A banca chegou ao seguinte resultado\*\*:

- APROVADO(A)  
 INSUFICIENTE  
 REPROVADO(A)

\*\* Recomendações<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 24 de agosto de 2024

Presidente: Ana Carla P. Bitencourt Ragni

Membro 1: Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Membro 2: Jacira Teixeira Castro

Membro 3: \_\_\_\_\_

Candidato (a): Luis Eduardo Matos Reis

Coordenador do PGAstro: [Assinatura]

<sup>1</sup> O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.



**ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:  
PRODUTO(S) EDUCACIONAL(IS) GERADO(S) NO TRABALHO FINAL DE CURSO**

**CANDIDATO (A):** LUIS EDUARDO MATOS REIS

**DATA DA DEFESA:** 24 de agosto de 2024    **LOCAL:** Sala 03 do LABOFIS

**HORÁRIO DE INÍCIO:** 10:30

e-book intitulado "Roteiro de atividades Astroquímica e Astrobiologia no Ensino Superior."

Feira de Santana, 24 de agosto de 2024.

Presidente: João Carlos P. B. Knudsen Rassi

Membro 1: Carlos Alberto de Almeida Teófilo

Membro 2: Jaqueline Teixeira Costa

Membro 3: \_\_\_\_\_

Candidato (a): Luis Eduardo Matos Reis

Coordenador do PGAstro: [Assinatura]

A minha esposa, Marla, que quase sempre me estimula a me jogar em novos desafios. A meu filho, Bento, que quase sempre me desestimula a me jogar em novos desafios para passar mais tempo com ele. E a mim, por conseguir quase sempre equacionar essas duas forças da natureza.

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Ana Carla Peixoto Bitencourt pelos momentos de troca sempre ricos e por acreditar que eu daria conta do recado sem pegar muito no meu pé. Isso foi muito importante para mim. E deu certo.

Ao meu coorientador e prof. Marildo Geraldete Pereira por tanto ensinamento, energia e motivação transmitidos em suas aulas e reuniões de orientação.

Ao Prof. Carlos Alberto Ribeiro, por me mostrar que antes de ensinar sobre Teorias de Ensino e Aprendizagem ou qualquer outro saber, a linguagem do respeito e do afeto é o que pavimenta uma boa formação. Gratidão.

Ao Prof. Paulo Poppe, que matou muito da minha sede por entender sobre a vastidão do Universo com o brilho no olhar que eu, como docente, buscarei manter aceso em mim.

Ao Prof. Jairo Amaral, que é um poço de conhecimento sobre Astronomia. Sou muito grato por todo saber teórico e prático compartilhado.

A todos os demais professores do MPAstro que certamente contribuíram para minha formação.

Aos meus colegas da 9ª turma – a turma Sunset – pelos momentos memoráveis ao longo desses dois anos.

A mãe reparou que o menino gostava mais do vazio do que do cheio. Falava que os vazios são maiores e até infinitos.

**Manuel de Barros**



## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar propostas de ensino de conceitos da Química no Ensino Superior através da sua interface com a Astroquímica e a Astrobiologia. A pesquisa ocorreu dentro das disciplinas de Química Geral e Química Orgânica do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal Baiano, Campus Serrinha. A pesquisa visa enriquecer a formação acadêmica dos estudantes, tanto do ponto de vista científico quanto pedagógico, promovendo um ensino mais amplo, interdisciplinar e contextualizado. O produto educacional vinculado a este trabalho é um e-book intitulado “Roteiro de Atividades de Astroquímica e Astrobiologia no Ensino Superior”, fruto de atividades desenvolvidas em duas Sequências Didáticas, aplicadas em turmas distintas, que fazem uso de diversas ferramentas pedagógicas, como kits de modelagem molecular, química computacional e análise espectroscópica, com o intuito de desenvolver diferentes habilidades nos discentes. Como resultado da pesquisa, esperamos que a apropriação dos principais conceitos da Química na formação de estudantes das Ciências Biológicas e áreas afins seja significativa, e que a instrumentalização deles com conhecimentos básicos da Astroquímica e Astrobiologia, em especial aqueles relacionados à área da Biologia, possibilite o acesso dos discentes à vanguarda deste campo da ciência.

**Palavras-chave:** Astroquímica, Astrobiologia, Sequência Didática, Ensino Superior

## ABSTRACT

This work aims to present teaching proposals for Chemistry concepts in Higher Education through its interface with Astrochemistry and Astrobiology. The research took place within the General Chemistry and Organic Chemistry courses of the Bachelor's Degree in Biological Sciences at the Baiano Federal Institute, Serrinha Campus. The research aims to enrich the academic training of students, both from a scientific and pedagogical perspective, by promoting broader, interdisciplinary, and contextualized teaching. The educational product associated with this work is an e-book entitled "Guide to Astrochemistry and Astrobiology Activities in Higher Education," resulting from activities developed in two Didactic Sequences, applied in different classes, which make use of various pedagogical tools such as molecular modeling kits, computational chemistry, and spectroscopic analysis, with the aim of developing different skills in students. As a result of the research, we hope that the appropriation of the main Chemistry concepts in the training of students in Biological Sciences and related areas will be significant, and that equipping them with basic knowledge of Astrochemistry and Astrobiology, especially those related to Biology, will enable students to access the forefront of this field of science.

**Keywords:** Astrochemistry, Astrobiology, Didactic Sequence, Higher Education

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CN	Ciências Naturais
MCS	Meio Circunstelar
PES	Potencial Eletrostático
IES	Instituição de Ensino Superior
IF Baiano	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
MIE	Meio Interestelar
LCBio	Licenciatura em Ciências Biológicas
SD	Sequência Didática
SISU	Sistema de Seleção Unificada
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>19</b>
2.1. TÓPICOS DE ASTROFÍSICA: .....	19
2.2. TÓPICOS DE ASTROBIOLOGIA .....	20
2.3. DA QUÍMICA À ASTROQUÍMICA, UM OLHAR SUBMICROSCÓPICO.....	22
2.4. IMPORTÂNCIA DA ASTRONOMIA NA FORMAÇÃO SUPERIOR EM CIÊNCIAS NATURAIS .....	27
2.5. QUÍMICA COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA....	29
2.6. REFLEXÕES SOBRE FORMAÇÃO DE PROFESSORES .....	31
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
3.1. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA METODOLOGIA DA PESQUISA .....	37
<b>4. ANÁLISE DAS ATIVIDADES REALIZADAS</b> .....	<b>43</b>
4.1. ATIVIDADE 1: LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ESTUDANTES NAS SD1 E SD2.....	43
4.2. ATIVIDADE 2 (SD1): DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTA APLICAÇÃO DO TEMA PARA ENSINO FUNDAMENTAL OU MÉDIO.....	56
4.2.1 Análise das temáticas .....	61
4.2.2 Análise da relação com a Astrobiologia.....	62
4.2.3 Análise das metodologias .....	63
4.2.4 Análise das avaliações.....	65
4.3. ATIVIDADE 3 (SD1): KIT DIDÁTICO DE MODELAGEM MOLECULAR MULTIMODAL.....	68
4.4. ATIVIDADE 4 (SD1): IDENTIFICAÇÃO DE MOLÉCULA ATRAVÉS DE ESPECTRO NO INFRAVERMELHO.....	78
4.5. ATIVIDADE 5 (SD1): DEBATE SOBRE IMPLICAÇÕES DA ASTROQUÍMICA E ASTROBIOLOGIA PARA A HUMANIDADE.....	83
4.5.1 Análise da Pergunta 1 .....	83
4.5.2 Análise da Pergunta 2.....	85
4.6. ATIVIDADE 1 (SD2): ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE MOLÉCULAS BASEADO EM QUÍMICA COMPUTACIONAL COM IQMOL®.....	86
4.6.1. Comparação de desempenho .....	90
4.6.2. Uso do software IQMol.....	91
4.7. ATIVIDADE 2 (SD2): RELATÓRIO DE VISITA TÉCNICA AO OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES.....	95
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>100</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>103</b>
<b>APÊNDICE 1</b> .....	<b>107</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos da Astronomia, desde os gregos aos tempos atuais, têm revelado segredos do Universo que permitem ao homem trilhar caminhos para descobrir de onde viemos, onde estamos e para onde vamos (Bernardes; Terra, 2014). Em paralelo, surge a necessidade da criação de centros formais de educação nessa área. No Brasil, o primeiro local com foco no desenvolvimento da Astronomia foi o Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, criado em 15 de outubro de 1827, a partir de um decreto de D. Pedro I (Langui, 2009). Atualmente, há apenas três universidades no Brasil que ofertam curso de graduação em Astronomia: a Universidade Federal do Sergipe (UFS), a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (MEC, 2022). Assim, percebe-se que, apesar deste ramo da Ciência atrair muita atenção, poucos se aventuram a torná-lo seu foco de formação acadêmica. Falta de investimento na área, precarização das instituições de educação e um baixo incentivo para a formação de cientistas podem ser fatores que explicam essa baixa quantidade de cursos superiores.

A divulgação científica tem um papel importante para fomentar a formação de uma sociedade mais consciente, desmistificando que o conhecimento científico está disponível apenas para um grupo específico e privilegiado. Portanto, promover ações que mostrem a ciência como saberes e ferramentas inteligíveis é considerado uma forma de transformação social. Apesar de o Brasil dispor de diversos planetários, observatórios, instituições com grupos de pesquisa ou pós-graduação em Astronomia e clubes de Astronomia que auxiliam na divulgação do conhecimento astronômico, esse movimento ainda é tímido quando comparado a outros países (Langui; Nardi, 2009).

A pesquisa no Brasil que relaciona a Astronomia à área de educação, seja ela Educação Básica ou Superior, segue a tendência apontada pelos autores supracitados. Através de uma série de buscas no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, cujos dados estão apresentados na Tabela 1, pode-se ter uma ideia da carência de artigos, dissertações, teses ou outros trabalhos acadêmicos que relacionem a área de Astronomia em todos os níveis da Educação, ainda que notemos um

aumento relativo significativo no período de aproximadamente um ano e oito meses.

Tabela 1. Busca de trabalhos acadêmicos que envolvem Astronomia, educação e ensino no portal de Periódicos da Capes de 1971 ao dia da pesquisa indicado na tabela.

Termos buscados	Quantidade de resultados gerados			
	18/11/2022	31/08/2023	12/04/2024	13/07/2024
“astronomia” e “educação básica”	71	75	90	134
“astronomia” e “ensino médio”	84	75	94	216
“astronomia” e “ensino fundamental”	125	134	163	244
“astronomia” e “ensino superior”	45	42	47	61
“astronomia” e “graduação”	81	88	87	95

Fonte: Periódicos Capes

Apesar dos dados da Tabela 1 mostrarem baixos números de trabalhos realizados com esses temas, percebe-se que há um movimento ligeiramente maior na pesquisa que relaciona a Astronomia com a Educação Básica de maneira geral (Ensino Fundamental e Médio) se comparado com aquela que se dirige ao público do Ensino Superior. Nesse viés, o presente trabalho pretende focar em discentes de graduação, mais especificamente no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (LCBio), contribuindo com o debate sobre

Astronomia no âmbito da graduação, com foco na temática da Astroquímica e também da Astrobiologia.

A Astroquímica é um ramo da Astronomia que estuda a evolução química do Universo. Com equipamentos cada vez mais precisos, o número de compostos químicos descobertos no meio interestelar e em corpos celestes vem aumentando a passos largos. Assim, o entendimento sobre o processo de formação dessas espécies químicas e as suas interações físico-químicas é imprescindível para um conhecimento mais amplo da dinâmica do Universo, como afirma Yamamoto (2017),

Na Astronomia e Astrofísica modernas, a química está se tornando cada vez mais importante. Moléculas são encontradas em todo o universo devido ao rápido progresso de observações espectroscópicas particularmente nos regimes de rádio, infravermelho e óptico. Explorar composições químicas de fontes astronômicas é de fundamental importância na compreensão da evolução da matéria na história do universo. Além disso, as composições químicas são amplamente utilizadas como uma ferramenta poderosa para investigar condições físicas e processos de formação de fontes astronômicas. Tal abordagem química será rapidamente expandida para várias áreas da astronomia e estudos astrofísicos em um futuro próximo. A Astroquímica é hoje uma das subáreas fundamentais da Astronomia e da Astrofísica (Yamamoto, 2017, p. v, tradução nossa).

Concomitantemente ao avanço da Astroquímica, o ensino desta subárea da Astronomia precisa ser mais explorado com o objetivo de traduzir os conhecimentos científicos sistematizados mais atuais em um saber pedagógico. Isto porque o saber científico não é elaborado com a finalidade de ser ensinado, mas sim aplicado em contextos específicos. A ideia de traduzir este conjunto de conceitos sistematizados para um formato pedagógico, como ação intrínseca à educação, foi engendrada pelo matemático e didata francês Yves Chevallard (1991, *apud* Mello, 2004) com o termo *transposição didática*, sendo defendida por diversos autores como Chervel (1990), Astolfi & Develay (1991) e Lopes (1997).

Por ser um campo bem específico da Astronomia, a Astroquímica pode apresentar dificuldades em ser abordada e compreendida tanto na Educação Básica quanto na Educação Superior, em cursos que não sejam diretamente ligados à área, como o de Astronomia. Se estudos que discutem o ensino de

Astronomia nas escolas ou Instituições de Ensino Superior (IES) são escassos, trabalhos que focam no tema da Astroquímica são ainda mais raros na literatura. Outra busca na base de dados dos Periódicos da Capes utilizando algumas combinações de termos em português e em inglês resultou nos dados presentes na Tabela 2.

Tabela 2. Busca de artigos que envolvem educação em Astroquímica no portal de Periódicos da Capes de 1971 ao dia da pesquisa indicado na tabela.

Termos buscados	Quantidade de resultados gerados			
	18/11/2022	31/08/2023	12/04/2024	13/07/2024
“astroquímica” e “ensino”	1	0	0	0
“astroquímica” e “educação”	0	0	0	3
“astrochemistry” e “teaching”	22	22	12	3
“astrochemistry” e “education”	133	145	113	12

Fonte: Periódicos Capes

Os dados apresentados na Tabela 2 não diferem artigos que relacionem o ensino de Astroquímica no âmbito da escola básica ou do ensino superior, o que ilustra a defasagem de pesquisas nessa área em todos os níveis de formação. Vemos uma queda sustancial na quantidade de trabalhos encontrados na última coluna da Tabela 2. Uma possível explicação seria a desvinculação de parceria entre a Capes e outros indexadores de trabalhos acadêmicos.

## JUSTIFICATIVA

A partir do que foi anteriormente explanado e considerando estudantes dos semestres iniciais da graduação em áreas afins com a Astronomia, este trabalho se justifica no sentido de pesquisar e apontar caminhos e propostas de aplicação



de saberes da Astronomia, mais especificamente da Astroquímica e da Astrobiologia na formação de professores das áreas científicas.

Com isso, surgem perguntas norteadoras da pesquisa que carecem de respostas e nos apontam um sentido de análise, como, por exemplo: “*É possível abordar a Astroquímica e Astrobiologia na educação superior, mais especificamente em um curso de licenciatura em Ciências Biológicas?*”, “*Qual a importância de se trabalhar com tópicos da Astronomia, Astroquímica e Astrobiologia em cursos de licenciatura das áreas científicas?*”.

Considerando que o autor deste trabalho atualmente leciona no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal Baiano (IF Baiano) Campus Serrinha, ministrando as disciplinas de Química Geral e Química Orgânica no primeiro e segundo semestre do curso, respectivamente (vide Figura 1), este trabalho tem como objetivo desenvolver duas Sequências Didáticas (SDs), que utilizem a temática da Astroquímica e Astrobiologia como fio condutor no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos trabalhados na disciplina supracitadas.

Figura 1. Recorte da matriz curricular do curso de LCBio, com destaque em amarelo às disciplinas ministradas pelo autor deste trabalho

1º semestre	2º semestre
PPP I 90 h	PPP II 90 h
Química Geral 60 h	Química Orgânica 60 h
Fundamentos da Matemática 60 h	Estatística Básica 60 h
Biologia Geral 60 h	Biologia de Algas, Briófit. e Pteridófitas 60 h
Fund. Filos. E Sociol. da Educação 60 h	Políticas Educacionais 60 h

Fonte: autor

Esta ideia surge da necessidade de trazermos tópicos de Astronomia/Astroquímica como método para uma aprendizagem mais ampla e significativa por parte dos discentes de cursos superiores, já que os mesmos carecem de uma formação mínima na temática de Astronomia.

Através da área de concentração do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS: Ensino e Difusão da Astronomia, e a partir do tema do Programa “Evolução Química do Universo: Formação de Elementos Químicos e as Primeiras Moléculas”, tópico que versa com a formação acadêmica do pesquisador (Licenciatura em Química), será possível buscar respostas para os questionamentos anteriores e, a partir delas, espera-se trazer importantes contribuições sobre o debate da Astroquímica no Ensino Superior.

O objetivo geral deste trabalho consiste em relacionar a Astroquímica e a Astrobiologia com conteúdos de Química Geral e Orgânica no Ensino Superior para promover um ensino mais amplo, interdisciplinar e contextualizado na formação de professores nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas. Já os objetivos específicos são:

- Promover um processo de ensino-aprendizagem de conteúdos trabalhados em disciplina de Química Geral e Química Orgânica, contextualizados com a Astroquímica e Astrobiologia, no curso de Licenciatura em Biologia;
- Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da Astronomia, Astroquímica e Astrobiologia, apontando direções para construção de atividades mais significativas para sua formação acadêmica;
- Analisar como professores em formação relacionam aspectos da Astrobiologia, discutidos nas disciplinas de Química Geral e Orgânica, com propostas de intervenção pedagógicas;
- Desenvolver kits didáticos de modelagem molecular multimodal (físico e virtual) de compostos orgânicos pré-bióticos já identificados no espaço para práticas dentro de sala de aula;
- Apresentar a metodologia da espectroscopia no infravermelho, através de uma atividade de análise espectral, como uma das formas que a Ciência possui para identificar compostos orgânicos no espaço;
- Perceber como os participantes da pesquisa, após serem apresentados a temas básicos de Astroquímica e Astrobiologia, relacionam essas áreas à implicações futuras na nossa sociedade;

- Elaborar prática de Química Computacional de análise do potencial eletrostático (Electrostatic Potential, PES) de moléculas presentes no espaço, relacionando propriedades físico-químicas com seus espectros de absorção e emissão, através do software IQMol®;
- Identificar no discurso dos discentes a importância de se visitar espaços não formais de educação, como museus, na sua formação acadêmica e científica;
- Elaborar uma sequência didática com as atividades propostas que reúna tópicos de Astroquímica e Astrobiologia com o ensino de Química Geral e Orgânica em cursos superiores;
- Construir um livro digital – e-book – com um resumo das atividades realizadas nas SDs com o intuito de replicação e remodelamento das mesmas em práticas pedagógicas de professores que se interessem pelo tema.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

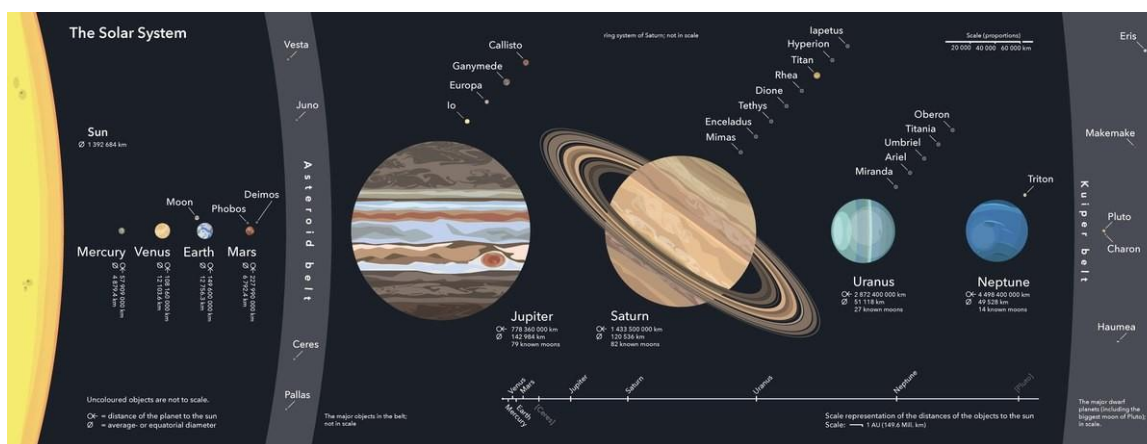
Este capítulo pretende alicerçar, de forma simples e concisa, os conceitos científicos importantes para a compreensão e aplicação do trabalho proposto nas áreas de Astrofísica, Astrobiologia e Astroquímica.

### 2.1. Tópicos de Astrofísica:

Dentro da Astrofísica, destacamos os conceitos de composição do Sistema Solar, Meio Interestelar e Exoplanetas.

O Sistema Solar é composto pela nossa estrela, o Sol, por oito planetas com seus satélites e anéis, planetas anões, asteroides e cometas (vide Figura 2).

Figura 2: Representação do Sistema Solar (nem todos os satélites planetários aparecem na imagem. Distâncias fora de escala)



Fonte: Wikipedia Commons

Os planetas são divididos em dois grupos: terrestres, os quatro planetas mais próximos do Sol (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte); e os jovianos, planetas mais distantes (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno). Enquanto no primeiro grupo os planetas são formados por rochas e metais, no segundo sabemos que sua composição é basicamente gases, logo não apresentam superfície sólida.

Além disso, entre os planetas terrestres e gasosos, há uma região chamada Cinturão de Asteroides, que são corpos menores rochosos que orbitam o Sol. Após Netuno também temos outra região rica em Asteroides, onde também tem Cometas, chamada Cinturão de Kuiper.

Viajando para fora do Sistema Solar, entramos numa região “vazia”, conhecida como meio interestelar, MIE. Ela não é de fato vazia, pois nela existem basicamente poeira (partículas sólidas na ordem do micro/nanômetro) e gás (hidrogênio principalmente). Sua densidade é baixíssima.

A região ao redor de uma estrela é conhecida como meio circunstelar, MCS. Aqui cabe o destaque da importância dessa região principalmente do ponto de vista químico. Regiões próximas às estrelas são mais quentes e, portanto, a cinética das reações químicas é muito maior que no MIE. Além disso, a quantidade de radiação de frequências iguais ou menores que o UV, as quais têm energia suficiente para desencadear reações químicas, é também maior que no MIE. Esses dois fatores sugerem uma maior diversidade química no MCS.

Seguindo viagem encontram-se outras estrelas, esses astros podem formar seus próprios sistemas planetários. Caso haja planetas orbitando essas estrelas, eles serão chamados de Exoplanetas (*exo* = fora, indicando planetas fora do nosso Sistema Solar).

## **2.2. Tópicos de Astrobiologia**

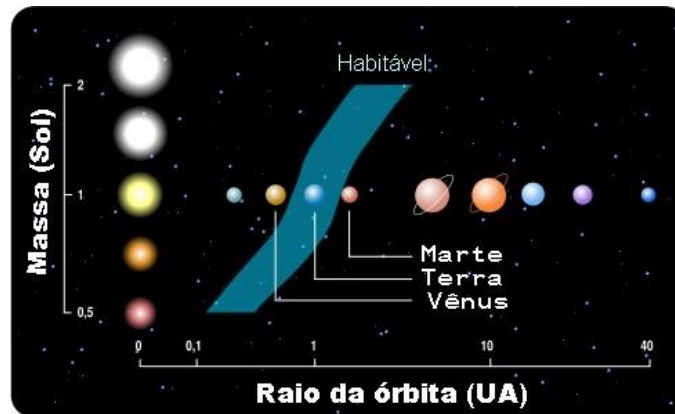
No que tange a Astrobiologia, os principais conceitos utilizados neste trabalho são os de moléculas pré-bióticas, zona de habitabilidade e bioassinatura.

Moléculas pré-bióticas são aquelas que não foram originadas por nenhum ser vivo, entretanto podem servir como blocos construtores de organismos. A presença de algumas funções orgânicas em moléculas do MIE, como as citadas anteriormente, aponta para a possibilidade de serem encontrados aminoácidos extraterrestres ou bases nitrogenadas. Esses compostos são as unidades básicas para a formação de moléculas importantes para os seres vivos, como as proteínas e até mesmo RNA (Guélin; Cernicharo, 2022).

A zona de habitabilidade, também conhecida como "zona habitável", é uma região no espaço ao redor de uma estrela onde as condições são consideradas adequadas para a existência de água líquida em superfícies planetárias e, potencialmente, para a vida como a conhecemos. As condições ideais para a existência de água líquida em um planeta ou lua dependem de

vários fatores, como luminosidade e a temperatura da estrela (Spatti, 2022). Estes fatores acabam influenciando a localização desta zona, que deve ser mais próxima à estrela quanto menor ela for (Figura 3).

Figura 3. Deformação da zona de habitabilidade gerada pelo tamanho da estrela hospedeira.



Fonte: UFRGS

Esse conceito é fundamental na Astrobiologia, que busca compreender as condições necessárias para a vida se desenvolver em outros planetas ou luas fora do nosso sistema solar. No entanto, é importante ressaltar que a zona de habitabilidade é um conceito geral e que outros fatores, como composição atmosférica, presença de elementos químicos essenciais e estabilidade climática, também desempenham papéis críticos na determinação da habitabilidade de um planeta ou lua. Além disso, a vida pode existir em condições extremas e adapta-se a uma ampla gama de ambientes, por isso, a busca por vida extraterrestre pode se estender além da zona de habitabilidade tradicional (Galante *et al*, 2016).

As bioassinaturas, podem ser conceituadas, segundo Galante *et al* (2016), como

um sinal, o mais inequívoco possível, de atividade biológica e, em geral, consiste em moléculas que são produtos do metabolismo de organismos vivos. Podem ser gases liberados, tais como dióxido de carbono, metano ou oxigênio, ou moléculas mais complexas, como lipídios de membrana, pigmentos fotoprotetores ou o próprio material genético (GALANTE *et al*, p. 225, 2016).

Schwieterman *et al* (2018) indicam que os sinais de vida mais detectáveis provavelmente surgirão de uma biosfera fotossintética com bioassinaturas como  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $N_2O$ ,  $CH_3Cl$ ,  $CH_3SH$ , DMS e DMDS. Entretanto, a interpretação das bioassinaturas dependerá do contexto ambiental do planeta como o estado de oxidação da atmosfera, existência de oceanos entre outros parâmetros que podem interferir na obtenção de dados confiáveis.

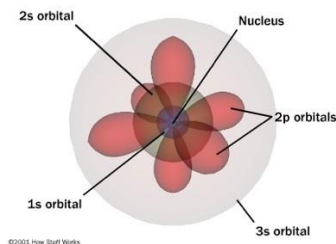
Portanto, a identificação de compostos dessa natureza, quer seja no nosso Sistema Solar, ou fora dele, pode significar um marco importante na busca por vida fora da Terra, já que a presença de bioassinaturas aumenta a probabilidade de se encontrar alguma forma de entidades autorreplicante que possa se configurar como ser vivo.

### **2.3. Da Química à Astroquímica, um olhar submicroscópico**

Baseando-se agora em termos da Astroquímica, chamamos a atenção para alguns conceitos importantes para relacionarmos esta área do conhecimento com o campo da Química e das Ciências Biológicas.

Átomos, moléculas e elementos químicos são conceitos fundamentais para a compreensão da matéria no Universo. A Física moderna estabeleceu o modelo atômico atual com base na Mecânica Quântica. Em resumo, um átomo é descrito como um sistema composto por um núcleo central carregado positivamente, que contém prótons e nêutrons, enquanto elétrons orbitam em torno dele. No entanto, ao contrário de órbitas definidas, essas trajetórias são melhor descritas como regiões de probabilidade onde é mais provável encontrar elétrons, conhecidas como orbitais eletrônicos, conforme representado na Figura 4. Para fins de simplificação, os átomos são frequentemente visualizados e representados como esferas (Figura 5).

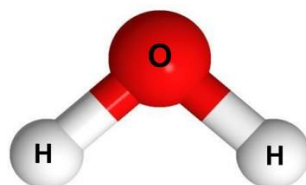
Figura 4. Representação de um átomo, composto por um núcleo (fora de escala) e regiões de probabilidade de encontrar elétrons ao seu redor (orbitais).



Fonte: How Stuff Works

Já as moléculas são estruturas formadas por átomos conectados através de ligações covalentes. Na Figura 5 vemos a representação da molécula da água, formada por três átomos conectados entre si.

Figura 5. Representação virtual da molécula da água

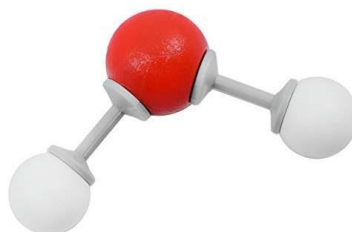


Fonte: Pennylane.ai

As esferas brancas representam átomos de hidrogênio (H), enquanto a esfera vermelha representa um átomo de oxigênio (O).

As representações moleculares levam em consideração diferentes aspectos moleculares como o número de ligações por átomo e a geometria espacial molecular. Elas podem ser representadas virtualmente (Figura 5) ou de maneira concreta, vide Figura 6, a qual mostra a mesma molécula de água, mas construída com kit de modelagem molecular (Figura 7). Esses kits são feitos de material plástico de alta durabilidade (polipropileno ou polietileno de baixa densidade) e muito úteis para uso didático.

Figura 6. Representação da molécula da água com kit de modelagem



Fonte: EISCO Store



Figura 7. Kit de modelagem molecular



Fonte: Amazon.com

Perceba que as cores dos átomos nas Figuras 5 e 6 se mantêm as mesmas, independente da modelagem utilizada. Há uma padronização de cores para cada elemento químico conhecido. A Figura 8 mostra a paleta de cores da modelagem molecular na forma de Tabela Periódica. Uma das ferramentas que usaremos neste trabalho baseia-se num kit didático composto, em parte, por itens de um kit de modelagem molecular.

Figura 8. Paleta de cores, por elemento químico, da modelagem molecular.

H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F			Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl			Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			Rn
Fr	Ra	Ac																	
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

Fonte: Wikipedia

Sabemos que a grande maioria das substâncias que existem no Universo são formadas por moléculas. Para fins de estudo, dividimos as moléculas em dois grandes grupos: orgânicas e inorgânicas. As moléculas orgânicas são aquelas que possuem carbono como principal elemento constitutivo, já as inorgânicas são moléculas que não têm carbono (salvo algumas exceções em

que o carbono não se liga a um hidrogênio). É importante fazer essa distinção pois parte deste trabalho será realizado da perspectiva de compostos inorgânicos, enquanto a outra parte utilizará substâncias orgânicas como objeto de estudo.

Atualmente são conhecidos 118 elementos químicos (Figura 9). Destes apenas 24 são de origem artificial, isto é, nunca foram identificados na natureza e sua gênese tem mãos humanas. A formação dos elementos químicos naturais é bem conhecida e possuem diferentes origens, as quais chamamos nucleossínteses.

Figura 9. Tabela periódica com destaque para elementos artificiais. Legenda: Elementos sintéticos (roxo); elementos naturais raros e radioativos, normalmente produzidos artificialmente (verde); elementos naturais comuns e radioativos (vermelho).

	1																	18
1	H 1																	He 2
2	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	*	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	**	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118
* lanthanoids	La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71			
** actinoids	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103			

Fonte: Wikipedia

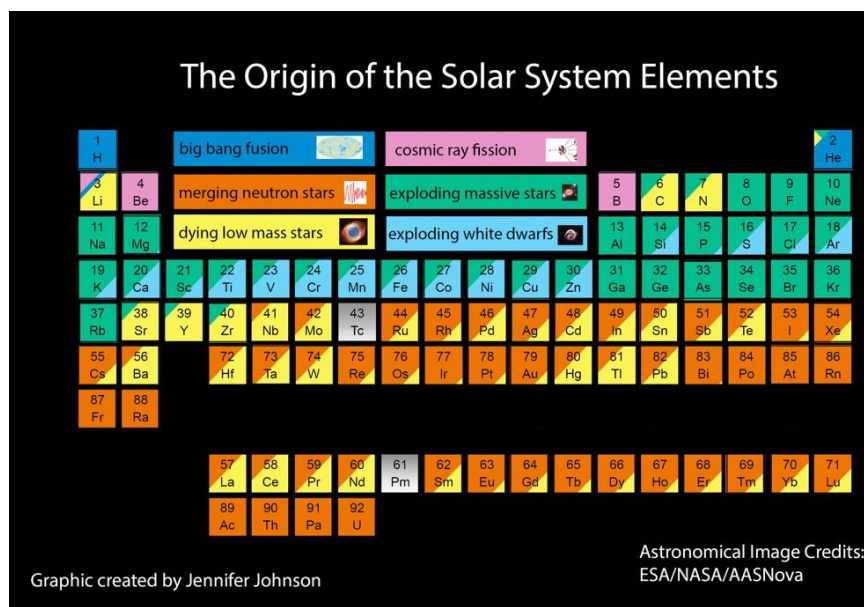
Há alguns tipos de nucleossínteses para os elementos químicos, são elas:

- Nucleossíntese primordial
- Fissão de raios cósmicos
- Nucleossíntese estelar
  - Ciclo próton-próton (principal fonte de energia, produção de hélio)
  - Processo triplo-alfa (formação de carbono)

- Ciclo CNO (produção de hélio)
- Captura alfa
- Nucleossíntese explosiva
  - Morte de estrelas de baixa massa
  - Explosão de supernova
  - Explosão de anã branca
- Fusão de estrelas de nêutrons

A Figura 10 apresenta a(s) principal(ais) origem(ns) de cada elemento do Sistema Solar.

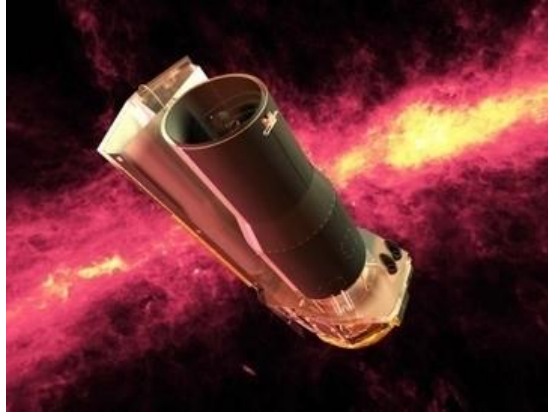
Figura 10. A origem dos elementos químicos do Sistema Solar



Fonte: Blog Sloan Digital Sky Surveys

Existem diferentes métodos para se detectar moléculas fora da Terra, a exemplo do uso de telescópios que observam na região do infravermelho (*infrared*, IR), como o Spitzer (Figura 11).

Figura 11: Telescópio Spitzer, que observam na região do infravermelho.



Fonte: Wikipedia

Tabém é possível detectar compostos via espectroscopia molecular, ou a partir de radiotelescópios, a exemplo do Atacama Large Millimeter/submillimeter Array - ALMA (Figura 12), via interferometria (Galante et al, 2016).

Figura 12: Radiotelescópio ALMA que visualiza o Universo em ondas de rádio



Fonte: ESA

As primeiras moléculas interestelares encontradas (CH, CN, CH<sup>+</sup>) foram descobertas em 1937, em espectros ópticos de estrelas próximas. Até o momento, já foram encontradas 256 espécies moleculares no MIE. A maioria formada por moléculas orgânicas contendo grupos orgânicos como aldeídos, álcoois, ácidos carboxílicos e aminas (Guélin; Cernicharo, 2022).

#### **2.4. Importância da Astronomia na formação superior em ciências naturais**

As Ciências Naturais, ou Ciências da Natureza (CN), são historicamente aquelas que estudam o mundo ao nosso redor, tentando responder, através do método científico, muitos questionamentos filosóficos, como “Do que são feitas as coisas?”, “Quais leis regem o funcionamento do Universo?” ou “O que é a vida?”.

Grandes civilizações contribuíram para a Astronomia muito tempo antes da Ciência como concebemos hoje surgir. As CN têm sua gênese nesse fio histórico, fortalecendo-se através das contribuições da filosofia grega, hindu, oriental e árabe, as quais questionavam o porquê de as coisas funcionarem do jeito que funcionam desde muito tempo (Rosa, 2012).

Com o advento do método científico, estruturado por Descartes, as Ciências Naturais se dividem em diferentes blocos. Os mais destacados pelo senso comum são a Física, que estuda as leis do Universo, desde a origem da sua composição (matéria e energia) e as interações da natureza; a Química, que foca no estudo da matéria, analisando suas propriedades, constituintes, transformações e interações; e a Biologia, investigando a vida e os organismos vivos, sua estrutura, funcionamento, reprodução, origem e evolução.

Entretanto, muito antes das Ciências supracitadas se consolidarem como tal, a humanidade observava atenta para o tecido negro, que a cobria após todo o pôr do sol, escrutinando o que eram aqueles pontos de luz que apareciam todas as noites no céu e que mudavam de posição lentamente, dia após dia. Saber ler o céu foi muito importante para diversas civilizações, já que as posições das estrelas, da Lua e do Sol traziam informações importantes sobre a época do ano em que estavam difundindo-se como método de presságio (Rosa, 2012).

Assim, não causa surpresa dizermos que a Astronomia é um dos primeiros campos de conhecimento sistematizado sobre a Natureza que surge na história e, portanto, deve ser tão valorizada quanto qualquer outra Ciência Natural. Deste modo, por se tratar de uma área do saber transversal às outras CN e por seu caráter histórico, entendemos que a Astronomia deve ser abordada em qualquer curso de formação superior em Ciências da Natureza.

A Astronomia pode ser inserida nos cursos de graduação da área de CN, sob diferentes perspectivas. A união entre Astronomia e Ciências Biológicas, a Astrobiologia, é definida como um campo de pesquisa dedicado a entender a origem, a evolução, a distribuição e o futuro da vida, na Terra ou fora dela (Blumberg, 2003). Já a sobreposição da Astronomia com a Química forma a área da Astroquímica, já definida na Introdução deste trabalho. Todavia, o estudo que relaciona a Astronomia com a Física – Astrofísica – é, de longe, o campo interdisciplinar mais robusto em termos de avanços científicos e tecnológicos entre os mencionados. Na verdade, devido ao avanço da Astrofísica dispomos

de tecnologia suficiente para desenvolver pesquisas nas áreas de Astrobiologia e Astroquímica. Diante do exposto, defendemos que as interfaces entre a Astronomia e as demais Ciências sejam contempladas nos programas de formação superior dos cursos em CN.

## **2.5. Química Computacional como ferramenta para o ensino de química**

A Química Computacional é uma área da ciência que se concentra no uso de métodos e técnicas computacionais para resolver problemas relacionados à Química. Ela utiliza princípios de diferentes campos científicos como a Química teórica, Física, Matemática e Ciência da computação para realizar cálculos, simulações e modelagens de sistemas químicos (Rodrigues; Caridade, 2022).

Nessa perspectiva, ela é amplamente usada para entender e prever o comportamento de moléculas e átomos em níveis microscópicos, como a determinação da estrutura molecular, a previsão de propriedades físico-químicas, a análise de reações químicas e o estudo de interações moleculares. Algumas aplicações comuns incluem a simulação de reações químicas em computadores, a previsão de propriedades de novos materiais, a análise de estruturas de proteínas e a modelagem de sistemas químicos complexos (Sebastián; Lorena, 2020)

A partir de tais potencialidades, a Química Computacional é uma ferramenta valiosa para a pesquisa científica, pois permite economizar tempo e recursos ao realizar experimentos virtuais em um ambiente de computador antes de experimentos reais em laboratório. Além de poder desempenhar um papel crucial no desenvolvimento de novos produtos químicos, medicamentos, materiais e na compreensão de fenômenos químicos e biológicos.

Não obstante, podemos explorar essa tecnologia no âmbito da educação, na qual a química computacional pode ser um importante aliado nos processos de ensino e aprendizado, especialmente na compreensão de conceitos complexos em química (Millán; Arango, 2023). Alguns aspectos do estudo computacional que podem ser explorados no ensino de Química são:

- **Predição de Estruturas Moleculares:** prever a estrutura tridimensional de moléculas complexas e, conseqüentemente, entender como essas moléculas interagem e reagem com outras espécies químicas.
- **Cálculos de Energia:** calcular energias e propriedades termodinâmicas de moléculas, ajudando a determinar sua estabilidade e as reações químicas que podem ocorrer em diferentes ambientes.
- **Estudo de Espectros:** a partir de cálculos de estrutura eletrônica, pode-se prever espectros de absorção e emissão de moléculas, auxiliando na identificação de moléculas.
- **Simulações de Dinâmica Molecular:** permitem estudar o comportamento dinâmico de moléculas em diferentes condições de temperatura e pressão, o que é crucial para entender como as moléculas se comportam em ambientes extremos, como no MIE e MCS.

Como sinalizado no item supracitado, esse estudo pode ser ampliado para a pesquisa em Astroquímica, através de modelos que podem prever a dinâmica das moléculas e suas reações químicas no espaço. Soma-se às possibilidades apresentadas acima a avaliação da habitabilidade de planetas com base na composição química de suas atmosferas, considerando fatores como a presença de biomarcadores (Min *et al*, 2018).

Em suma, a Química Computacional pode desempenhar um papel crucial na caracterização e compreensão de moléculas sob a óptica do ensino de Química, em especial, àquelas encontradas no espaço, fornecendo informações valiosas sobre os processos físico-químicos que ocorrem em ambientes cósmicos.

Há programas que realizam as tarefas citadas acima de maneira completa ou com limitações. Naturalmente, os programas mais completos são pagos. Mas há versões gratuitas que apresentam uma grande quantidade de recursos que podem ser utilizados na perspectiva deste trabalho. Um dos mais famosos é o Avogadro<sup>®</sup>. Este programa é projetado para auxiliar cientistas, pesquisadores e estudantes na visualização de moléculas em três dimensões e na realização de diversas análises e simulações relacionadas à química molecular como simulações de energia, otimização de geometria para moléculas, análise espectral no IR.

Um outro programa freeware (gratuito) é o IQMol. Ele tem desempenho bem semelhantes ao Avogadro<sup>®</sup>. Uma função interessante que ele possui é a possibilidade de exibir orbitais moleculares e mapas de potencial eletrostático, muito útil para a compreensão de propriedades químicas e físicas de moléculas como polaridade, reatividade e interações intermoleculares.

## 2.6. Reflexões sobre formação de professores

Como este trabalho tem como sujeitos da pesquisa estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas, não podemos deixar de realizar algumas reflexões sobre a formação de professores.

A formação de professores deve ser pautada na intencionalidade de sua função, isto é, no papel que desejamos que esse profissional cumpra na sociedade. Os cursos de licenciatura no Brasil têm como objetivo formar pessoas para atuarem na Educação Infantil, no Ensino Fundamental ou Médio, dentro de ambientes escolares. Assim, as leis que regulamentam a Educação Básica no país acabam servindo como orientação para os currículos das licenciaturas. Atualmente, o principal documento oficial que guia a organização da Educação Básica é a BNCC.

Neste documento, ao observarmos as bases para o Ensino Médio, na área de “Ciência da Natureza e suas Tecnologias”, a Competência 2 traz como orientação

*Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018).*

Ela menciona conteúdos e habilidades relacionadas à saberes da Astronomia como:

- Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente (EM13CNT201).



- Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (EM13CNT204).
- Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (EM13CNT209).

No Brasil, o documento que norteia a formação de professores é a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação), instituída pelo Parecer CNE/CP nº 22/2019 do Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2019). A BNC-Formação apresenta dez competências gerais e três específicas para a formação docente. No que tange as competências gerais que versam com a temática deste trabalho, as de maior destaque são:

1. Compreender e utilizar os conhecimentos historicamente construídos para poder ensinar a realidade com engajamento na aprendizagem do estudante e na sua própria aprendizagem, colaborando para a construção de uma sociedade livre, justa, democrática e inclusiva.”;
2. Pesquisar, investigar, refletir, realizar a análise crítica, usar a criatividade e buscar soluções tecnológicas para selecionar, organizar e planejar práticas pedagógicas desafiadoras, coerentes e significativas.”;
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas docentes, como recurso pedagógico e como ferramenta de formação, para comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e potencializar as aprendizagens.”;
7. Desenvolver argumentos com base em fatos, dados e informações científicas para

formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental, o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta (Brasil, p. 52, 2018).

As competências específicas são definidas a partir de três dimensões: conhecimento, prática e engajamento profissional. O conhecimento profissional pressupõe uma formação específica e permite a atuação docente autônoma, cujo foco situa-se nos saberes específicos da área de atuação. Já a prática profissional relaciona-se, de certa forma, com a transposição didática, ou seja, em como os saberes da área de formação do professor são trabalhados em sala de aula. O último ponto refere-se ao engajamento e comprometimento moral e ético para com a comunidade escolar: estudantes, demais docentes, gestores e demais entes envolvidos no processo educativo (Alves; Carvalho, 2022).

O debate sobre o papel da escola, do professor e do estudante que desejasse formar ao longo dos seus anos escolares é abundante e não é o objetivo deste trabalho analisar as mais diferentes perspectivas presentes dentro dessa discussão. Todavia, pensamos ser importante deixar clara a concepção de educação que atravessa todo este trabalho.

Entendemos que a educação não deve se limitar a uma mera transmissão conteudista, baseada fortemente em teorias pedagógicas tradicionais. Muito menos que o papel social da escola se limite ao ensino de conhecimentos que interessem e partam, exclusivamente, dos estudantes. Nossa visão do objetivo da escola se aproxima daquela apresentada por Saviani (2012), na qual o papel social da escola é o de democratizar o conhecimento com o objetivo de instrumentalizar a classe trabalhadora para que ela, além de se perceber como alienada tenha capacidade de se libertar da condição de explorada. Também consideramos que a educação escolar deve ser compreendida “como locus privilegiado da formação filosófica, teórica e metodológica para exercício do trabalho docente” (Marsiglia; Martins, 2013, p. 98).

Esta visão coaduna com a proposta da BNC-Formação pois este documento

exige a formação de um professor qualificado que domine os conteúdos curriculares, a metodologia e que tenha engajamento profissional. Essas competências se integram e se complementam, de modo que não haja hierarquia entre elas [...] Embora as competências e habilidades previstas na BNC-FORMAÇÃO, assim como as da BNCC, permitam abrir um leque de perspectivas, não há indicativos de como implementá-las (Alves; Carvalho, p. 105, 2022).

Portanto, é possível realizar um trabalho pedagógico crítico dentro do escopo da BNC-Formação, ainda que o documento não apresente uma perspectiva didática como a defendida aqui, até porque documentos oficiais não devem privilegiar visões de mundo específicas, mas ampliar as possibilidades do fazer docente a múltiplos pontos de vista.

### 3. METODOLOGIA

O trabalho estrutura-se em quatro etapas, cuja abordagem do problema baseia-se na pesquisa quali-quantitativa através da construção de uma Sequência Didática (SD).

A pesquisa qualitativa envolve análise, observação e descrição detalhada de um fenômeno, com o objetivo de compreender seu significado. Segundo Rodrigues *et al* (2021), esse tipo de pesquisa implica a utilização de entrevistas e observações minuciosas (métodos interpretativos), a análise de casos específicos, a apreciação de descrições detalhadas e a incorporação de narrativas históricas, materiais biográficos e autobiográficos. Portanto, a pesquisa qualitativa busca uma compreensão mais profunda do objeto de estudo, indo além das informações simplesmente fornecidas ou coletadas.

Já a pesquisa quantitativa adota uma abordagem que se baseia na medição e na atribuição de valores numéricos para compreender e avaliar fenômenos. Nesse contexto, o foco do pesquisador reside em mensurar, analisar e avaliar como recursos, técnicas ou variáveis específicas se aplicam, muitas vezes buscando obter dados quantitativos precisos (Rodrigues *et al*, 2021). Para que a abordagem de pesquisa quantitativa seja realmente significativa, é essencial que ela seja aplicada a um problema que apresente definições claras e objetivas. Além disso, tanto as informações teóricas quanto as práticas devem estar centradas no objeto de estudo, constituindo o foco central da pesquisa ou do estudo a ser conduzido (Silva; Simon, 2005).

Consideramos a pesquisa deste trabalho com quali-quantitativa devido aos dados gerados por ela. Enquanto há atividades que utilizam questionários fechados e de observação dirigida, indicando um caminho de testagem de hipóteses (o discente apropriou-se ou não de determinados conceitos?), outras atividades sugerem a análise de discurso, através de questionários abertos e rodas de conversa.

A estrutura da pesquisa baseia-se na construção de SDs. A Sequência Didática (SD) é um conjunto organizado de atividades de ensino-aprendizagem planejadas e sequenciadas para atingir objetivos educacionais específicos em uma área de conhecimento. Essas atividades são projetadas para promover a aprendizagem dos estudantes de maneira gradual e estruturada, levando-os a

adquirir competências, habilidades e conhecimentos de forma progressiva s (Kobashigawa *et al.*, 2008).

Uma SD pode ser aplicada em várias disciplinas e níveis educacionais, desde o ensino fundamental até o ensino superior. Ela envolve a seleção de conteúdos, recursos didáticos, estratégias de ensino, avaliação e o planejamento de como esses elementos serão apresentados e apropriados pelos discentes. São muito úteis para guiar o trabalho do professor, proporcionando uma estrutura coesa para o ensino, e para os alunos, pois oferecem uma visão clara do que será aprendido e como isso será alcançado ao longo das diferentes etapas do processo educativo (Dos Santos Alves *et al.*, 2014). Além disso, elas podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas dos alunos e ao contexto de ensino em que estão inseridas.

Nos estudos de Oliveira (2001), são apresentados os propósitos de uma sequência didática tanto do ponto de vista do estudante quanto do professor,

- Conduzir os discentes a uma reflexão e apreensão acerca do ensino proposto na sequência didática;
- Almejar que estes conhecimentos adquiridos sejam levados à vida dos estudantes e não somente no momento da aula ou da avaliação;
- Organizar as intensões pedagógicas através de temas, objetivos, conteúdo que atendam as necessidades do projeto didático, dos professores e dos alunos;
- Organizar as intensões pedagógicas de tal forma que garanta a transversalidade de seus conteúdos temas e objetivos;
- Preparar técnica e academicamente o professor, tornando-o capaz de fomentar e propiciar a construção dos conhecimentos específicos com o grupo alunos sob sua responsabilidade, posto que seja fundamental que se procure, através de pesquisas, ter conhecimentos prévios que ultrapassem o sensu comum, o óbvio (Oliveira, 2001, p. 74).

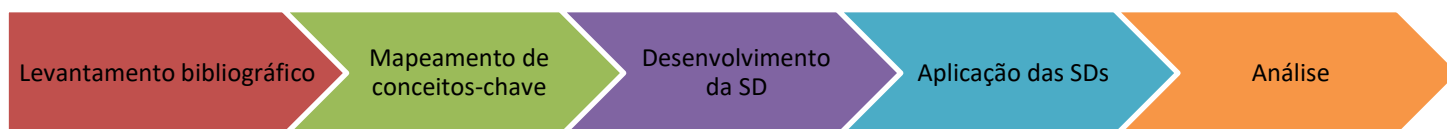
Os objetivos da pesquisa possuem caráter exploratório nas atividades que demandam compreensão e interpretação da relação de temas trabalhados nas SDs com o próprio estudante e suas reverberações na sociedade. Há, por outro lado, um caráter quantitativo na análise dos dados da pesquisa, visto que algumas atividades desenvolvidas, ou a serem realizadas, são fechadas e exatas. Assim, parte da investigação busca descrever os fenômenos (dados) e encontrar correlações causais entre fatos.

### 3.1. Procedimentos técnicos da metodologia da pesquisa

De maneira geral, os procedimentos técnicos das SDs estão apresentados na Figura 13 com a descrição, na sequência, de cada etapa. Os sujeitos da pesquisa deste trabalho são estudantes de duas turmas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (LCBio) do IF Baiano – *Campus Serrinha*. Por isso este trabalho apresenta duas SD.

A primeira SD foi aplicada na turma que ingressou no curso em 2022, no seu segundo semestre, portanto 2022.2, dentro da disciplina de Química Orgânica. A segunda SD será aplicada na turma ingressante em 2023, no seu primeiro semestre, ou seja, 2023.1, no escopo da disciplina de Química Geral.

Figura 13. Procedimento técnico adotado na construção das Sequências Didáticas.



Fonte: autor

#### **Etapa 1: Levantamento bibliográfico**

Seleção e leitura de material bibliográfico (jornais, revistas, livros, dissertações e teses) sobre temas relacionados à Astronomia, Astroquímica e Astrobiologia de forma a sistematizar o que já foi pesquisado ou está relacionado ao desenvolvimento de uma sequência didática com o tema Astroquímica e Astrobiologia.

#### **Etapa 2: Mapeamento de conceitos-chave**

Identificação de conceitos da Astronomia, Astroquímica e Astrobiologia com os conteúdos das ementas das disciplinas Química Geral e Química Orgânica, os quais também devem ter relação com as Ciências Biológicas, no sentido de garantir contextualização histórica e significado ao ensino daqueles conteúdos.

### **Etapa 3: Desenvolvimento da sequência didática (SD)**

Desenvolvimento das aulas expositivas, as quais têm como principal objetivo instrumentalizar os estudantes sobre os conceitos-chave elencados na etapa anterior para que possam relacioná-los aos conhecimentos já aprendidos nas disciplinas de Química. A elaboração desta etapa está intimamente relacionada aos diferentes momentos de aplicação das atividades e ferramentas didáticas.

A proposta inicial da pesquisa consistia em uma única SD, dentro da disciplina Química Orgânica, durante o semestre 2022.2, com o estudo de moléculas identificadas em ambientes para além do planeta Terra através de ferramentas como o kit didático, o uso do programa computacional Avogadro<sup>®</sup> e a utilização do recurso de Realidade Aumentada (RA) com o Merge Cube<sup>®</sup> para visualização de moléculas tridimensionais. Essa SD, entretanto, precisou ser remodelada, visto que uma incompatibilidade de instalação do Avogadro<sup>®</sup> nos computadores do Laboratório de Informática do Campus impediu a realização desta atividade. Devido ao número limitado de encontros, optamos por utilizar este recurso e o da RA numa outra turma, de Química Geral, com estudantes ingressantes no semestre 2023.1. Dessa forma, o que seria uma única SD acabou dividindo-se em duas.

A SD realizada no semestre 2022.2, entre abril e junho de 2023, na turma do 2º semestre do curso de LCBio doravante será chamada de SD1. Já a SD realizada na turma do 1º semestre – 2023.1, do mesmo curso, entre setembro e novembro de 2023, será chamada SD2.

As atividades que geraram dados para esta pesquisa, em cada SD, estão expostas na Figura 14, abaixo.

Figura 14. Fonte de dados de cada SD.

### Sequência Didática 1 (SD1)

- Questionário de conhecimentos prévios.
- Proposta de aplicação da Astrobiologia no Ensino Fundamental/Médio
- Kits didáticos com atividade vinculada.
- Identificação de molécula através de espectro no IV
- Debate e atividade sobre implicações da Astroquímica e Astrobiologia para a humanidade.

### Sequência Didática 2 (SD2)

- Questionário de conhecimentos prévios.
- Análise de parâmetros físico-químicos de moléculas baseado em Química Computacional com IQMol®.
- Relatório de visita técnica ao Observatório Antares

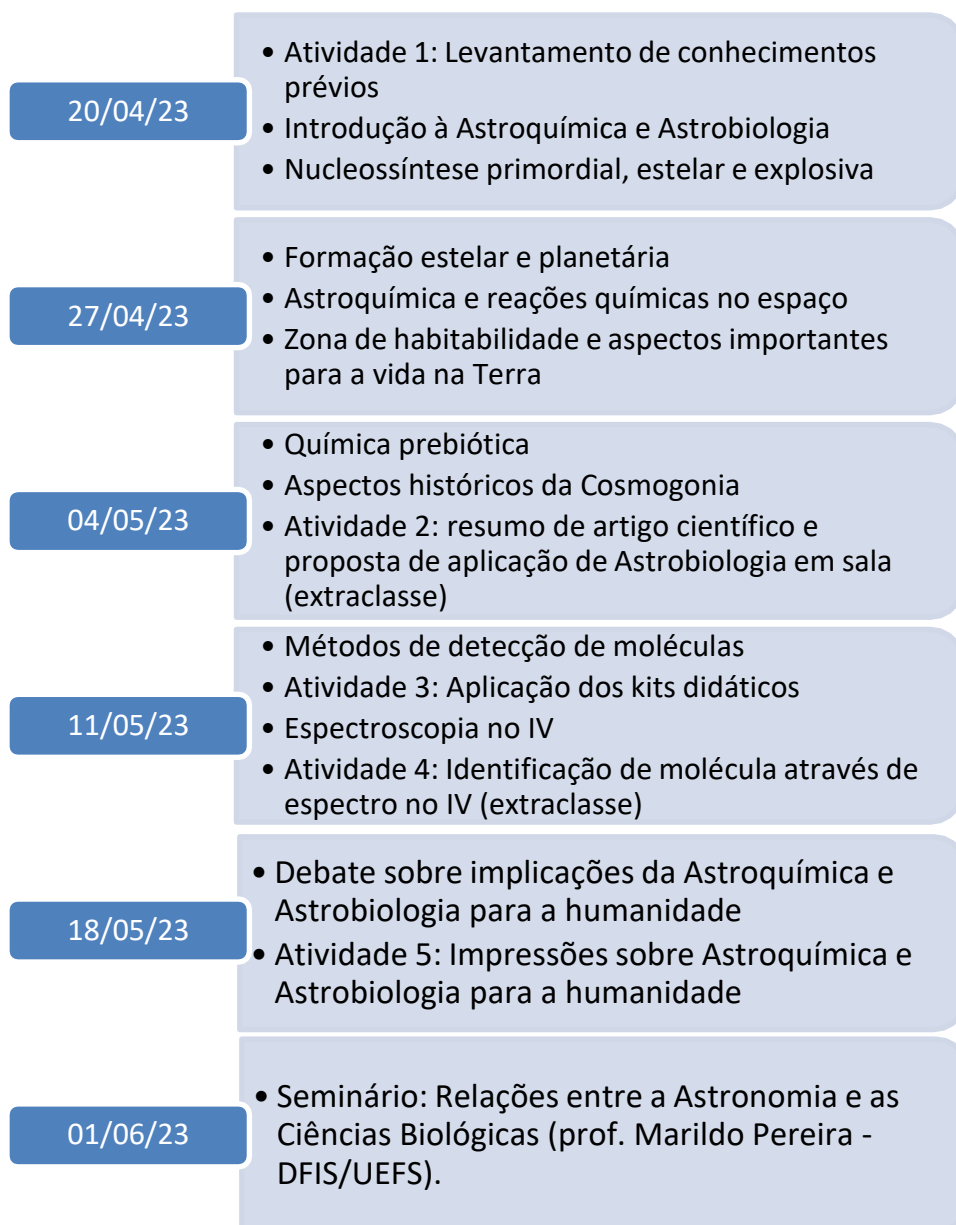
Fonte: autor

#### **Etapa 4: Aplicação das SDs**

Aplicação das aulas expositivas e realização das atividades (utilização dos kits didáticos, manipulação de softwares de química computacional, resolução de questionários abertos, fechados e de exercícios). A estrutura da SD1 está apresentada sucintamente na Figura 15.

Figura 15. Lista de tópicos abordados na sequência didática realizada na disciplina de Química Orgânica 2022.2.





Na Figura 16, a seguir, apresentamos a estrutura da SD2.

Figura 16. Lista de tópicos abordados na sequência didática realizada na disciplina de Química Orgânica 2022.2.

20/09/23	<ul style="list-style-type: none"><li>• Atividade 1: Levantamento de conhecimentos prévios</li><li>• Astroquímica e a formação de elementos químicos</li></ul>
27/09/23	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tabela Periódica e Propriedades periódicas (raio atômico)</li></ul>
04/10/23	<ul style="list-style-type: none"><li>• Propriedades periódicas: Energia de ionização e afinidade eletrônica</li></ul>
18/10/23	<ul style="list-style-type: none"><li>• Afinidade eletrônica, eletronegatividade e ligações químicas (iônica)</li></ul>
24/10/23	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ligações químicas (covalente e metálica). Polaridade de moléculas</li></ul>
31/10/23	<ul style="list-style-type: none"><li>• Polaridade de moléculas</li></ul>
01/11/23	<ul style="list-style-type: none"><li>• Visita técnica: Observatório Antares (Feira de Santana)</li><li>• Atividade 1: Química Computacional (extraclasse)</li><li>• Atividade 2: Relatório de visita técnica ao Observatório Antares (extraclasse)</li></ul>

Devido a limitações de utilização de realidade aumentada do Merge Cube® com seus aplicativos, atividade planejada para a SD2 na 2ª qualificação, precisou ser cancelada. Em seu lugar, desenvolvemos uma proposta de visita técnica ao Observatório Antares.

### **Etapa 5: Análise das informações coletadas**

Etapa em que os dados levantados ao longo das SDs estão sendo, de maneira distinta, analisados para percebermos se houve apropriação de conteúdos das disciplinas de maneira coerente, superação de obstáculos epistemológicos e se a inserção da Astroquímica e Astrobiologia ajudou neste

processo. Dessa forma, poderemos validar as ferramentas pedagógicas como o kit didático, uso de química computacional e de experimentação com RA, defendidas por este trabalho.

## 4. ANÁLISE DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Neste capítulo, apresentaremos os dados coletados em cada atividade realizada, a análise destes dados e os resultados obtidos. No total, realizamos sete atividades com objetivos, coleta de dados e metodologia de análise diferentes.

### 4.1. Atividade 1: levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes nas SD1 e SD2

A importância de se compreender os conhecimentos prévios dos estudantes reside no fato de que esses conhecimentos representam a base a partir da qual novos conceitos serão construídos. Ao reconhecer e compreender as concepções prévias dos alunos sobre os temas abordados na sequência didática, o professor pode adaptar sua prática pedagógica para promover aprendizagem e superar possíveis obstáculos cognitivos.

Ao considerar os conhecimentos prévios dos alunos, busca-se valorizar os contextos socioculturais dos estudantes, promovendo uma abordagem mais inclusiva e personalizada do ensino. Isso pode contribuir para criar um ambiente de aprendizagem mais acolhedor e motivador, onde os alunos se sentem valorizados e engajados no processo de construção do conhecimento.

Por isso, foi realizado o levantamento de conhecimentos prévios nas duas SD's desenvolvidas para relacionar os conteúdos de Astroquímica e Astrobiologia com a Biologia e a formação de professores. Este levantamento foi realizado na forma de questionário via Google Forms. Na Tabela 3, apresentamos as perguntas contidas no questionário.

Tabela 3. Lista de perguntas do questionário para levantamento de conhecimentos prévios

Perguntas	Alternativas
1) O que você conhece por Astronomia? Explique de maneira simples e objetiva.	Pergunta aberta
2) Alguma vez já ouviu falar sobre Astroquímica?	a) Sim b) Não c) Não sei

3) Se já ouviu falar de Astroquímica, o que você conhece deste termo?	Pergunta aberta
4) Alguma vez já ouviu falar sobre Astrobiologia?	a) Sim b) Não c) Não sei
5) Se já ouviu falar de Astrobiologia, o que você conhece deste termo?	Pergunta aberta
6) Você sabe definir o que é um planeta? E um exoplaneta?	Pergunta aberta
7) Qual é o elemento químico mais abundante no universo?	a) Carbono b) Oxigênio c) Hidrogênio d) Ferro e) Nitrogênio
8) Você acredita que é possível que haja vida em outros planetas além da Terra?	a) Sim b) Não c) Não sei
9) O que você acha que seria necessário para que vida surgisse em um planeta?	Pergunta aberta
10) Você sabe como os elementos químicos são formados?	Pergunta aberta
11) Você conhece alguma relação entre a Química Orgânica/Geral e a Astronomia? Se sim, relate brevemente o que sabe.	Pergunta aberta

Fonte: autor

Como cada SD foi realizada em turmas diferentes, então aplicamos o mesmo questionário. O 1º questionário foi aplicado na SD1 em 20/04/2023, com um total 21 respondentes. Já o 2º questionário, aplicado na SD2, realizou-se em 20/09/2023 com 24 respondentes.

A seguir, analisaremos simultaneamente as duas turmas a cada pergunta, refletindo sobre as respostas e identificando similaridades e diferenças. Nas perguntas abertas, utilizaremos a metodologia de análise de conteúdo de Bardin, que é uma abordagem qualitativa utilizada para examinar e interpretar o conteúdo de textos de maneira sistemática.

Essa metodologia tem como objetivo principal extrair significados, padrões de categorização de um contexto. Para isso, seguimos um conjunto de etapas como a pré-análise (definição do corpus textual a ser analisado e elaborando categorias de análise relevantes para o estudo), exploração do material (identificação de temas, padrões, ideias recorrentes e elementos-chave

no texto), categorização (os dados são categorizados de acordo com as unidades de análise previamente estabelecidas), interpretação dos resultados (compreensão dos significados relacionados aos dados e de tendências ou relações entre as categorias) (Mendes; Miskulin, 2017). Assim, escolhemos apresentar as análises das respostas nos questionários das duas SD's em termos suas similaridades e diferenças.

Optamos por também apresentar as repostas no formato de Nuvem de Palavras, um recurso empregado na análise de dados textuais, pois é uma ferramenta de identificação e visualização dos principais conceitos presentes no corpus textual. A nuvem de palavras é construída a partir da frequência de ocorrência das palavras no texto, onde aquelas mais frequentes são representadas visualmente em maior tamanho e destaque. Esse método oferece uma visão panorâmica do conteúdo textual, permitindo uma rápida identificação dos termos mais recorrentes (Dantas *et al.*, 2019) podendo revelar, por conseguinte, os principais tópicos nas respostas apresentadas no questionário e que estarão relacionados à análise do conteúdo. As nuvens de palavras foram confeccionadas de forma online no site Wordart.com.

Já nas perguntas fechadas, apresentaremos graficamente o percentual de respostas dadas em cada alternativa para, a partir dos mesmos, analisar o cenário de saberes prévios desses estudantes.

Quadro 3. Nuvens de palavras referentes a Pergunta 1 do questionário

Pergunta	SD1	SD2
1) O que você conhece por Astronomia ? Explique de maneira simples e objetiva.		

Fonte: autor

Ao analisar os dois grupos de respostas do Quadro 3 fornecidas pelos estudantes na SD1 e na SD2 na primeira pergunta, é possível perceber uma variedade de conceitos prévios sobre o tema.

Em termos de similaridades, ambos os grupos de respostas apresentam uma compreensão básica de que a Astronomia se relaciona ao estudo dos astros e do universo em geral. Notamos isso nitidamente comparando as nuvens de palavras. Os alunos reconhecem que a disciplina aborda questões relacionadas a planetas, estrelas, galáxias e outros corpos celestes.

Em ambas as respostas, há também uma associação da Astronomia com a ciência. Os alunos reconhecem a disciplina como um campo científico dedicado à investigação e compreensão dos fenômenos celestes.

Além disso, vemos nas respostas contidas na SD1 e na SD2 limitações no conhecimento sobre Astronomia. Alguns alunos expressam desconhecimento ou falta de familiaridade com o assunto, indicando que têm pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre a disciplina.

No que tange as diferenças nas respostas, aquelas da SD1 apresenta maior detalhamento, descrevendo a Astronomia como o estudo dos fenômenos e origens do universo, o estudo de planetas, estrelas, asteroides, galáxias e outros corpos celestes. Por outro lado, na SD2 vimos respostas mais sucintas e menos detalhadas, com algumas respostas indicando apenas conceitos básicos sobre corpos celestes.

Ademais, notamos na SD1 uma variedade maior de conceitos relacionados à Astronomia, incluindo fenômenos e origens do universo, planetas, estrelas, galáxias, entre outros. Enquanto isso, na SD2, as respostas concentraram-se principalmente na ideia geral de que a Astronomia estuda os corpos celestes, com menos ênfase em conceitos específicos.

Finalmente, há uma mistura de respostas que indicam um nível variado de confiança no conhecimento sobre Astronomia, com alguns alunos expressando mais confiança em suas respostas do que outros no primeiro questionário. No entanto, no segundo, há uma prevalência de respostas que indicam incerteza ou falta de conhecimento sobre o assunto.

Quadro 4. Gráficos referentes as respostas da Pergunta 2 do questionário

Pergunta	SD1	SD2
2) Alguma vez já ouviu falar sobre Astroquímica?	<p>Não sei 4.8%</p> <p>Sim 33.3%</p> <p>Não 61.9%</p>	<p>Sim 20.8%</p> <p>Não sei 29.2%</p> <p>Não 50.0%</p>

Fonte: autor

A análise qualitativa das respostas no Quadro 4 revela que no grupo SD1, uma proporção maior dos alunos afirmou já ter ouvido falar sobre Astroquímica (33,3%), em comparação com o grupo SD2 (20,8%). Por outro lado, no grupo SD2, uma porcentagem relativamente maior de alunos respondeu "Não sei" (41,7%) em comparação com o grupo SD1 (19,0%).

Comparativamente, podemos suspeitar que os alunos do grupo SD1 parecem ter uma maior exposição ou interesse prévio em Astroquímica, ainda que a maioria nunca tenha escutado o termo. Já os alunos do grupo SD2 demonstram uma maior incerteza ou falta de conhecimento sobre Astroquímica, possivelmente refletindo uma lacuna de informação ou interesse em relação ao tema.

Quadro 5. Nuvens de palavras referentes a Pergunta 3 do questionário

Pergunta	SD1	SD2
3) Se já ouviu falar de Astroquímica, o que você conhece deste termo?		

Fonte: autor

Ao analisar os dois grupos de respostas do Quadro 5 à pergunta "Se já ouviu falar de Astroquímica, o que você conhece deste termo?", foi possível



perceber que em ambos os grupos de respostas, há uma prevalência de alunos que expressam falta de conhecimento prévio sobre o termo "Astroquímica". Muitos alunos simplesmente respondem "não" ou indicam que nunca ouviram falar sobre o assunto. Na SD1, oito estudantes deixaram a resposta em branco; na SD2 foram sete. Entretanto, percebemos que tanto SD1 quanto na SD2, há respostas que associam a Astroquímica com a química no universo, como a composição química de astros, a evolução química do espaço e o estudo das reações químicas que ocorrem nos corpos celestes, sugerindo que a Astroquímica está de alguma forma relacionada ao estudo dos astros, fenômenos astronômicos ou à composição dos corpos celestes.

Assim como na análise da pergunta 1, aqui percebemos também que as respostas no questionário aplicado na SD1 expressaram informações mais detalhadas e específicas sobre o que os alunos conhecem sobre Astroquímica, incluindo menções à composição química de astros, evolução química do espaço e relação com o Big Bang. Enquanto isso, a SD2 forneceu respostas mais genéricas e vagas, sendo que a maioria delas indicavam falta de conhecimento sobre o tema, como podemos notar na nuvem de palavras.

Quadro 6. Gráficos referentes as respostas da Pergunta 4 do questionário

Pergunta	SD1	SD2
4) Alguma vez já ouviu falar sobre Astrobiologia?	<p>Sim 23.8%</p> <p>Não 76.2%</p>	<p>Sim 8.3%</p> <p>Não sei 16.7%</p> <p>Não 75.0%</p>

Fonte: autor


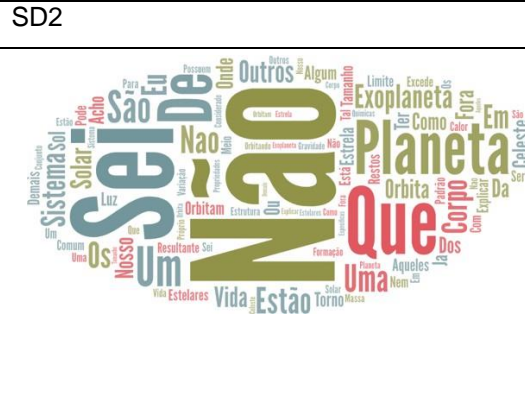
Para compreender a percepção dos alunos sobre Astrobiologia, analisamos graficamente as respostas dos dois grupos designados como SD1 e SD2 em relação à pergunta "Alguma vez já ouviu falar sobre Astrobiologia?", considerando as opções "sim", "não" e "não sei" contidas no Quadro 6.

No grupo SD1, uma proporção relativamente maior de alunos indicou ter conhecimento sobre Astrobiologia (23,8%), enquanto no grupo SD2 essa



sobre Astrobiologia, incluindo menções ao estudo das formas possíveis de vida fora da Terra, composições dos planetas e a relação entre os astros e o surgimento da vida na Terra (vide nuvem de palavras). Com isso, reforça-se a ideia de que a turma em que a SD1 foi aplicada tinha de fato uma aproximação maior com temáticas voltadas à Astronomia de maneira geral. A maioria das respostas do questionário da SD2 eram de “Não sei”.

Quadro 8. Nuvens de palavras referentes a Pergunta 6 do questionário

Pergunta	SD1	SD2
6) Você sabe definir o que é um planeta? E um exoplaneta?		

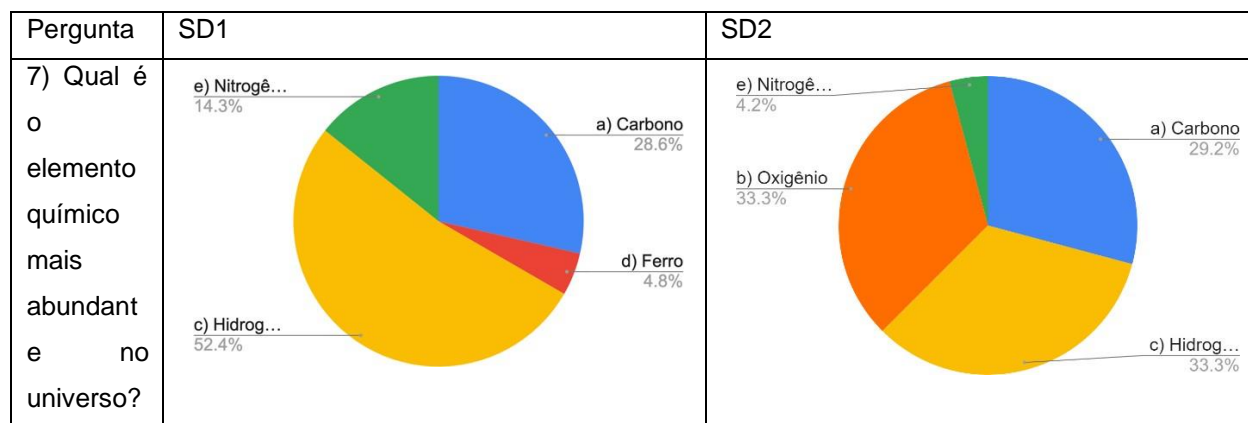
Fonte: autor

Nesta pergunta, o questionário da SD1 apresenta um leque de respostas contendo uma variedade de definições sobre o que é um planeta, incluindo referências à sua formação, composição, órbita em torno do Sol e sua relação com o sistema solar. Por outro lado, na SD2 fornece poucas respostas nesse sentido, possuindo nas perguntas abertas anteriores uma prevalência de “Não sei” como resposta, como podemos visualizar na nuvem de palavras do Quadro 8. Identificamos que enquanto na SD1 também verificamos algumas definições sobre o que são exoplanetas, na respostas da SD2 vê-se menos respostas e quando aparecem, são mais confusas sobre o tema. Algumas respostas demonstram confusão de conceitos, como "um planeta fora de órbita de uma estrela", enquanto outras indicam falta de conhecimento sobre o tema.

Em ambos os grupos de respostas, há uma maioria de alunos que expressam falta de conhecimento sobre exoplanetas. Muitos alunos simplesmente respondem "não sei" ou indicam que não têm conhecimento sobre o assunto.

Por outro lado, SD1 e na SD2, tivemos respostas em que os alunos reconhecem que planetas estão relacionados a objetos que orbitam uma estrela ou um sistema estelar. Poucas respostas incluíram exoplanetas nesse mesmo rol.

Quadro 9. Gráficos referentes as respostas da Pergunta 7 do questionário



Fonte: autor

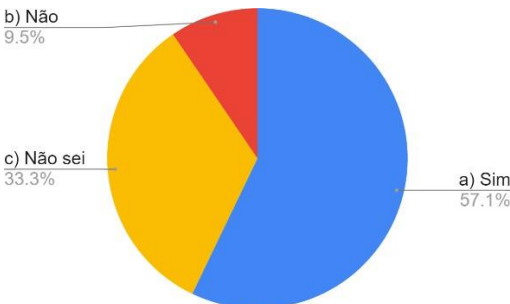
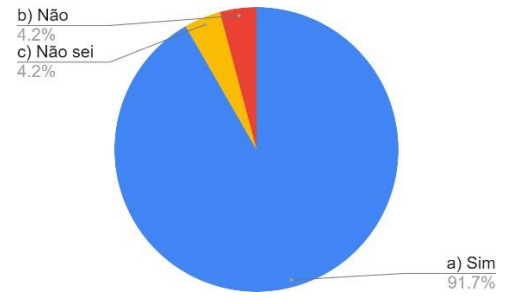
Com o intuito de investigar os conhecimentos prévios sobre a composição química do Universo, a sétima pergunta trouxe respostas interessantes a partir de alternativas que indicavam elementos químicos muito comuns no nosso planeta, vide Quadro 9.

A análise dos resultados revela que no grupo SD1, a maioria dos alunos (50,0%) respondeu acertadamente que o elemento mais abundante no universo é o hidrogênio, seguido pelo carbono (28,6%) e pelo nitrogênio (14,3%).

Por outro lado, no grupo SD2, as respostas foram mais diversificadas, com uma distribuição quase igual entre hidrogênio e oxigênio (ambos com 33,3%), seguidos de perto pelo carbono (29,2%) e uma resposta para nitrogênio (4,2%).

O grupo SD1 apresenta uma tendência mais clara em direção ao conhecimento correto, com metade dos respondentes reconhecendo o hidrogênio como o elemento mais abundante no universo. Já no grupo SD2, há uma distribuição mais equilibrada entre as opções, indicando possíveis desconhecimento ou confusões conceituais.

Quadro 10. Gráficos referentes as respostas da Pergunta 8 do questionário

Pergunta	SD1	SD2
8) Você acredita que é possível que haja vida em outros planetas além da Terra?	 <p> b) Não 9,5%  c) Não sei 33,3%  a) Sim 57,1% </p>	 <p> b) Não 4,2%  c) Não sei 4,2%  a) Sim 91,7% </p>

Fonte: autor

Para entender as crenças dos discentes sobre a possibilidade de vida em outros planetas, na vertente da Astrobiologia analisamos as respostas dos grupos SD1 e SD2 à pergunta "Você acredita que é possível que haja vida em outros planetas além da Terra?" apresentadas no Quadro 10.

A análise desses resultados revela que, no grupo SD1, a grande maioria dos alunos (57,1%) acredita na possibilidade de vida em outros planetas, enquanto uma pequena parcela (9,5%) expressou descrença nessa possibilidade e um terço dos alunos admitiram não ter certeza.

Por outro lado, no grupo SD2, uma proporção ainda maior de alunos (91,7%) expressou crença na possibilidade de vida em outros planetas, enquanto apenas resposta (4,2%) indicou descrença e outra admitiu não ter certeza.

Esses resultados sugerem que a maioria dos alunos em ambos os grupos tem uma visão favorável à possibilidade de vida extraterrestre. No entanto, a proporção de alunos que expressaram descrença ou incerteza é maior no grupo SD1 em comparação com o grupo SD2. Essas diferenças podem refletir diferentes posturas em relação à especulação científica ou até mesmo relação com crenças religiosas.

Quadro 11. Nuvens de palavras referentes a Pergunta 9 do questionário

Pergunta	SD1	SD2
9) O que você acha que seria necessário para que vida surgisse em um planeta?		

Fonte: autor

Esta pergunta visou aproximar ao máximo a temática Astronomia com o curso dos estudantes pois o debate sobre o que é vida é um campo aberto na Biologia.

Vimos que nas respostas da SD1 quanto da SD2, há uma prevalência de respostas que associam o surgimento da vida à presença de condições ambientais favoráveis, como a presença de oxigênio, luz solar, temperatura e principalmente a água como elementos essenciais para a vida como a conhecemos, presentes nas nuvens de palavras do Quadro 11.

Em muitas respostas vimos a questão evolucionista aparecendo em respostas como *“Depende, é relativo. Pois diversos organismos vivem em condições diferentes de clima/temperatura, gravidade, oxigênio, etc. Então seria difícil descrever. Mas, acredito que o principal seria haver um meio de proliferação para que os microorganismos pudessem surgir e evoluir. Como a presença de água e oxigênio, por exemplo, que é uma das fontes principais para a vida.”*

A resposta acima versa com a dificuldade por parte dos estudantes de imaginar uma forma de vida diferente daquela que cohecemos, presente em outras falas, reconhecendo que a resposta para esta questão é complexa.

Quadro 12. Nuvens de palavras referentes a Pergunta 10 do questionário

Pergunta	SD1	SD2



relate brevemente o que sabe.		
-------------------------------------	--	--

Na última pergunta do questionário, buscamos identificar se os estudantes conseguem fazer algum paralelo entre a Química e a Astronomia, foco das duas sequências didáticas realizadas com as turmas.

A maioria dos alunos responderam que não sabiam, como podemos enxergar no Quadro 13. Na SD1 foram 13 respostas nesse sentido e 16 na SD2, como é perceptível nas nuvens de palavras. O interessante é que algumas perguntas do questionário poderiam servir como “pistas” para esta questão, mas os discentes acabaram não realizando essa conexão.

Nas respostas diferentes do “não sei”, vimos que ambos os questionários continham respostas que associam a relação entre Química e Astronomia à composição química do universo. Esses alunos reconhecem que os elementos químicos presentes no universo estão relacionados à química e podem influenciar processos astronômicos. Respostas da SD1 fizeram referências à Astrobiologia e à possibilidade de vida em outros mundos, além de ideias gerais de que os elementos químicos estão presentes no universo e podem estar relacionados à vida. Enquanto isso, as respostas da SD2 mencionam processos astronômicos específicos, como a fusão nuclear no interior das estrelas.

Em suma, após observar todas as respostas analisadas acima, muitos estudantes demonstraram uma compreensão inicial e variável sobre os temas abordados. Suas respostas indicam uma diversidade de conceitos prévios e níveis de familiaridade com os assuntos relacionados à Astroquímica, Astrobiologia, Química e sua interação com a Astronomia. Pouquíssimos discentes demonstraram um conhecimento mais refinado sobre estas áreas do saber. Por isso foi tão importante promover uma SD em ambas as turmas que pudesse demonstrar essa interdisciplinaridade entre a Astronomia, a Química e as Ciências Biológicas visando promover uma compreensão mais ampla e aprofundada na formação acadêmica dos estudantes.



Esta análise foi importante para embasar a necessidade de exercitar na prática pedagógica das disciplinas de Química Geral e Química Orgânica algumas temáticas da Astroquímica e da Astrobiologia. Ela, no entanto, não foi incluída no Produto Educacional pois teve como objetivo, além de levantar os conhecimentos que os estudantes possuíam sobre os temas, nortear a construção das próximas atividades.

#### **4.2. Atividade 2 (SD1): desenvolvimento de proposta aplicação do tema para Ensino Fundamental ou Médio**

A atividade em questão foi realizada fora da sala de aula e teve como objetivo desenvolver o hábito de leitura e interpretação de artigos científicos e aplicar os conhecimentos trabalhados nas aulas de Química Orgânica, sobre o tema Astrobiologia, para desenvolver uma proposta de aplicação da temática em aulas de Ciências ou Biologia. A turma que realizou essa atividade estava no 2º semestre do curso.

Os estudantes foram requisitados a:

- 1) Ler o artigo Astrobiologia, Educação Científica e Interdisciplinaridade de Brito e Teixeira (2022) e fazer um resumo entre uma e duas páginas;
- 2) Escrever uma proposta de aplicação de um tema gerador vinculado à Astrobiologia para o ensino de um determinado conteúdo de Ciências/Biologia.

Em relação ao resumo, foi solicitado que os discentes utilizassem linguagem e formatação de texto acadêmico. O objetivo desta etapa foi apenas de fomentar a leitura e a escrita acadêmica. O artigo de Brito e Teixeira apresenta diferentes possibilidades de educação científica tendo a Astrobiologia como pano de fundo. Este artigo também serviu como texto motivador para o desenvolvimento da proposta de aplicação da Astrobiologia no Ensino Fundamental ou Médio.

Para a proposta de aplicação, os estudantes deveriam sinalizar o nome do conteúdo de Ciências ou Biologia da(s) aula(s), o objetivo, metodologia, número de aulas, materiais necessários e formas de avaliação. A proposta, obviamente, deve ser diferente daquelas apresentadas no artigo motivador. Foi solicitado que, se possível, as propostas também associassem informações de Química Orgânica. Essa solicitação não foi obrigatória. O prazo de entrega da

atividade foi de 15 dias. Esta atividade foi pensada principalmente para fomentar a reflexão dos estudantes enquanto professores em formação.

A matriz curricular do curso já apresenta desde o primeiro semestre disciplinas da área pedagógica. No primeiro semestre os alunos cursam Pesquisa e Prática Pedagógica I (PPP I) e Fundamentos Filosóficos e Sociológicos da Educação. A primeira disciplina discute gêneros textuais, a relação entre bioética e divulgação científica, bem como a elaboração de projetos para o contexto escolar. A segunda aborda temas como a função social da escola, as relações de poder na educação e os desafios da educação contemporânea.

Já no 2º semestre os estudantes cursam Políticas Educacionais e PPP II. Nesta disciplina discute-se o trabalho docente e a organização do trabalho pedagógico na escola. Também discute questões contemporâneas na vida escolar e social, como violência, drogas e bullying. Em Políticas Educacionais, os discentes estudam o sistema educacional brasileiro em seus aspectos legais, sociopolíticos, administrativos, pedagógicos e financeiros, incluindo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) e políticas de educação profissional.

Perceber como discentes da licenciatura refletem sobre a prática docente também é um dos objetivos desta pesquisa. Aqui faremos apenas a análise das propostas de aplicação apresentadas pelos discentes pois é a etapa da atividade que nos interessa investigar.

Para essa investigação, escolhemos duas perspectivas de análise:

1) Análise do conteúdo:

- i. *Temática*: tema de Ciências (Ensino Fundamental - EF) ou Biologia (Ensino Médio - EM) escolhido pelo/a discente;
- ii. *Relação com a Astrobiologia*: Tema da Astrobiologia utilizado como pano de fundo da proposta.

2) Análise pedagógica:

- iii. *Metodologia*: formato escolhido para trabalhar a temática com a turma;
- iv. *Avaliação*: instrumento(s) adotado(s) para avaliar os participantes de cada proposta.

Um total de 25 estudantes realizaram essa atividade, porém 2 só realizaram o resumo, de modo que faremos aqui a análise de 23 propostas. No Quadro 14, apresentamos a síntese das análises e a discussão das mesmas.

Quadro 14. Quadro síntese das análises de conteúdo e pedagógica

<b>Estudante</b>	<b>Temática</b>	<b>Relação com a Astrobiologia</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Avaliação</b>
1	Evolução: surgimento da vida, fósseis e teoria da evolução (EF)	Não apresentou	Aula expositiva dialogada	- Árvore genealógica - Pesquisa sobre surgimento de um dado animal
2	Origem da vida (EF)	Condições de habitabilidade	Aula expositiva dialogada	- Mapa mental
3	Estudo da vida (EF)	Possíveis formas de vida em outros planetas	Aula expositiva dialogada	- Maquetes de sistemas solares hipotéticos e suas formas de vida
4	Bioquímica (EM)	Sistema solar e sua composição química	Aula interdisciplinar expositiva entre Biologia e Química	- Maquetes do Sistema Solar com materiais recicláveis - Apresentação das maquetes
5	Astrobiologia no Ensino Fundamental (EF)	Astrobiologia	Aula expositiva	Lista de exercício
6	Origem e evolução da vida na Terra (EF)	Origem e evolução da vida	Aula invertida com pesquisa	Confecção e apresentação de maquete sobre evolução da vida na Terra

7	Olhando para o Céu (EF)	Terra e Universo	Aulas maker: construção de relógio solar, carta celeste, sistema Sol-Terra-Lua, eclipse e fases da Lua e visita ao Parque do Saber	Processual
8	Surgimento da vida na Terra (EM)	Química pré-biótica	Aula prática em laboratório: síntese de aminoácidos (experimento de Miller)	Não especificou
9	Origem da vida na Terra (EM)	Astrobiologia e exploração espacial – Missão Mars Rover Landing	Aula expositiva e realização de atividades como participação no jogo Mars Rover Landing (gratuito para Xbox), coletando dados de diferentes áreas do planeta vermelho e compartilhando com a turma, análise de amostras “marcianas” via dados e informações fornecidas	Participação, registro de atividades, desempenho no jogo, prova e trabalho final.
10	Astrobiologia e Química Orgânica (EM)	Astrobiologia	Aula expositiva com vídeo, pesquisa e apresentação de seminários sobre o tema e roda de conversa sobre as apresentações	Desenhos sobre concepção da vida no Universo.
11	Preservação do meio ambiente através da conservação da camada de ozônio (EM)	Não sinalizou	Aula expositiva com vídeos. Pesquisa sobre efeitos do CO <sub>2</sub> na camada de ozônio	Quadro de informação.
12	A Lua e sua importância para a vida na Terra (EM)	Não sinalizou	Aula expositiva com utilização de jogo de Verdadeiro ou Falso	Mapa mental sobre o conteúdo

13	Vida: criação vs abiogênese (EM)	Origem da vida	Aula expositiva. Debate com utilização de notícia sobre o tema	Debate entre criacionistas vs cientistas, defendendo suas ideias
14	Sistema solar (EF)	Sistema solar e a geração da vida	Aula expositiva	Maquete do Sistema Solar
15	Evolução (EM)	Química pré biótica	Debate sobre química pré biótica através do método de problematização "Arco de Maguerez"	Mapa mental em papel metro
16	Surgimento, evolução da vida e suas teorias (EM)	Busca de vida no espaço sideral	Aula expositiva apresentando aspectos históricos da Astrobiologia com apresentação de seminário acerca das condições para o surgimento da vida. Aula prática de espectroscopia para identificação de compostos orgânicos. Visita técnica a um observatório	Participação nas atividades e relatório sobre as atividades desenvolvidas
17	Citologia: origem, composição e evolução celular (EM)	Cosmogênese dos elementos	Debate sobre composição química de uma célula, a formação das primeiras células e origem da vida, a evolução celular e a formação do oxigênio, o metabolismo celular e as reações químicas	Apresentação de uma linha do tempo da evolução celular
18	Organismos extremófilos	Astrobiologia	Aula expositiva. Pesquisa sobre extremófilos	Maquete sobre os ambientes de vida dos extremófilos
19	Conceito da vida e evolução (EM)	Relação da astrobiologia e a teoria do evolucionismo	Aula expositiva sobre teorias da evolução. Debate baseado em documentário. Jogo de perguntas e respostas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapa mental com palavras trabalhadas nas aulas</li> <li>- Pesquisa sobre o que é Astrobiologia</li> <li>- Participação nas atividades</li> </ul>

20	Condições para surgimento da vida (EF ou EM)	Astrobiologia	Aula expositiva dialogada.	Construção e apresentação de maquete sobre o astro perfeito para abrigar vida
21	Teorias sobre a origem da vida (EM)	Origem da vida	Roda de conversa, experimento de Redi e discussão sobre a prática	Avaliação diagnóstica e relatório de aula prática
22	Surgimento de vida na Terra	Condições para vida da Terra	Comparativo entre exoplanetas descobertos e a Terra. Debate sobre Big Bang e formação dos elementos químicos e aula expositiva sobre o origem da Terra	Avaliação processual e construção de quadro comparativo das condições da Terra primitiva e atual, relacionando com o surgimento da vida.
23	Asteroides no ensino de ciências	Astrobiologia e asteroides: características	Aula expositiva com vídeo	Elaboração e exibição de material audiovisual relacionando Astrobiologia e asteroides

#### 4.2.1 Análise das temáticas

Da lista fornecida pelos alunos, podemos observar que as temáticas escolhidas estão distribuídas entre os diferentes níveis de ensino, com a maioria delas sendo relacionadas ao Ensino Médio (EM). As temáticas mais recorrentes incluem aquelas relacionadas a origem da vida na Terra. Além disso, temas como a evolução, a citologia e a química orgânica também tiveram destaque.

É interessante notar que alguns tópicos estão relacionados diretamente à Astrobiologia, como a origem da vida na Terra, as condições para seu surgimento e os organismos extremófilos. Também foram apontadas conexões entre a Astrobiologia e outras disciplinas, como a Química Orgânica e a preservação do meio ambiente, o qual confundiu camada de ozônio com efeito estufa.

Em termos quantitativos, a temática mais escolhida foi a origem e evolução da vida na Terra, com várias variações dessa temática sendo mencionadas pelos alunos. Em segundo lugar, temos a Astrobiologia no Ensino Fundamental (EF), mostrando que esse campo do saber tem grande capilaridade e pode ser apresentado, dadas as devidas considerações, para crianças e adolescentes.

A diversidade de temas escolhidos pelos estudantes indica uma gama de possibilidades em explorar diferentes aspectos da Astrobiologia e sua aplicação na Educação Básica, abrindo espaço para discussões interdisciplinares e para a exploração de diferentes campos científicos.

#### 4.2.2 Análise da relação com a Astrobiologia

Conseguimos identificar que o tema relacionado à Astrobiologia mais citado foi acerca da origem, evolução da vida e condições de habitabilidade. Todavia, outros temas interessantes também foram utilizados como possíveis formas de vida em outros planetas, sistemas solares, composição química do universo, química pré-biótica e busca de vida no espaço sideral. Em menor escala, também foram selecionados temas como exploração espacial, a cosmogênese dos elementos e asteroides.

Dada a diversidade de temas relacionados à Astrobiologia, nota-se a amplitude deste campo, evidenciando que suas pesquisas não se restringem apenas à busca por vida extraterrestre, mas abrangem uma série de temas interconectados. Além da origem e evolução da vida, também se vê questões relacionadas à habitabilidade em outros corpos celestes e à composição química do universo.

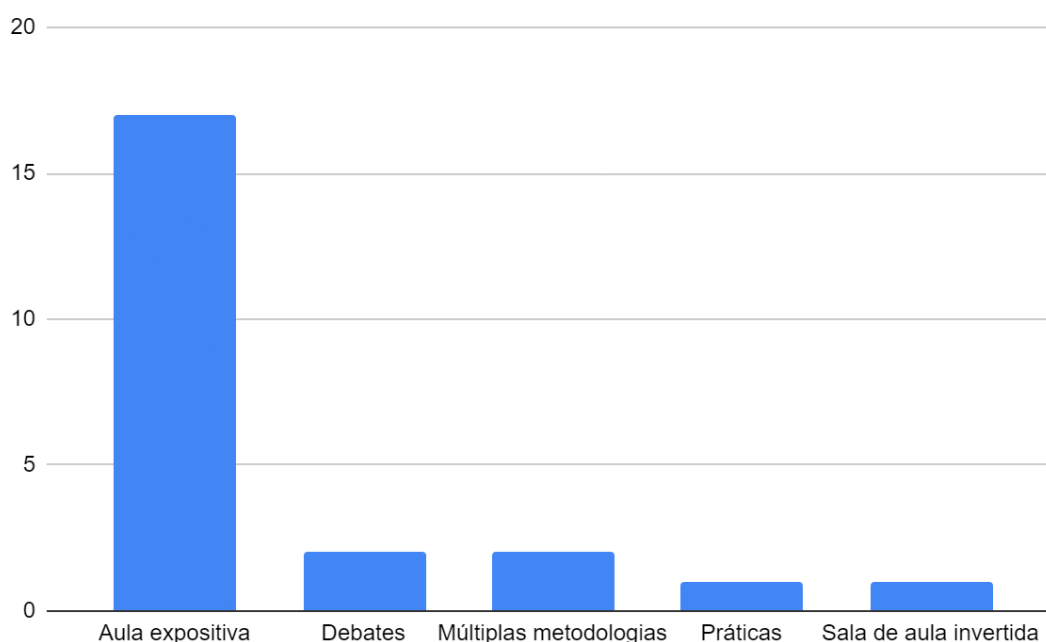
A menção a possíveis formas de vida em outros planetas e sistemas solares demonstra o interesse em compreender a diversidade da vida no cosmos, diretamente relacionado ao curso dos discentes, enquanto a investigação da química pré-biótica busca revelar as condições que propiciaram o surgimento da vida na Terra. A exploração espacial e a cosmogênese dos elementos também são temáticas relevantes, pois se relacionam diretamente com a evolução do universo e a origem dos elementos químicos.

Por fim, é interessante notar uma referência aos asteroides, destacando a importância do estudo desses corpos celestes como fontes de informações sobre a história de sistemas solares. Podemos afirmar, então, que a diversidade de temas abordados na Astrobiologia reflete a complexidade na busca por respostas sobre a existência de vida além da Terra e a compreensão dos processos que regem o universo.

### 4.2.3 Análise das metodologias

As metodologias de aula escolhidas pelos alunos podem ser agrupadas em cinco categorias: aulas expositivas, debates, múltiplas metodologias, aula prática e aula invertida. No Gráfico 1 apresentamos quantitativamente as diferentes metodologias empregadas pelos discentes.

Gráfico 1. Quantitativo de metodologias empregadas nas propostas dos estudantes.



Fonte: autor

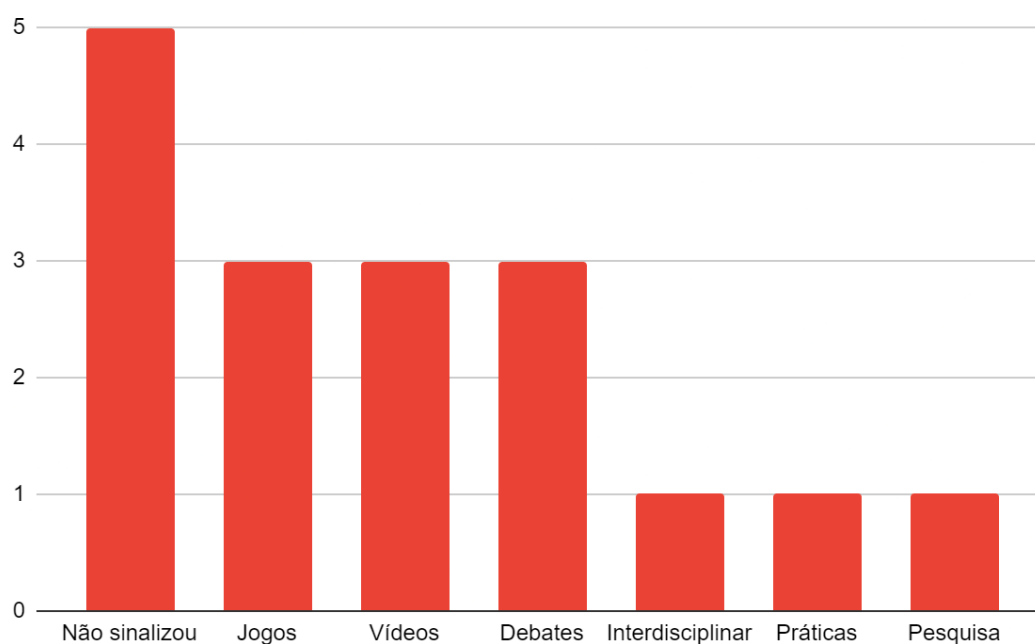
As aulas expositivas foram as mais escolhidas pelos alunos, sendo usadas em dezessete propostas de aula. Dessas, doze apontaram as ferramentas pelas quais conduziram suas aulas: aula interdisciplinar, vídeos,



jogos, debates, pesquisas e atividades práticas. No Gráfico 2, fazemos uma análise mais detalhada da metodologia de aula expositiva, visualizando as ferramentas elencadas neste tipo de metodologia.

Embora seja um meio comum em práticas pedagógicas, sua predominância pode refletir uma abordagem mais tradicional de ensino, com pouca ênfase na participação ativa dos alunos e na construção colaborativa do conhecimento. Além disso, a quantidade significativa de aulas expositivas em comparação com outras metodologias sugere uma possível falta de diversidade e criatividade na elaboração das propostas de aula. Entendemos, no entanto, que esse material foi produzido por alunos no início do curso (2º semestre), os quais ainda não tiveram plena oportunidade de se apropriar de metodologias alternativas às tradicionais.

Gráfico 2. Tipos de ferramentas utilizadas nas propostas de aulas expositivas



Fonte: autor

Os debates foram usados em duas propostas de aula e exploraram temas como origem da vida e evolução celular bem como a química pré biótica. Esta metodologia é interessante, segundo Johnson e Johnson (2009), por promover a reflexão crítica, o desenvolvimento da argumentação, a habilidade de escutar e considerar diferentes pontos de vista, além de estimular a participação ativa

dos alunos, contribuindo para a construção do conhecimento de forma colaborativa.

A categoria de múltiplas metodologias aparece aqui pois dois estudantes indicaram pelo menos duas formas de construção de conhecimento nas suas propostas; uma mesclando o ensino maker com visita técnica, outra combinando aula prática com debate. Delgado, Martínez, e Prieto (2018) afirmam que o ensino maker contribui para o desenvolvimento de competências como trabalho em equipe, colaboração e inovação, fundamentais para o sucesso pessoal e profissional dos alunos. Já as visitas a museus de ciência, conforme ressalta Amorim (2018), proporcionam um ambiente rico em estímulos sensoriais, favorecendo a compreensão dos fenômenos naturais e o engajamento ativo dos estudantes no processo de aprendizagem.

A terceira categoria, aula prática, foi apresentada por apenas um estudante. Ela se destaca pela sua potencialidade em proporcionar experiências concretas e experimentais aos alunos, favorecendo a compreensão dos conceitos abordados. No entanto, a pouca menção à atividades dessa natureza podem indicar uma dificuldade dos estudantes visualizarem o fazer científico incluso em metodologias pedagógicas.

A categoria de aula invertida também foi trazida por apenas um estudante.

Segundo Franco e Teixeira (2016), a sala de aula invertida promove um engajamento mais ativo dos estudantes por transferir parte da responsabilidade pela assimilação do conteúdo para os próprios alunos, esta metodologia estimula a autonomia, o protagonismo e a capacidade de autorregulação do aprendizado.

Percebemos que os alunos buscaram variar as metodologias escolhidas, explorando diferentes formas de aproximar a Astrobiologia da Educação Básica.

É importante refletir, no entanto, sobre a distribuição desigual dessas metodologias com aquelas utilizadas no Ensino Superior para a formação de professores. Por exemplo, nenhuma das metodologias apresentadas nessa atividade sinalizaram o desenvolvimento de habilidades contidas na BNCC ou qualquer repertório teórico em suas metodologias, demonstrando uma certa fragilidade pedagógica em suas propostas de atividade.

#### 4.2.4 Análise das avaliações

A partir da análise dos métodos de avaliação apresentados nesta atividade, elencamos sete categorias principais, as quais foram sintetizadas graficamente no Gráfico 2:

1. Atividades escritas:

- Lista de exercícios
- Desenhos sobre concepção da vida no Universo
- Quadro de informação
- Relatório de aula prática
- Relatório sobre as atividades desenvolvidas
- Avaliação processual e construção de quadro comparativo das condições da Terra primitiva e atual, relacionando com o surgimento da vida
- Avaliação diagnóstica e relatório de aula prática

2. Maquetes:

- Maquetes de sistemas solares hipotéticos e suas formas de vida
- Maquetes do Sistema Solar com materiais recicláveis
- Maquete sobre os ambientes de vida dos extremófilos
- Maquete sobre evolução da vida na Terra
- Maquete do Sistema Solar
- Construção e apresentação de maquete sobre o astro perfeito para abrigar vida

3. Mapas mentais:

- Mapa mental sobre o conteúdo
- Mapa mental em papel metro
- Mapa mental com palavras trabalhadas nas aulas

4. Apresentações:

- Apresentação das maquetes
- Apresentação de uma linha do tempo da evolução celular
- Elaboração e exibição de material audiovisual relacionando Astrobiologia e asteroides

#### 5. Pesquisas:

- Pesquisa sobre surgimento de determinado ser vivo
- Pesquisa sobre o que é Astrobiologia

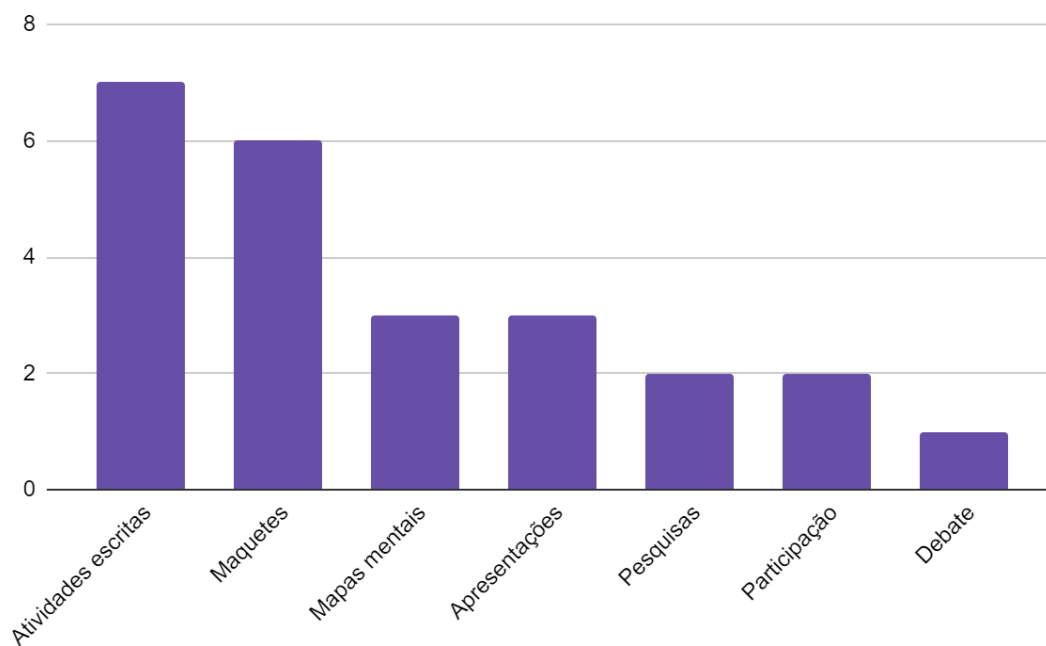
#### 6. Participação:

- Participação, registro de atividades, desempenho no jogo, prova e trabalho final
- Participação nas atividades

#### 7. Debate:

- Debate entre criacionistas vs cientistas

Gráfico 2. Quantitativo de tipos de avaliação



Os métodos de avaliação escolhidos pelos alunos indicaram variadas formas de demonstrar aprendizado. As maquetes permitem que os alunos apliquem seus conhecimentos na construção de modelos tridimensionais, estimulando a criatividade e a compreensão visual. Os mapas mentais e as pesquisas permitem que os alunos explorem conceitos e organizem informações de forma estruturada. As apresentações e atividades escritas proporcionam a oportunidade de comunicação e expressão oral e escrita. O debate permite que os alunos analisem e argumentem a favor de diferentes perspectivas. A

participação é valorizada como uma forma de envolvimento ativo dos alunos no processo educativo.

Das propostas apresentadas, apenas sete utilizaram mais de um tipo de avaliação, o que representa 30% do total. Entendemos que haver diversidade nas formas de avaliação oportuniza para os alunos, que possuem diferentes inteligências, demonstrarem seu conhecimento de maneira mais justa.

Apesar de algumas críticas apresentadas aqui, a diversidade das propostas de aplicação da Astrobiologia na sala de aula da Educação Básica demonstra uma grande oportunidade de trabalhar temas da Biologia no contexto da Astronomia. Quando comparamos toda essa riqueza de possibilidades pedagógicas com os resultados obtidos no levantamento de conhecimentos prévios da SD1, é inegável como a instrumentalização realizada nesta sequência didática foi exitosa em possibilitar a incorporação de temas da Astrobiologia nas propostas de aula apresentadas pelos estudantes da disciplina de Química Orgânica.

### **4.3. Atividade 3 (SD1): kit didático de modelagem molecular multimodal**

A concepção de um kit didático para o ensino de Química Orgânica através da Astroquímica como um dos produtos educacionais deste trabalho foi pensado desde o início do projeto. Seu objetivo é de proporcionar a estudantes de Graduação, em semestres iniciais, uma experiência prática de aprendizagem baseado em modelagem de moléculas pré-bióticas e bióticas já encontradas no meio interestelar (MIE).

O kit foi desenvolvido partir de um estudo sobre as principais temáticas da Astroquímica, de modo a oferecer uma atividade prática e lúdica que desperte o interesse dos estudantes e permita a compreensão dos conceitos químicos teóricos que são trabalhados em cursos de graduação, das áreas de ciências naturais ou de saúde, que possuem disciplinas que abordam conceitos básicos de Química Orgânica. Esta atividade também pode ser utilizada ou adaptada para discentes de Ensino Médio da Educação Básica. A ferramenta é pensada para ser desenvolvida com grupos de estudantes.

Cada kit didático é formado por uma pequena caixa de MDF contendo 1) um pequeno conjunto de modelagem molecular, com peças que representam átomos e ligações covalentes e 2) um “Astrocard” (Apêndice 1), um cartão contendo dicas da molécula que deve ser montada, além de perguntas sobre aquela estrutura molecular e informações de como a referida molécula se relaciona com a Astroquímica (vide Figura 17).

Figura 17. Kit didático



Fonte: autor

O objetivo desta atividade é que os estudantes possam desenvolver suas capacidades de abstração e relacionem conceitos científicos trabalhados em sala de aula com a representação tridimensional de compostos orgânicos através dos questionamentos contidos no “Astrocard”. A esses aspectos, soma-se a intenção de contextualizar o modo como essas substâncias foram descobertas no MIE e de como são importantes para as teorias existentes de formação da vida na Terra.

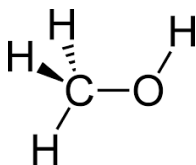
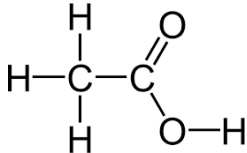
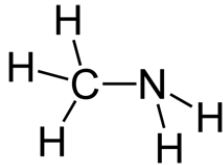
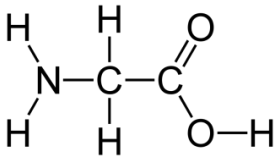
As moléculas escolhidas para compor os kits estão listadas na Tabela 4. A escolha dessas substâncias levou em consideração os seguintes pontos:

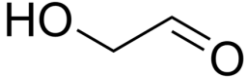
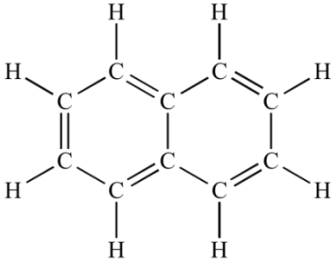
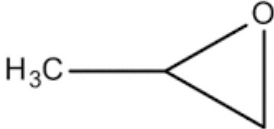
- Serem moléculas neutras, visto que dentro da disciplina trabalhamos pouco com compostos orgânicos com carga;
- Possuam diferentes funções orgânicas, já que o estudo das funções é parte da ementa da disciplina e um dos objetivos desta

atividade é aplicar os conhecimentos aprendidos e relacioná-los com a Astronomia e Astroquímica;

- Não sejam moléculas com muitos átomos devido a limitação do conjunto de modelagem molecular utilizado para compor parte deste produto educacional.

Tabela 4. Nomenclatura oficial, fórmula das moléculas e estrutura molecular das substâncias escolhidas para a atividade do kit didático.

Kit	Nomenclatura da molécula (IUPAC)	Fórmula da molécula orgânica	Estrutura molecular <sup>1</sup>
1	Metanol	CH <sub>3</sub> OH	
2	Ácido etanóico	CH <sub>3</sub> COOH	
3	Metanamina	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	
4	Ácido 2-aminoetanóico (aminoácido Glicina)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	

5	Hidroxietanal (glicolaldeído)	$C_2H_4O_2$	
6	Naftaleno	$C_{10}H_8$	
7	Óxido de propileno	$C_3H_6O$	

Fonte: autor

<sup>1</sup>As representações das estruturas moleculares foram retiradas das suas respectivas páginas da Wikipedia.

Para a aplicação deste kit é necessário que o(a) professor(a) introduza elementos de Astrofísica (formação de elementos químicos) e/ou Astroquímica (formação de moléculas no universo, a composição química dos diferentes objetos astronômicos, a detecção de moléculas em diferentes regiões do universo, entre outros temas) para dar suporte ao processo de ensino-aprendizagem.

Como as únicas dicas de qual o composto deveria ser montado estavam nos Astrocards, os estudantes descobriam a estrutura das moléculas enquanto as montavam. Dessa forma, durante a aplicação (Figura 18), os discentes receberam também uma folha de atividade, a qual continha uma tabela com informações que eles precisariam preencher. Listo abaixo as perguntas da folha de atividade e seu objetivo:

- 1) Nomenclatura da substância (padrão IUPAC)



Objetivo: aplicar as regras de nomenclatura da União Internacional de Química Pura e Aplicada.

2) Fórmula molecular

Objetivo: Representar da forma mais simples possível a composição molecular do modelo presente no kit.

3) Estrutura molecular plana ou de traços (bidimensional)

Transpor, a nível representacional, uma estrutura tridimensional para uma bidimensional, indicando corretamente os átomos e suas ligações químicas de maneira correta.

4) Campos para as respostas das três perguntas contidas no Astrocard de cada molécula.

Objetivo: relacionar aspectos físico-químicos das substâncias com a sua composição molecular como polaridade, massa molar, isomerismo, solubilidade, acidez/basicidade, importância da molécula em contextos biológicos e aplicações tecnológicas.

Figura 18. Aplicação da atividade dos kits didáticos em 11/05/23.



Fonte: Autor

Inicialmente, os estudantes se dividiram em 8 equipes com três integrantes, identificadas com as letras A a H no Quadro 2. Inicialmente haviam apenas 6 equipes, em que cada uma recebeu um kit didático e uma folha de atividades. A ideia era que ao finalizar a folha de resposta, os kits seriam

trocados entre os grupos e uma nova folha de resposta seria distribuída a cada equipe. Posteriormente, alguns estudantes que chegaram atrasados formaram mais duas equipes. Optei por não permitir que eles integrassem equipes já existentes pois todas já estavam finalizando a primeira rodada da atividade. Assim, a prática totalizou 8 grupos. Ainda houve um infortúnio de que no início da atividade, o kit contendo a molécula do hidroxietanal caiu e um dos átomos se perdeu, inutilizando-o. Assim, realizamos a atividade com seis kits e, devido a isso, algumas equipes tiveram que aguardar alguns minutos outros grupos responderem para poder acessar os kits.

Na Tabela 5, mostramos o resumo dos resultados dessa atividade. As questões 1, 2 e 3 de cada kit podem ser vistas no Apêndice 1.

Tabela 5. Síntese dos resultados da atividade com os kits didáticos

Equipe	Nº de kits montados	Molécula	Resposta da nomenclatura, fórmula molecular e estrutura	Resp. Questão 1	Resp. Questão 2	Resp. Questão 3
A	2	Óxido de propileno	Corretas, exceto desenho da estrutura, a qual faltou 1 H	Correta	Correta	Correta
		Metanol	Correta	Correta	Correta	Correta
B	1	Ác. etanóico	Correta, exceto fórmula, na qual a atomicidade do H não foi escrita subscrita	Correta	Correta	Correta

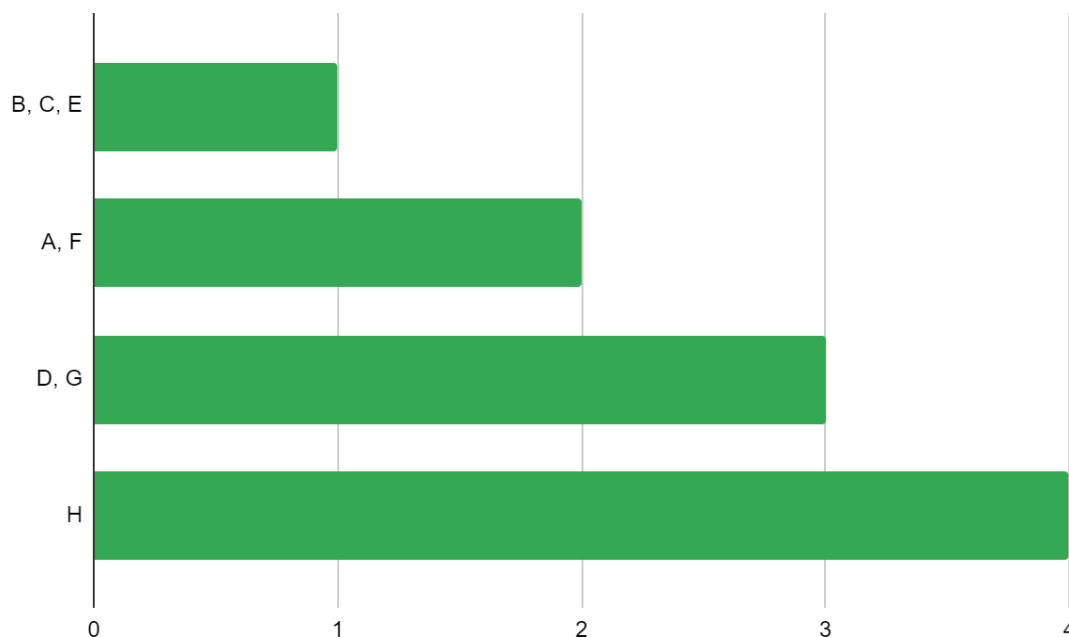
C	1	Ác. 2-aminoetanóico	Correta	Incorreto. Responderam que a molécula é aquiral, entretanto, todo aminoácido é quiral	Correta	Correta
D	3	Óxido de propileno	Correta, exceto nomenclatura, a qual a equipe chamou pelo nome genérico de éter cíclico	Incorreta, justificou a polaridade devido a presença de H e não do O	Correta	Correta
		Ác. etanóico	Correta	Incorreto. Apontou a presença de álcool e cetona ao invés do ácido carboxílico	Correta	Correta
		Metanol	Correta	Correta	Correta	Correta
E	1	Ác. etanóico	Correta	Correta	Correta	Correta
F	2	Metanamina	Correta	Correta	Incorreta pois não sinalizou a basicidade como principal	Correta

					característica mas a simples presença do N	
		Naftaleno	Correta	Correta	Correta	Incorreta, a estrutura do naftaleno é bidimensional e não tridimensional
G	3	Naftaleno	Correta	Correta	Correta	Correta
		Metanamina	Correta	Correta	Incorreta pois não sinalizou a basicidade como principal característica mas a simples presença do N	Correta
		Metanol	Correta	Correta	Correta	Correta
H	4	Ác. 2-aminoetanóico	Correta, exceto nomenclatura, a qual chamaram apenas de aminoácido	Correta	Correta	Não responderam
		Ác. etanóico	Correta	Correta	Correta	Correta

		Metanamina	Correta, exceto nomenclatura, a qual chamou de etanamina	Correta	Incorreta pois não sinalizou a basicidade como principal característica mas a simples presença do N	Correta
		Metanol	Correta, exceto nomenclatura, a qual chamou etanol	Correta	Correta	Correta

A Tabela 5 nos fornece um panorama interessante sobre o desempenho das equipes nesta atividade. Iniciamos a análise com as diferenças na quantidade de kits respondidos pelas equipes. Enquanto três equipes (B, C, E) só conseguiram responder uma única folha de resposta ao longo da aula, uma equipe (H) trabalhou com quatro kits, outros dois grupos (G, D) conseguiram responder integralmente a atividade de três kits didáticos, como podemos ver no Gráfico 3. Isso, porém, não indicou que elas se apropriaram melhor do conteúdo que as demais equipes pois a quantidade de erros cometidos é proporcional às equipes que responderam um menor número de folhas de respostas.

Gráfico 3. Kits montados por equipes



A maioria dos grupos responderam corretamente a nomenclatura, a fórmula molecular e a estrutura química das moléculas dos kits, havendo equívocos menores. Esses temas foram fartamente debatidos ao longo da disciplina.

Em relação as perguntas de cada kit, a grande maioria das respostas foram assertivas. Porém notamos alguns equívocos de análise de propriedades físico-químicas das moléculas orgânicas como isomeria óptica do ácido 2-aminoetanóico, cometido pela equipe C; leitura de polaridade da molécula óxido de propileno e da identificação de funções orgânicas no ácido etanóico, ambos cometidos pela equipe D; análise errônea da principal característica das aminas, sua basicidade, sendo atribuído a simples presença do nitrogênio na estrutura molecular. Esse equívoco foi o mais replicado, aparecendo em todas as equipes que pegaram o kit da metanamina (grupos F, G e H).

No geral, concluímos que a atividade foi bem sucedida por ter suscitado uma gama de conceitos químicos trabalhados na disciplina, os quais foram apresentados de maneira correta e consistente na maioria das respostas. Além disso, os estudantes se mostraram bastante motivados com a atividade, demonstrando interesse e forte participação ao longo de toda a aula. Soma-se também a possibilidade de aproximar a temática da Astronomia e Astroquímica em diversas perguntas dos Astrocards e na parte de trás destes cartões.

O kit didático foi divulgado como apresentação oral na IX Jornada de Astronomia (IX JASTRO) de Vitória da Conquista, realizada de 24 a 26 de maio de 2023 no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Vitória da Conquista com o título “Desenvolvimento de Kit Didático no Ensino de Astroquímica para Estudantes de Graduação”.

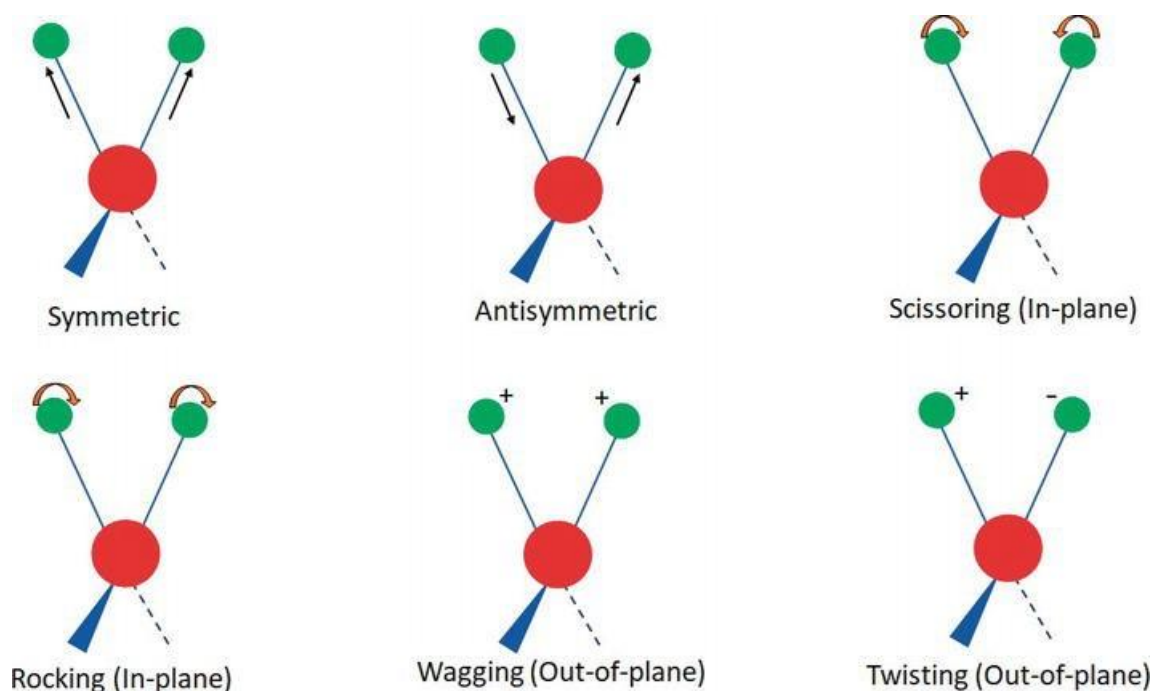
Durante a apresentação na IX JASTRO foi questionado se as informações nos versos dos cartões não seriam uma forma limitada de relacionar as moléculas com seus contextos fora da Terra. A partir disso, foi sugerida a substituição das informações de como molécula se relaciona com a Astroquímica, o verso dos cartões, por um QRCode no qual o estudante será direcionado para uma página que apresentaria muito mais informação sobre as moléculas, além de poder ser atualizada constantemente, transformando o kit didático em uma ferramenta multimodal, agregando os benefícios da modelagem molecular física com a amplitude de informações e possibilidades do meio virtual. A partir desta proposta, a próxima aplicação do kit de modelagem incluirá nos kits uma versão expandida das informações astroquímicas das moléculas trabalhadas. Essa versão atualizada será posteriormente apresentada em trabalho futuro.

#### **4.4. Atividade 4 (SD1): identificação de molécula através de espectro no infravermelho**

Para a realização desta atividade, foi dedicada uma aula inteira sobre detecção de moléculas por meio de seus espectros de infravermelho (IR). Nesta aula, foram apresentados os tipos de espectros que podemos coletar de diferentes fontes de luz: o contínuo, o de emissão e o de absorção, sendo este último o tipo de curva gerada por moléculas orgânicas analisadas no IR.

A interpretação do espectro de IR é uma importante ferramenta na caracterização e compreensão da estrutura de moléculas orgânicas na Terra ou no espaço. Essa técnica analítica fornece informações sobre as vibrações moleculares (ver Figura 19), possibilitando a identificação de grupos funcionais e a análise das ligações atômicas presente na molécula.

Figura 19. Tipos de vibrações moleculares.



Fonte: Banwell; McCash.

Para interpretar um espectro de IV de forma eficaz, é essencial seguir algumas etapas. Primeiramente, é necessário identificar os picos característicos associados aos diferentes grupos funcionais presentes na molécula. Por exemplo, estiramentos de ligação C=O são observados em torno de 1700-1750  $\text{cm}^{-1}$  para cetonas e em torno de 1600-1800  $\text{cm}^{-1}$  para aldeídos e ácidos carboxílicos.

Além disso, a análise dos padrões de picos em diferentes regiões do espectro é fundamental. Por exemplo, a região entre 2800 e 3000  $\text{cm}^{-1}$  é frequentemente associada a estiramentos de ligações C-H, enquanto a região entre 1200 e 1500  $\text{cm}^{-1}$  contém muitas vezes padrões complexos de deformações de ligações C-H.

É a correlação dos picos identificados com a estrutura molecular geral da substância em análise que nos permite montar o quebra cabeça para descobrir sua estrutura química. Isso envolve considerar como os grupos funcionais identificados se relacionam com as ligações entre os átomos na molécula. Com isso, foram fornecidas tabelas de frequências típicas para diferentes grupos funcionais como guia na interpretação do espectro de IV.



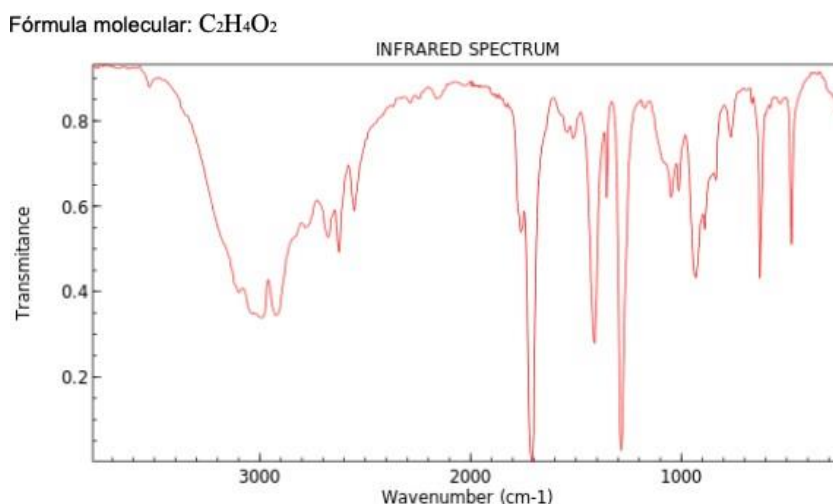
Na pesquisa acadêmica, a confirmação da interpretação do espectro por meio de outras técnicas analíticas, como espectroscopia de RMN ou análise de massa, pode proporcionar uma validação adicional da estrutura molecular proposta, mas não fomos por este caminho na atividade.

Vê-se, portanto, que a interpretação do espectro de IV é uma habilidade essencial para aqueles que trabalham com identificação de compostos orgânicos, permitindo a análise estrutural dessas moléculas com precisão e confiança.

Devido a um certo nível de complexidade, foi sugerido que a atividade fosse realizada em equipes (duplas ou trios). No total, onze relatórios foram entregues, sendo 4 trios, 4 duplas e 3 individuais.

O espectro fornecido para os estudantes foi o da Figura 20. Este espectro foi obtido na base de dados do Spectral Database for Organic Compounds - SDBS, e corresponde ao composto ácido etanóico, também conhecido como ácido acético ou popularmente chamado de vinagre. Como os espectros de IR são de absorbância, vê-se formada curvas com vales, ou picos, no jargão da Química. Esses picos podem ser estreitos, como percebemos na metade direita do espectro ou mais alargados, vide metade esquerda da Figura 20. Uma série de fatores relacionados à estrutura molecular e à interação das moléculas com a radiação infravermelha causa essa diferença no padrão dos picos.

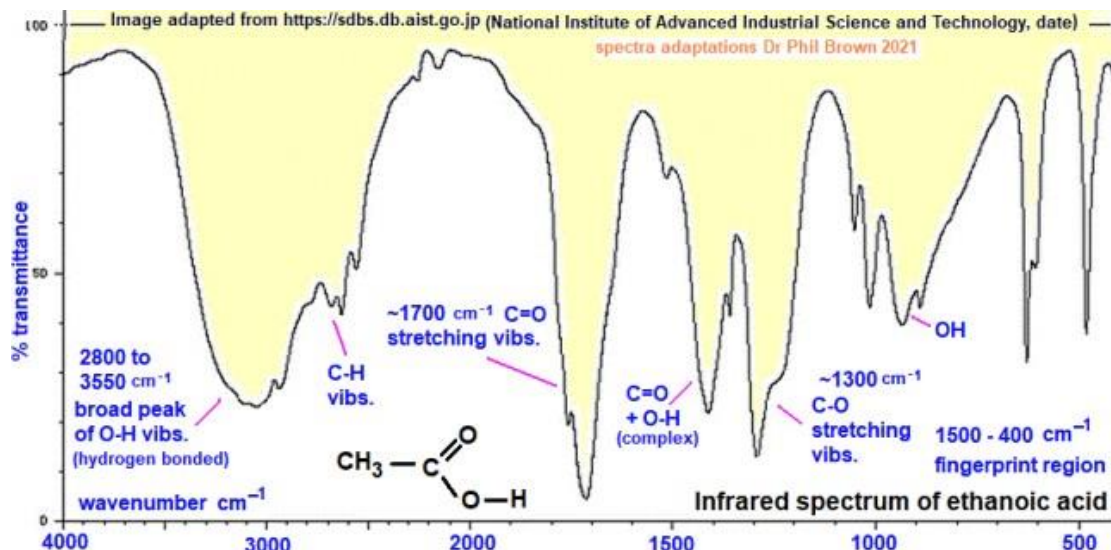
Figura 20. Espectro de infravermelho do ácido etanóico



Fonte: National Institute of Standards and Technology (NIST)

Com o auxílio de uma tabela de frequências típicas no IR, podemos identificar o tipo de ligação e vibração que cada pico representa. Na figura 21 temos um outro espectro, referente a mesma substância, já interpretado.

Figura 21. Espectro do ácido etanóico interpretado



Fonte: Doc Brown's Chemistry

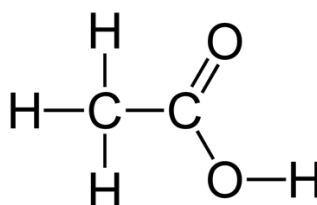
A interpretação do espectro se dá como um quebra-cabeças. Vemos na Figura 21 os três primeiros picos de maior número de onda:

- i) um pico largo entre 2800 e 3550 cm<sup>-1</sup>, típico da presença de uma hidroxila (OH);
- ii) um pico estreito próximo a região de 1700 cm<sup>-1</sup>, que configura a presença de um grupo carbonila na molécula (C=O);
- iii) um outro pico estreito na região de 1400 cm<sup>-1</sup>, que indica um complexo entre o OH e o C=O, ou seja, esses dois grupos estão juntos na molécula, sugerindo que a molécula pertence ao grupo dos ácidos carboxílicos.

Muitas moléculas orgânicas podem possuir essas mesmas características, então para facilitar a resolução da atividade, forneci a fórmula molecular da substância em questão: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>.

Juntando as informações dos picos com a fórmula molecular do composto, a única opção possível é um ácido carboxílico com dois carbonos, isto é, o ácido etanóico (Figura 22). Importante salientar que dar a nomenclatura do composto também fazia parte da atividade.

Figura 22. Estrutura plana do ácido etanóico.



Fonte: Wikipedia

Analisando as respostas da atividade, todas as equipes identificaram que a molécula se tratava do ácido etanóico. Porém, algumas justificativas dadas de como se chegou ao resultado não eram sólidas o suficiente para esta conclusão. Isso significa que possivelmente, como o espectro era o mesmo para toda a turma, os estudantes se comunicaram, trocando informação sobre a molécula referente ao espectro. Entretanto, a atividade solicitava que fosse apresentada a justificativa para resposta e isso nem todas as equipes fizeram a contento.

Oito equipes conseguiram fornecer justificativas coerentes e obtiveram pontuação máxima na atividade, exceto uma que entregou fora do prazo. Uma equipe identificou corretamente a molécula, porém a lógica empregada para a resolução do problema foi incompleta, não apresentando todos os picos necessários para concluir a resolução. A nomenclatura do composto também estava incorreta. Outra equipe apontou a molécula correta, porém a justificativa apresentada não faz sentido com a resposta que forneceram. Uma última sequer justificou como chegou ao resultado, apresentando apenas a molécula como resposta.

Avaliamos que a atividade mencionada foi interessante por oportunizar aos estudantes a compreensão do papel da espectroscopia na identificação de moléculas no espaço interestelar. Ao enfatizar que é possível detectar e analisar moléculas distantes sem a necessidade de ir fisicamente até elas, a atividade demonstra a importância da observação astronômica e da análise de espectros

luminosos na investigação científica. A coleta da luz emitida ou absorvida pelas moléculas permite aos cientistas inferir informações sobre a composição química e física desses corpos celestes, ampliando nosso entendimento do universo.

Por outro lado, o uso de um único espectro permitiu a comunicação entre os estudantes durante a realização da atividade, o que levanta questões sobre a independência das respostas apresentadas, sugerindo a necessidade de implementar estratégias para promover a autenticidade do trabalho dos alunos em futuras aplicações desta atividade.

#### **4.5. Atividade 5 (SD1): debate sobre implicações da Astroquímica e Astrobiologia para a humanidade**

Esta atividade foi desenvolvida na semana posterior a aplicação dos kits didáticos. Inicialmente foi distribuído entre os estudantes uma folha de papel contendo duas perguntas:

- 1) Na sua opinião, quais seriam as implicações da Astroquímica e da Astrobiologia para o futuro da humanidade?
- 2) Imagine que no dia de hoje foi descoberta a primeira evidência de vida fora da Terra. O que você acha que aconteceria? Quais mudanças você perceberia a curto, médio e longo prazo?

A ideia foi de coletar informações individuais sobre debates que permearam de maneira transversal toda a SD que envolviam os tópicos de Astroquímica e Astrobiologia.

Neste dia tivemos um total de 22 respondentes. A seguir apresentaremos uma análise das respostas para cada pergunta.

##### **4.5.1 Análise da Pergunta 1**

Com base nas respostas dos alunos para a pergunta *Quais as implicações da Astroquímica e da Astrobiologia para o futuro da humanidade?*, pudemos agrupá-las em 5 categorias, a saber:

1. *Avanço científico*: Muitos alunos destacaram que a Astroquímica e a Astrobiologia trariam avanços significativos na compreensão do Universo, da

química do universo e de outros planetas, além de novas descobertas sobre a origem da vida. Isso impactaria nossa visão sobre a ciência e impulsionaria a evolução do conhecimento científico.

2. *Exploração espacial e colonização*: Vários alunos mencionaram a descoberta de vida fora da Terra, a exploração espacial e a possibilidade de colonização de novos astros como implicações provenientes dessas ciências. No entanto, alguns também ressaltaram que parte da humanidade pode enfrentar dificuldades para lidar com esse avanço, dado que diferentes crenças, religiões e culturas podem conflitar nesse contexto.

3. *Impactos na educação*: Alguns alunos destacaram que a Astroquímica e a Astrobiologia poderiam trazer benefícios para a educação, relacionando a Astronomia às ciências e ajudando a formar sujeitos críticos. Além disso, a possibilidade de novas matérias relacionadas a essas áreas e o despertar do interesse dos alunos por química e biologia também foram mencionados.

4. *Perspectivas filosóficas e econômicas*: Alguns alunos apontaram que estes campos ligados à Astronomia poderiam trazer novas perspectivas filosóficas, auxiliando no avanço da compreensão da vida, e também ter implicações econômicas, como a expansão de recursos energéticos.

5. *Resolução de problemas globais*: Algumas respostas mencionaram que a Astroquímica e a Astrobiologia podem trazer novas soluções para problemas globais, como o aquecimento global e a poluição do ar. Isso ocorreria por meio dos estudos sobre novas substâncias ou vida em outros planetas.

Nesse viés, percebemos que os/as discentes enxergam tanto benefícios como desafios nas implicações da Astroquímica e da Astrobiologia para o futuro enquanto sociedade.

Uma questão interessante para nós foi a de perceber que além as implicações na ciência, tecnologia e sociedade, os estudantes também sinalizaram como essas áreas do saber se relacionam com a educação. Uma resposta indicou que “a educação poderia relacionar a astronomia às ciências para formação de sujeitos críticos”. Outra sinalizou que “as pessoas se interessariam mais por química e biologia na sala de aula”. Uma outra resposta foi muito otimista e pensou que os avanços da Astroquímica e da Astrobiologia resultaria na “possibilidade de ter uma nova matéria na escola”.

#### 4.5.2 Análise da Pergunta 2

A seguir apresentaremos a análise das respostas para a pergunta *Imagine que no dia de hoje foi descoberta a primeira evidência de vida fora da Terra. O que você acha que aconteceria? Quais mudanças você perceberia a curto, médio e longo prazo?*. Organizamos as respostas categorizadas em três macro temas.

1) *Impacto científico e tecnológico*. Muitos alunos mencionaram que a descoberta resultaria em um avanço significativo na ciência, com a realização de estudos, testes e exploração da nova forma de vida. Também foi mencionado o aumento na pesquisa e exploração espacial. Além disso, alguns alunos destacaram a possibilidade de desenvolvimento de tecnologia para adaptar o ser humano em outros planetas. Houve respostas que mencionaram mudanças tecnológicas que desafiariam os princípios da ciência e a necessidade de adaptar a educação para explicar esse novo tema.

2) *Impacto filosófico e religioso*. Alguns alunos mencionaram implicações filosóficas, religiosas e culturais sobre nosso lugar no universo, junto com uma mudança na forma de ver o que é vida. Também foi citada a necessidade de questionar nossa ideia atual de vida.

3) *Impacto social*. Muitos alunos mencionaram o pânico, medo e choque que se instauraria na população a curto prazo, seguido por uma divisão de opiniões. No médio prazo, haveria uma tentativa de comunicação com essa nova forma de vida, e no longo prazo, uma possível aceitação plena e troca de conhecimento. No entanto, alguns alunos também mencionaram a possibilidade de uma guerra entre nós ou com essa nova raça. Também foi citada a possibilidade de surgimento de novas doenças como consequência dessa descoberta.

De maneira geral, as respostas versaram com o que discutimos ao longo da SD1. As repostas da primeira pergunta foram bastante diversas e surpreenderam pelo fato de que alguns alunos relacionaram os avanços da Astroquímica e Astrobiologia com a educação. As respostas da pergunta

seguinte poderiam ter sido mais bem trabalhadas pelos alunos, caso respondessem ao comando do enunciado de refletir sobre os impactos a curto, médio e longo prazo. Poucos discentes responderam assim. Além disso, apenas nove respondentes não associaram a descoberta de vida extraterrestre com vida inteligente, mostrando que apesar dessa discussão já ter sido realizada em sala, a maioria associou vida fora da Terra com vida inteligente, algo muito comum nos filmes e histórias de ficção científica.

#### **4.6. Atividade 1 (SD2): análise de parâmetros físico-químicos de moléculas baseado em Química Computacional com IQMol®.**

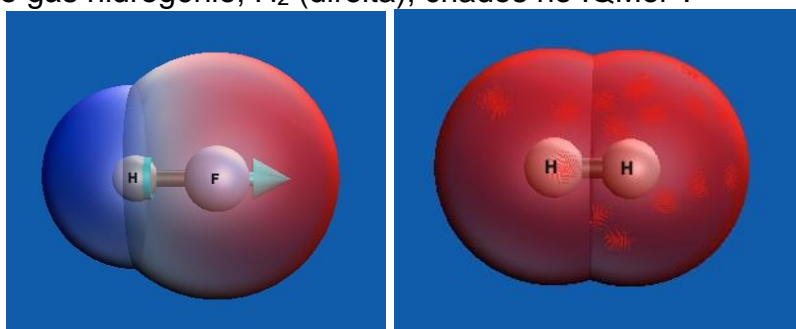
Um dos conteúdos mais importantes da Química para a análise de propriedades físico-químicas das moléculas é a polaridade. A polaridade de uma molécula está relacionada à distribuição das cargas elétricas dentro dela, particularmente à diferença na eletronegatividade dos átomos constituintes. Diversas são as propriedades físico-químicas de interesse em sistemas biológicos, foco do curso dos estudantes, que podem ser analisadas pela polaridade como solubilidade, tensão superficial, pontos de fusão e ebulição, condutividade elétrica de soluções, interações intermoleculares e reatividade das substâncias.

Entretanto, muitas vezes é difícil para os discentes interpretarem a polaridade de moléculas baseado apenas em aulas expositivas ou a partir de cálculo vetorial. Por isso, uma forma de visualizarmos a polaridade de moléculas é através dos chamados mapas de potenciais eletrostáticos (PES). O potencial eletrostático de moléculas refere-se à distribuição das cargas elétricas dentro de uma molécula e como essa distribuição afeta a interação eletrostática entre as partículas carregadas dentro da molécula. É uma representação matemática do campo elétrico gerado pelas cargas elétricas das partículas (elétrons e prótons) dos átomos da molécula.

Podemos notar na Figura 23 que a molécula do ácido fluorídrico (HF) tem uma região de maior distribuição de elétrons na região próxima ao átomo de flúor (F), indicada pela coloração vermelha. Isso ocorre pois o flúor é um átomo mais eletronegativo que o hidrogênio. Assim, a região vermelha indica onde encontra-se uma maior distribuição de carga elétrica negativa, resultando no polo negativo

da molécula ( $\delta^-$ ). Essa informação também é indicada pelo vetor do momento de dipolo ( $\mu$ ) da molécula apontado para o flúor. Nesse sentido, o hidrogênio é o polo positivo ( $\delta^+$ ) do HF. Portanto, temos um exemplo de molécula polar. Já na molécula do  $H_2$ , a distribuição homogênea da cor vermelha indica uma disposição equilibrada do potencial elétrico, sugerindo que a molécula não forma polos, isto é, é apolar. A ausência do vetor de momento de dipolo corrobora que a molécula do gás hidrogênio não possui polos.

Figura 23. Representações dos mapas de PES do ácido fluorídrico, HF (esquerda) e do gás hidrogênio,  $H_2$  (direita), criados no IQMol®.



Fonte: autor

A construção e análise de mapas de PES de moléculas já descobertas fora da Terra foi um dos objetivos da SD2. Para além disso, os estudantes foram estimulados também a prever diversas propriedades físico-químicas dos compostos.

Na atividade, cada estudante recebeu uma fórmula molecular diferente. Com base nesta molécula, o estudante precisou responder várias perguntas. Parte delas requeria o uso do IQMol e a análise do seu mapa de PES. Para que a atividade fosse realizada, foi preciso capacitar minimamente os alunos para conhecer as ferramentas básicas do software e aprender a criar mapas de PES. Assim, um tutorial na forma de vídeo foi produzido pelo autor desta dissertação, o qual foi disponibilizado para os discentes explicando o passo a passo para obtermos imagens como aquelas da Figura 23.

As perguntas solicitadas na atividade estão listadas a seguir:

A. Buscar o nome da molécula;



- B. Pesquisar qual a importância dela ou sua história (quando foi descoberta, quem descobriu);
- C. Pesquisar quando essa molécula foi identificada no espaço e em que região;
- D. Apontar que tipo de ligação química os átomos do composto fazem, justificando;
- E. Fazer um print da imagem obtida no IQMol e mostrar quais são as regiões negativas e positivas, justificando;
- F. Identificar quais ligações são polares ou apolares, justificando;
- G. Identificar qual a geometria da molécula (para moléculas até 5 átomos que tenham um átomo central), justificando;
- H. Identificar se a molécula é polar ou apolar, justificando;
- I. Predizer que tipo de interação intermolecular essa molécula irá fazer com outras iguais a ela, justificando.

Já os conceitos químicos requeridos para esta atividade, para cada pergunta, foram:

- Informações gerais sobre a molécula da atividade (perguntas A, B e C)
- Ligações químicas (pergunta D)
- Química computacional e potencial eletrostático (pergunta E)
- Polaridade das ligações químicas (pergunta F)
- Geometria molecular (pergunta G)
- Polaridade de moléculas (pergunta H)
- Interações intermoleculares (pergunta I)

Um total de 23 estudantes responderam a atividade. Como as perguntas tiveram caráter objetivo, analisamos as respostas para cada pergunta atribuindo-lhes uma nota baseada no seguinte barema:

Zero (0): não respondeu ou respondeu erroneamente

Dois (2): resposta precária, com justificativa desorganizada e/ou contraditória.

Quatro (4): resposta limitada, com justificativa pouco desenvolvida e inconsistente.

Seis (6): resposta mediana, com justificativa que poderia melhorar

Oito (8): resposta embasada, cometendo poucos equívocos.

Dez (10): respondeu integralmente e de forma bem justificada.

A Tabela 6 mostra o desempenho de cada estudante, as médias de cada estudante, de cada pergunta e geral.

Tabela 6. Notas e médias dos estudantes por pergunta.

Estudante	Molécula	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Média
1	CO	10	6	0	2	8	8	8	8	0	5.6
2	H <sub>2</sub>	10	8	8	8	8	10	10	10	10	9.1
3	HF	10	10	0	8	2	10	4	8	6	6.4
4	HCl	10	10	8	10	10	10	10	10	10	9.8
5	N <sub>2</sub>	10	8	0	6	4	2	8	0	0	4.2
6	O <sub>2</sub>	10	10	8	10	10	10	10	10	10	9.8
7	CO <sub>2</sub>	10	8	8	8	6	10	10	10	10	8.9
8	H <sub>2</sub> O	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10.0
9	H <sub>2</sub> S	10	10	0	8	0	0	6	6	6	5.1
10	N <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
11	O <sub>3</sub>	10	8	4	6	4	6	2	2	4	5.1
12	SO <sub>2</sub>	10	10	0	8	8	6	4	6	0	5.8
13	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	10	8	2	2	2	2	0	4	0	3.3
14	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10.0
15	NH <sub>3</sub>	10	10	6	10	6	0	10	8	10	7.8
16	HNO <sub>2</sub>	10	10	10	8	4	0	8	8	6	7.1
17	CH <sub>4</sub>	10	10	6	10	8	0	0	0	0	4.9
18	CH <sub>2</sub> O	10	8	0	10	6	2	6	4	0	5.1
19	HCOOH	10	10	10	6	10	4	10	8	8	8.4
20	NH <sub>2</sub> OH	10	8	0	10	6	8	6	8	0	6.2
21	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	10	10	0	10	2	8	10	8	8	7.3
22	CH <sub>3</sub> CN	10	10	8	10	6	8	2	4	0	6.4
23	CH <sub>3</sub> OH	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Médias por coluna		9,4	8,4	5,1	7,8	6,8	6,5	6,9	7,0	5,2	6.8

#### 4.6.1. Comparação de desempenho

Com base na Tabela 6 é possível chegar à algumas conclusões:

- (1) A partir dos valores médios de cada pergunta (última linha da Tabela 6), podemos verificar que as perguntas A e B foram as que obtiveram maiores notas. Acreditamos que isso se deve por serem perguntas facilmente respondíveis e que não carecem necessariamente de um conhecimento prévio, bastando o(a) discente pesquisar para descobrir o nome e a história vinculada à sua molécula.
- (2) A pergunta “C: Pesquisar quando essa molécula foi identificada no espaço e em que região” foi a que teve menor média, apesar de ter natureza parecida com as perguntas A e B. Muitas atividades foram entregues sem resposta para essa pergunta (9 estudantes). Possivelmente esses discentes não conseguiram encontrar nenhuma informação sobre a identificação dos seus compostos no espaço, especialmente porque essa literatura encontra-se, em sua maioria, em língua inglesa.
- (3) A média geral das notas dos estudantes não foi ruim, 6,8, embora essa nota não seria suficiente para uma aprovação caso adotássemos essa avaliação como único método avaliativo da turma, já que pela Organização Didática da Instituição, estudantes do Ensino Superior são aprovados nas disciplinas apenas com notas iguais ou superiores a 7,0 (IFBAIANO, 2021). Abaixo dessa nota, é necessário a realização de Avaliação Final. Nesta perspectiva, apenas onze estudantes seriam aprovados.
- (4) Caso excluíssemos as perguntas 1, 2 e 3, analisadas nas conclusões (1) e (2), a média geral cairia para 6,4. Com base nisso, o número de estudantes aprovados sem necessidade de nenhuma avaliação de recuperação cairia para dez.

(5) Das perguntas D a I, que requereram conhecimentos mais específicos da disciplina, aquela que obteve maior nota foi a pergunta “D.: Apontar que tipo de ligação química os átomos do composto fazem, justificando”. Consideramos essa pergunta a mais fácil dentre as perguntas específicas pois todos os compostos escolhidos nesta atividade são moleculares, isto é, fazem ligação química do tipo covalente. Já a pergunta que obteve menor média foi a “I: Predizer que tipo de interação intermolecular essa molécula irá fazer com outras iguais a ela, justificando”. De fato, esta foi a pergunta mais difícil da atividade pois para respondê-la, é preciso mobilizar todos os conceitos das perguntas D a H.

#### 4.6.2. Uso do software IQMol

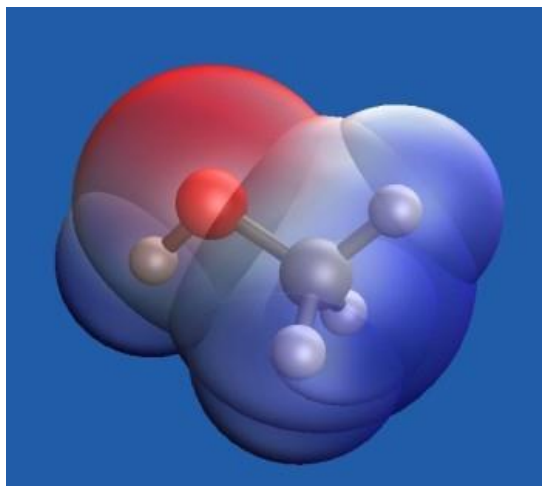
Além de analisar o desempenho dos estudantes na atividade proposta, também investigamos como o software de Química Computacional IQMol foi utilizado pelos estudantes. Esta análise se baseou nas imagens obtidas pelo discentes através do software para responder a Pergunta E.

Após análise de cada atividade, foi possível identificar três categorias de uso do software, a saber:

- Categoria 1: Uso correto do programa

Nesta categoria, identificados os trabalhos nos quais os estudantes conseguiram obter êxito na construção da molécula e do mapa de PES, como pode-se notar na Figura 24.

Figura 24. Representação da molécula do metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) e do seu mapa de PES.

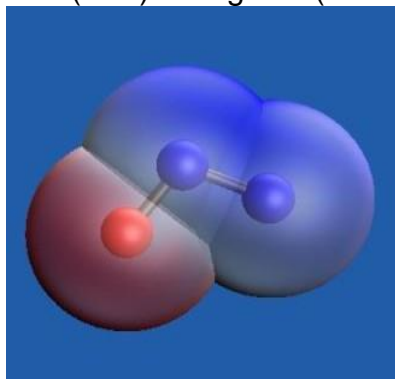


Fonte: autor

- Categoria 2: Equívoco estrutural no design da molécula

Foram identificadas imagens algum tipo de erro na estrutura da molécula, a exemplo da Figura 25, seja adição ou supressão de átomos, ligação incorreta entre átomos da molécula ou geometria molecular imprecisa.

Figura 25: Representação da molécula da água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) com átomos de hidrogênio (azul) e oxigênio (vermelho) em posições trocadas.

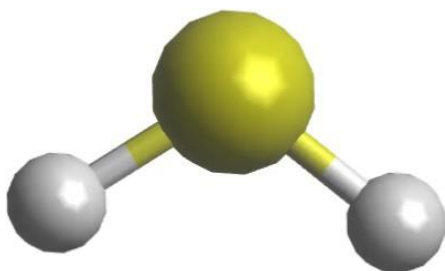


Fonte: autor

- Categoria 3: Não utilizou o programa ou não inseriu imagem gerada pelo IQMol

Alguns estudantes não incluíram nenhuma imagem associada à molécula da qual tratava o seu trabalho. Outros inseriram imagens das moléculas que não foram criadas pelo software, como a Figura 26.

Figura 26: Representação da molécula do ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) não gerada pelo programa IQMol.



Fonte:autor

A partir desta categorização, identificamos em qual categoria cada estudante foi alocado. O resultado foi resumido na Tabela 7,

Tabela 7. Categoria do uso do software IQMol por estudante.

Estudante	Molécula	N° átomos	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3
1	CO	2	X		
2	H <sub>2</sub>	2	X		
3	HF	2		X	
4	HCl	2	X		
5	N <sub>2</sub>	2	X		
6	O <sub>2</sub>	2	X		
7	CO <sub>2</sub>	3		X	
8	H <sub>2</sub> O	3	X		
9	H <sub>2</sub> S	3			X
10	N <sub>2</sub> O	3		X	
11	O <sub>3</sub>	3			X
12	SO <sub>2</sub>	3	X		
13	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	4		X	
14	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4	X		
15	NH <sub>3</sub>	4		X	
16	HNO <sub>2</sub>	4		X	
17	CH <sub>4</sub>	5	X		
18	CH <sub>2</sub> O	4	X		
19	HCOOH	5	X		
20	NH <sub>2</sub> OH	5	X		

21	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	6		X	
22	CH <sub>3</sub> CN	6	X		
23	CH <sub>3</sub> OH	6	X		
TOTAL			14	7	2

Com base nos dados da Tabela 7, podemos concluir que:

- (1) A exceção de dois discentes (categoria 3), todos os estudantes conseguiram utilizar o IQMol para gerar os mapas de potencial eletrostático de suas moléculas. Alguns deles, entretanto, cometeram equívocos na construção da molécula, etapa prévia à criação dos mapas de PES, resultando assim em imagens contendo erros (categoria 2). Este dado mostra que, com a devida instrumentalização, o uso do software é de fácil e rápida apreensão dos estudantes, não sendo necessariamente um empecilho para o uso desta ferramenta em sala de aula.
- (2) Ainda que muitos estudantes tenham criado mapas de PES corretos, suas notas na Pergunta E não necessariamente foram máximas nesta questão (vide Tabela 6), assim como estudantes que não utilizaram imagens geradas pelo programa podem não ter tido suas notas zeradas. Isto se deve ao fato da Pergunta E, além de requisitar a construção do mapa, solicitava também identificar as regiões positivas e negativas do mapa. Assim, as respostas para essa pergunta apresentaram-se por vezes incompleta mas não erradas e, por isso, o(a) discente ganhou uma certa pontuação.
- (3) Não houve correlação entre complexidade da molécula (em número de átomos) e acerto. A relação atonicidade (nº de átomos na molécula) *versus* número de estudantes na Categoria 1 foi:
  - Dois átomos: 5 estudantes (83%)
  - Três átomos: 2 estudantes (33%)
  - Quatro átomos: 2 estudantes (40%)
  - Cinco átomos: 3 estudantes (100%)

- Seis átomos: 2 estudantes (67%)

Os percentuais acima se referem ao número de estudantes que construíram corretamente suas moléculas (Categoria 1) pelo número total de estudantes com moléculas de mesma atomicidade. Assim, enquanto todos os discentes com moléculas com cinco átomos realizaram a tarefa corretamente, apenas um terço daqueles que tinham moléculas triatômicas conseguiram êxito. Da mesma forma, estudantes com moléculas com seis átomos foram mais exitosos proporcionalmente que aqueles com moléculas com quatro átomos. Isso indica que o aumento da complexidade nas moléculas, característica vinculada diretamente ao aumento da atomicidade dos compostos, não tem relação com maiores erros na construção das moléculas e de seus mapas de PES utilizando o IQMol.

De maneira geral, os alunos conseguiram dominar as ferramentas básicas do software de Química Computacional exigidas para esta atividade. Portanto, o uso deste tipo de programa pode ser utilizado sem grandes dificuldades pela falta de familiaridade com eles, desde que seja realizada uma instrumentalização prévia para o uso desses softwares.

#### **4.7. Atividade 2 (SD2): Relatório de visita técnica ao Observatório Astronômico Antares**

Esta atividade foi desenvolvida no Observatório Antares no dia 1º de novembro de 2023. A ideia foi de apresentar um lugar de formação em temas trabalhados dentro de sala de aula mas fora dela, proporcionando experiências de aprendizagem interativas. Por ser um ambiente rico em recursos visuais e práticos, permite aos estudantes explorar e compreender conceitos complexos de maneira mais concreta e interdisciplinar.

Foi solicitado aos discentes que eles apontassem, na forma de um relato, os conhecimentos adquiridos na visita técnica e relacionassem alguns desses conhecimentos com aqueles discutidos na disciplina de Química Geral.



Por motivos diversos, nem todos os estudantes matriculados na disciplina puderam participar da visita pois esta se realizou em horário diferente do horário de aula. No total, 21 alunos da turma participaram e enviaram seus relatos.

Esses textos foram analisados seguindo o método do Discursos do Sujeito Coletivo (DSC). Ele é um método qualitativo desenvolvido para organizar e analisar discursos de grupos, capturando a essência das opiniões coletivas.

Segundo Lefèvre et al (2009),

o discurso do sujeito coletivo, como técnica de processamento de depoimentos, consiste em reunir, em pesquisas sociais empíricas, sob a forma de discursos únicos redigidos na primeira pessoa do singular, conteúdos de depoimentos com sentidos semelhantes.

Assim, esse método permite transformar expressões individuais em discursos representativos de um grupo, facilitando a compreensão de fenômenos sociais e educacionais (Lefèvre; Lefèvre, 2003).

Na pesquisa acadêmica em educação, o DSC pode ser uma ferramenta interessante para entender as percepções, opiniões e experiências de professores, alunos e outros participantes. Sua aplicação envolve várias etapas, conforme descrito por Lefèvre e Lefèvre (2003) como a Coleta de Dados, realização de entrevistas ou questionários abertos para captar as falas dos participantes sobre um tema específico; a Análise das Falas, em que há a identificação de ideias centrais e expressões-chave presentes nas falas; e finalmente a Construção dos Discursos, agrupando as expressões-chave em discursos-síntese que representam o coletivo.

No nosso caso, a coleta de dados foi realizada após a visita ao Observatório Antares. Após a leitura atenta, conseguimos identificar diversas ideias que foram comuns à maioria dos alunos como:

- Visita enriquecedora e inesquecível, proporcionando aprendizado significativo fora da sala de aula.

- Integração de diferentes áreas do conhecimento, como Química, Biologia e Astronomia.
- Oportunidade de observação de planetas como Júpiter e Saturno através de telescópios como um momento marcante.
- Encantamento com os vídeos exibidos no planetário, dando a sensação de imersão na narrativa.
- Simulação de caminhada na Lua como uma experiência prática significativa.
- Mural ilustrativo do Big Bang e a formação do universo, bem como o “Parque dos Dinossauros”, na área externa do museu, como obras importantes na compreensão visual e narrativa dos eventos cósmicos e na evolução da vida na Terra.
- Conversa enriquecedora com o diretor do Observatório, Paulo Poppe, como inspiradora, não apenas sobre curiosidades do Universo, mas também a partir de suas reflexões sobre a Educação Científica no Brasil.
- Visita como reforço dos conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula, inspirando-os a valorizarem a Ciência e a Educação Científica.

A partir destas ideias, construímos um discurso-síntese sobre esta atividade museal:

*Durante a visita ao Observatório Astronômico Antares, em Feira de Santana, tive a oportunidade de vivenciar uma experiência. Ocorrida em 1º de novembro de 2023, foi uma verdadeira viagem no universo da Astronomia, proporcionando uma integração dos conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula com a prática observacional e a realidade do Cosmos.*

*Desde o momento da minha chegada, fui acolhido por um ambiente repleto de história e conhecimento. Um mural artístico de Júlio Firmo, retratando a evolução do universo desde o Big Bang até o surgimento das primeiras civilizações, me permitiu conectar conceitos de Química Geral com a história cósmica. As explicações detalhadas sobre a formação dos átomos e das estrelas trouxeram clareza aos conteúdos estudados, reforçando minha compreensão sobre a evolução do Universo.*

*A observação de Júpiter e Saturno através de telescópios foi um dos momentos mais memoráveis, proporcionando uma visão celestial que despertou em mim uma admiração profunda pelos corpos celestes. Ver Saturno e seus anéis foi especialmente emocionante, algo que nenhuma fotografia poderia igualar. Além disso, a experiência de caminhar em um simulador do solo lunar, vestindo réplicas de trajes de astronauta, me fez sentir como um verdadeiro explorador do espaço.*

*A visita ao planetário e uma apresentação envolvente sobre planetas, estrelas e galáxias, aprofundou meu entendimento sobre a formação do Universo. Além disso, o bate papo com o prof. Paulo Poppe, diretor do Observatório, foi inspiradora. Suas reflexões sobre os desafios na educação e na ciência no Brasil, bem como sua trajetória como pesquisador, me motivaram a perseverar em meus estudos e a valorizar o papel da ciência na sociedade.*

*Explorei também o Parque de Dinossauros e réplicas de mamíferos pré-históricos, que me ajudaram a entender a evolução da vida na Terra. A integração entre Astronomia, Biologia e Química ficou evidente em cada explicação e atividade, mostrando como as diferentes áreas do conhecimento se complementam na compreensão da vida em nosso planeta.*

*Esta experiência não apenas condensou meus conhecimentos teóricos, mas também despertou em mim um profundo interesse pela ciência e pela exploração espacial. A visita ao Observatório Antares me fez refletir sobre a importância das moléculas e átomos, desde a formação do universo até a constituição da vida na Terra, e como tudo está interligado através das ligações químicas.*

*Posso resumir que a visita ao Observatório Antares foi uma jornada educativa que deixou uma marca duradoura em minha formação acadêmica e*

*peçoal. Me sinto inspirado a continuar meus estudos com ainda mais entusiasmo e dedicação, sabendo que a Ciência tem o poder de me conectar com as maravilhas do Cosmos e me proporcionar uma visão mais ampla e integrada do mundo. Este dia ficará gravado em minha memória como um marco em minha trajetória como futuro educador e divulgador da ciência.*

O relato sobre a visita ao Observatório Astronômico Antares demonstra a importância de espaços como museus e observatórios na formação acadêmica dos estudantes de Ciência. Esses locais promovem uma conexão interdisciplinar essencial para uma formação abrangente. No relato, é possível evidenciar como a integração de diferentes áreas científicas ampliou a compreensão dos estudantes sobre a evolução do Universo e da vida na Terra. Com isso, percebemos que estes espaços contribuem significativamente para o desenvolvimento de uma visão crítica e apreciativa da ciência, em que indivíduos mais engajados e preparados enfrentarão desafios educacionais de maneira mais assertiva em suas futuras salas de aula.

Embora tenha sido uma atividade bastante significativa para os estudantes, optamos por não incluí-la no e-book do Produto Educacional desta dissertação. Isto porque não faria sentido relatar uma proposta de atividade em um museu específico, dado que o objetivo do e-book é apresentar atividades replicáveis em diferentes lugares e contextos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou explorar as interseções entre Astroquímica, Astrobiologia e os conteúdos de Química Geral e Orgânica, visando uma abordagem interdisciplinar e contextualizada no ensino superior, especialmente na formação de professores dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Ao longo da pesquisa, foi possível perceber que a integração dessas áreas proporciona uma visão mais ampla e coesa da formação científica dos seus participantes.

Na Atividade 1 da 1ª SD, a aplicação de questionário de conhecimentos prévios, foi importante para revelar o nível de compreensão sobre os temas abordados, norteando a elaboração das demais atividades.

Já no desenvolvimento de proposta aplicação de um tema de Astrobiologia para Ensino Fundamental ou Médio (Atividade 2), nos ajudou a perceber como professores em formação relacionam aspectos da Astrobiologia, através de suas propostas de intervenção pedagógicas através de planos pedagógicos.

Em relação à Atividade 3, que consistiu na criação e aplicação de kits didático de modelagem molecular multimodal (físico e virtual) de compostos orgânicos pré-bióticos já identificados no espaço, foi possível perceber o engajamento dos estudantes durante o uso dos kits. Muitos conceitos discutidos ao longo da disciplina de Química Orgânica foram utilizados neste trabalho que relacionou temas da disciplina com tópicos da Astroquímica.

Esta mobilização de conteúdos de maneira mais aprofundada e fundamentada também foi observada durante a Atividade 4, na qual os participantes realizaram a identificação de uma molécula orgânica através de seu espectro no IR. Nesta atividade, os estudantes tiveram contato com uma metodologia espectroscópica no infravermelho como um meio de identificação de moléculas fora do nosso planeta.

Na Atividade 5, que consistiu em um debate sobre implicações da Astroquímica e Astrobiologia para a humanidade, conseguimos notar uma gama de relações interessantes entre esses temas e os impactos na vida em sociedade. Foram identificadas preocupações para a resolução de problemas globais, como essas áreas podem, por exemplo, causar tensões nos campos

econômico, religioso e filosóficos e suas expectativas de impacto científico e tecnológico. Toda essa gama de respostas evidenciou um rico emaranhado de conceitos e relações criadas nas discussões sobre Astroquímica e Astrobiologia nas aulas e em como tudo isso reverbera na formação desses estudantes.

No que se referem as atividades da 2ª SD, percebemos que foi viável analisar propriedades físico-químicas de moléculas já encontradas no espaço utilizando o programa IQMol na Atividade 1. Os estudantes evidenciaram que utilizar um software de Química Computacional para gerar um mapa de potencial eletrostático (PES) é possível se lhes forem garantido acesso a um computador e um tutorial em como gerar esses mapas. Acessar ferramentas de pesquisa em Astroquímica fomentou, como vimos nas análises, uma mobilização de múltiplos conceitos através de instrumentos de pesquisa, contribuindo para uma formação mais consolidada para a Educação Científica.

Foi possível investigar também como a Educação Científica se fortalece em atividades fora da sala de aula. Na Atividade 2 da SD2, nós condensamos as principais ideias e palavras-chave de relatórios de visita técnica ao Observatório Astronômico Antares em um texto cujo autor representa todos os estudantes ao mesmo tempo. O texto traz à tona múltiplas experiências enriquecedoras que certamente farão a diferença na formação acadêmica e profissional dos discentes participantes.

Uma dificuldade enfrentada foi a construir o planejamento das disciplinas incluindo as sequências didáticas sem ônus para a ementa das disciplinas. Felizmente foi possível trabalhar todos os conteúdos contidos nas ementas, incluindo as sequências didáticas. Entretanto, parte dos conteúdos precisaram ser enxugados a fim de criar espaço para a inclusão das atividades deste trabalho.

Em suma, acreditamos que foi possível responder as perguntas iniciais desta pesquisa. Percebemos que é possível abordar a Astroquímica na Educação Superior, apesar de ela requerer conhecimentos muitas vezes específicos e complexos. Nossa ideia não foi adentrar com profundidade na Astroquímica, mas apresentá-la como um campo do saber contextualizado com o campo de atuação de estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Também foi possível perceber a importância de se trabalhar tópicos da Astronomia, Astroquímica e Astrobiologia em cursos de licenciatura das áreas

científicas. Atuar na Educação Básica requer uma formação sólida e ampla científica e pedagogicamente. Esta formação, como discutido no Capítulo 2, precisa dialogar com o passado, nossa história, e o futuro, quais caminhos estamos escolhendo com as ações que tomamos hoje. A Astronomia faz parte a muito tempo da cultura humana e pode apontar para novas organizações sociais num futuro não tão distante em ambientes fora do nosso planeta. As análises das Atividades 2, 5 e 7 apontam fortemente para a necessidade de atender às demandas de discussão sobre temas da Astronomia na sala de aula.

Por fim, acreditamos que este trabalho contribuiu para ajudar no debate e a apontar caminhos e propostas de aplicação de saberes da Astronomia, mais especificamente da Astroquímica e da Astrobiologia na formação de professores das áreas científicas, em especial, aos de Ciências Biológicas.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, M. T. S. **O potencial pedagógico das visitas a museus de ciência para o ensino de física no ensino médio**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 18(3), 923-940, 2018.

ASTOLFI, J.P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. 2. ed. Tradução de Magda S. S. Fonseca. Campinas : Papirus, 1991. 132p.

BANWELL C.N., MCCASH E.M. **Fundamentals of Molecular Spectroscopy**. 4th ed. Berkshire, England: McGraw Hill; 1994.

BERNARDES, A. O.; TERRA, P. W. **História da Astronomia no Ensino Médio**: discutindo a Cosmologia Grega através do modelo de Universo de Eudoxo. III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – III SNEA 2014 – Curitiba, PR. Disponível em [https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2014\\_TCP58.pdf](https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2014_TCP58.pdf). Acesso em 07 abr. de 2022.

BLUMBERG, B. S. **The Nasa astrobiology institute: early history and organization**. *Astrobiology*, v. 3, n. 3, p. 463-470, 2003.

BRASIL - MEC – Ministério da Educação e Cultura (2018). **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC. Disponível em [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf). Acesso em 07 mar. de 2024.

BRITO, José Euripedes Bezerra; TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza. **ASTROBIOLOGIA, EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E INTERDISCIPLINARIDADE**. Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica, v. 12, n. 1, 2022.

CHERVEL, A. **História das disciplinas escolares**: reflexões sobre um campo de pesquisa. Teoria & Educação, 2, 1990.

DANTAS, R.; SILVA, S.; SANTOS, R.; NÚÑEZ, I. **As representações de professores universitários sobre trajetória de sucesso acadêmico na Universidade**. VI CONEDU. Disponível em: <[https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO\\_EV127\\_MD1\\_SA2\\_ID10812\\_19092019162246.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA2_ID10812_19092019162246.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2023.

DELGADO, J. L. G., MARTÍNEZ, F. L., & PRIETO, D. L.. **O ensino maker: uma abordagem metodológica para a construção de conhecimento**. Revista de Educación a Distancia, 56, 1-20, 2018.

DOS SANTOS ALVES, A. C. et al. **Metodologia de Sequências Didáticas e Projetos Interdisciplinares**. Caderno Marista de Educação, v. 9, p. e39572–e39572, 2014.



FRANCO, M. A. S.; TEIXEIRA, M. L. M. **Aprendizagem invertida e seus efeitos no desenvolvimento de competências acadêmicas e profissionais.** Revista da Sociedade Brasileira de Computação, 6(3), 57-66, 2016.

GALANTE, Douglas *et al.* **Astrobiologia: uma ciência emergente.** São Paulo: Tikinet, 2016

GUÉLIN, M., CERNICHARO, J. **Organic Molecules in Interstellar Space: Latest Advances**, Frontiers in Astronomy and Space Sciences, v. 9, 2022

IF BAIANO, **Organização Didática dos Cursos de Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano.** Salvador, BA. Disponível em <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/serrinha/files/2022/08/Resolucao-64-consolidada-OD.pdf>. Acesso em 11 jul. 2024.

JOHNSON, D. W., & JOHNSON, R. T. **Cooperative learning and debate.** In S. Tobias & T. M. Duffy (Eds.), *Constructivist instruction: Success or failure?* (pp. 89-108). New York, NY: Routledge, 2009.

KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental.** In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, 2008. p. 212-217. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/54659874-Estacao-ciencia-formacao-de-educadores-para-o-ensino-de-ciencias-nas-series-iniciais-do-ensino-fundamental.html>>. Acesso em: 03/09/2023.

LANGHI, R. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores.** 2009. 370 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R.. **Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, p. 4402-4412, 2009. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbef/a/jPYT5PRkLsy5TJQfM8pDWKB/?lang=pt>. Acesso em 07 abr. de 2022.

LEFÈVRE, F.; LEFÈVRE, A. M. C. **Discurso do Sujeito Coletivo: um novo enfoque em pesquisa qualitativa (desdobramentos).** Caxias do Sul: Educus, 2003.

LEFEVRE, F.; LEFEVRE, A. M. C.; MARQUES, M. C. C. **Discurso do sujeito coletivo, complexidade e auto-organização.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 14, p. 1193-1204, 2009.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência.** Química nova, v. 20, p. 563-568, 1997.

MEC. **Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior** (Cadastro e-MEC). Disponível em <https://emec.mec.gov.br/>. Acesso em 07 abr. de 2022

MELLO, L. A. **A Teoria da Transposição Didática de Chevallard, Izquierdo e de Mello (CHIM)**. Instituto de Física, Universidade Federal de Sergipe, 2019. Disponível em <https://ri.ufs.br/handle/riufs/11976?mode=full>. Acesso em 14 abr. de 2022

MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. **A análise de conteúdo como uma metodologia**. *Cadernos De Pesquisas*, v. 47, n. 165, p. 1044–1066, 2017.

MIN, M., ORMEL, C. W., CHUBB, K., HELLING, C., & KAWASHIMA, Y. **The ARCiS framework for exoplanet atmospheres-Modelling philosophy and retrieval**. *Astronomy & Astrophysics*, v. 642, p. A28, 2020. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1812.05053>>. Acesso em: 2 set. 2023.

OLIVEIRA, M. M. **Metodologia Interativa: um processo hermenêutico dialético**. *Revista Educação: Porto Alegre: INTERFACES BRASIL/CANADÁ*, V1, N.1, 2001

RODRIGUES, S. P. J.; CARIDADE, P. **Vista do História da química computacional e do uso dos computadores em química**. *Rev. História da Ciência e Ensino*, v. 25, p. 140-153, 2022. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/57828/40461>>. Acesso em: 2 set. 2023.

RODRIGUES, T. D. F. F.; DE OLIVEIRA, G. S.; DOS SANTOS, J. A. **As pesquisas qualitativas e quantitativas na educação**. *Revista Prisma*, v. 2, n. 1, p. 154-174, 2021.

ROSA, C. A. P. **História da ciência: da antiguidade ao renascimento científico**. In: *História da ciência: da antiguidade ao renascimento científico*. 2012. p. 469-469.

SCHWIETERMAN, E. W. et al. **Exoplanet biosignatures: a review of remotely detectable signs of life**. *Astrobiology*, v. 18, n. 6, p. 663-708, 2018.

SEBASTIÁN., C. H.; LORENA, M. O. **LA QUÍMICA COMPUTACIONAL COMO HERRAMIENTA PARA ENTENDER PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS A NIVEL MOLECULAR**. *infoANALÍTICA*, v. 8, n. Esp.2, p. 69–100, 2020.

SILVA, D.; SIMON, F. O. **Abordagem quantitativa de análise de dados de pesquisa: construção e validação de escala de atitude**. *Cadernos da CERU*. São Paulo, SP, v. 16, n. 2, p. 11-26, 2005.

SPATTI, L. F. **Determinação da zona habitável de exoplanetas**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/238491>>. Acesso 03 set 2023.

SUÁREZ MILLÁN, M. D. C.; BETANCOURT ARANGO, J. P. **La química computacional como mediación pedagógica para el aprendizaje de conceptos fundamentales de química general**. Educación química, v. 34, n. 1, p. 70–85, 2023.

YAMAMOTO, S. **Introduction to Astrochemistry Chemical Evolution from Interstellar Clouds to Star and Planet Formation**. Tóquio : Ed. Springer, 2017.


# APÊNDICE 1

## Astrocards

<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">QUAL É A MOLÉCULA?</h3> <p><b>DICA:</b> É UM ÁLCOOL</p> <p><b>PERGUNTAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) A MOLÉCULA É POLAR OU APOLAR?</li> <li>2) QUAL SUA MASSA MOLAR? (C:12, H:1, O:16 (G/MOL))</li> <li>3) A MOLÉCULA POSSUI CARBONO ASSIMÉTRICO?</li> </ol>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">INFORMAÇÕES ASTRONÔMICAS</h3> <p>AS OBSERVAÇÕES DO RADIOTELESCÓPIO ALMA REVELARAM A IMPRESSÃO DIGITAL DOS ESPECTROS DESTA SUBSTÂNCIA NUM DISCO PROTOPLANETÁRIO PELA PRIMEIRA VEZ.</p> <p>O DISCO PROTOPLANETÁRIO EM TORNO DA JOVEM ESTRELA TW HYDRAE, NA REGIÃO DA CONSTELAÇÃO DA HIDRA, É O EXEMPLO CONHECIDO MAIS PRÓXIMO DA TERRA, A UMA DISTÂNCIA DE APENAS CERCA DE 170 ANOS-LUZ.</p>  <p style="font-size: small;">REGIÃO INTERNA DO DISCO PROTOPLANETÁRIO TW HYDRAE. CRÉDITO: S. ANDREWS, B. SAKTON, ALMA</p>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">QUAL É A MOLÉCULA?</h3> <p><b>DICA:</b> TORNA O PH DO MEIO ABAIXO DE 7</p> <p><b>PERGUNTAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) PESQUISE UM EXEMPLO DE CONTEXTO BIOLÓGICO EM QUE ESSA SUBSTÂNCIA APARECE.</li> <li>2) ESTE COMPOSTO SE DISSOLVE BEM EM ÁGUA? JUSTIFIQUE.</li> <li>3) QUAL A RAZÃO DESTA MOLÉCULA TORNAR O PH DO MEIO ABAIXO DE 7?</li> </ol>
---	--	---

<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">INFORMAÇÕES ASTRONÔMICAS</h3> <p>A MOLÉCULA FOI DETECTADA NA NUVEM SAGITTARIUS B2 (SGR B2). É UMA Densa NUVEM MOLECULAR DE GÁS E POEIRA QUE ESTÁ LOCALIZADA A CERCA DE 120 PARSECS (390 ANOS-LUZ) DO CENTRO DA VIA LÁCTEA, NA DIRAÇÃO DA CONSTELAÇÃO DE SAGITÁRIO. A MASSA TOTAL DE SGR B2 É CERCA DE 3 MILHÕES DE VEZES A MASSA DO SOL.</p>  <p style="font-size: x-small;">IMAGEM DA NUVEM DE SAGITÁRIO. IMAGE CREDIT: BATTERSBY ET AL. 2020. CRÉDITO: S. ANDREWS, B. SAKTON, ALMA</p>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">QUAL É A MOLÉCULA?</h3> <p><b>DICA:</b> POSSUI APENAS LIGAÇÕES SATURADAS</p> <p><b>PERGUNTAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) EXISTE ALGUM ISÔMERO PARA ESTE COMPOSTO?</li> <li>2) QUAL A PRINCIPAL CARACTERÍSTICA DA FUNÇÃO ORGÂNICA PRESENTE NA MOLÉCULA?</li> <li>3) PESQUISE UMA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DESTA SUBSTÂNCIA.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">INFORMAÇÕES ASTRONÔMICAS</h3> <p>ESTA SUBSTÂNCIA É UM COMPOSTO ORGÂNICO QUE FORNECE INFORMAÇÕES SOBRE OS PROCESSOS QUE OCORRERAM ANTES, DURANTE E APÓS A FORMAÇÃO DO SISTEMA SOLAR. ELE FOI IDENTIFICADO POR MEDIÇÕES DIRETAS IN SITU DA COMA DO COMETA 67P/CHURYUMOV-GERASIMENKO, NO SISTEMA SOLAR, PELA SONDA ROSETTA.</p>  <p style="font-size: x-small;">VISÃO ARTÍSTICA DA ROSETTA E DA SONDA PHILAE NAS PROXIMIDADES DO COMETA 67P. CRÉDITO DA IMAGEM ESA.</p>
--	--	--

<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">QUAL É A MOLÉCULA?</h3> <p><b>DICA:</b> POSSUI UM GRUPO ÁCIDO E UM BÁSICO</p> <p><b>PERGUNTAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ESTE COMPOSTO É QUIRAL? JUSTIFIQUE</li> <li>2) EM QUE CONTEXTO BIOLÓGICO ESTA MOLÉCULA É IMPORTANTE?</li> <li>3) DESENHE UMA EQUAÇÃO DE DESIDRATAÇÃO ENTRE DUAS MOLÉCULAS IGUAIS A QUE VOCÊS MONTARAM.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">INFORMAÇÕES ASTRONÔMICAS</h3> <p>CIENTISTAS DA NASA DESCOBRIRAM ESTA SUBSTÂNCIA, UM BLOCO DE CONSTRUÇÃO FUNDAMENTAL DA VIDA, EM AMOSTRAS DO COMETA WILD 2 ENVIADAS PELA ESPAÇONAVE STARDUST DA NASA.</p>  <p style="font-size: x-small;">NÚCLEO DO COMETA WILD 2. CRÉDITO DA IMAGEM NASA</p> <p>LANÇADO EM 1999, SUA MISSÃO ERA COLETAR AMOSTRAS DE POEIRA DO COMA DO COMETA WILD 2, BEM COMO AMOSTRAS DE POEIRA CÔSMICA, ISSO OCORREU EM 2006.</p>  <p style="font-size: x-small;">IMPRESSÃO ARTÍSTICA DE STARDUST NO COMETA WILD 2. (FONTE: WIKIPÉDIA)</p>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">QUAL É A MOLÉCULA?</h3> <p><b>DICA:</b> POSSUI UMA HIDROXILA E DUAS FUNÇÕES ORGÂNICAS</p> <p><b>PERGUNTAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) QUAL(AIS) A(S) FUNÇÃO(ÕES) ORGÂNICA(S) PRESENTE(S) NA MOLÉCULA?</li> <li>2) O COMPOSTO É POLAR OU APOLAR? JUSTIFIQUE.</li> <li>3) PESQUISE UM USO DA SUBSTÂNCIA NO CONTEXTO DA BIOLOGIA.</li> </ol>
---	--	---

<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">INFORMAÇÕES ASTRONÔMICAS</h3> <p>É UMA MOLÉCULA ALTAMENTE REATIVA QUE OCORRE TANTO NA BIOSFERA QUANTO NO MEIO INTERESTELAR. A MOLÉCULA FOI IDENTIFICADA EM GÁS E POEIRA EM TORNO DA ESTRELA BINÁRIA PROTOESTELAR "IRAS 16293-2422", A 400 ANOS-LUZ DA TERRA, LOCALIZADA NA REGIÃO DA CONSTELAÇÃO DO OFIÚCO.</p>  <p style="font-size: x-small;">SISTEMA BINÁRIO (IRAS 16293-2422, IRAM TELESCOPE. FONTE: DAVID KOERNER</p>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">QUAL É A MOLÉCULA?</h3> <p><b>DICA:</b> POSSUI DOIS ANÉIS AROMÁTICOS</p> <p><b>PERGUNTAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) O COMPOSTO É POLAR OU APOLAR? JUSTIFIQUE.</li> <li>2) PESQUISE APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA ESTE COMPOSTO.</li> <li>3) ESTA MOLÉCULA É TRIDIMENSIONAL? JUSTIFIQUE.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">INFORMAÇÕES ASTRONÔMICAS</h3> <p>O COMPOSTO FOI DESCOBERTO EM UMA REGIÃO DE FORMAÇÃO ESTELAR NA CONSTELAÇÃO DE PERSEU, NA DIREÇÃO DA ESTRELA CERNIS 52, EM UMA NUVEM DE MATÉRIA INTERESTELAR LOCALIZADA A 700 ANOS-LUZ DA TERRA. ESTA DETECÇÃO SUGERE QUE UM GRANDE NÚMERO DE COMPONENTES-CHAVE NA QUÍMICA TERRESTRE PRÉ-BIOTICA PODERIA ESTAR PRESENTE NA MATÉRIA INTERESTELAR A PARTIR DA QUAL O SISTEMA SOLAR FOI FORMADO.</p>  <p style="font-size: x-small;">MONTAGEM ILUSTRANDO A LOCALIZAÇÃO DE DETECÇÃO DA MOLÉCULA EM QUESTÃO. FONTE: INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DAS CANARIAS (IAC)</p>
--	--	--

<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">QUAL É A MOLÉCULA?</h3> <p><b>DICA:</b> CONTÉM UM CICLO DE 3 ÁTOMOS COM UM OXIGÊNIO COMO HETEROÁTOMO</p> <p><b>PERGUNTAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) O COMPOSTO É POLAR OU APOLAR? JUSTIFIQUE.</li> <li>2) PESQUISE APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA ESTE COMPOSTO.</li> <li>3) ESTA MOLÉCULA POSSUI ISOMERIA ESPACIAL? JUSTIFIQUE.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">ASTROCARD</p> <h3 style="text-align: center;">INFORMAÇÕES ASTRONÔMICAS</h3> <p>FOI A PRIMEIRA MOLÉCULA QUIRAL ORGÂNICA COMPLEXA NO ESPAÇO INTERESTELAR.</p>  <p style="font-size: x-small;">NUVEM DE GÁS DO CENTRO DA VIA LÁCTEA. FONTE: IAN HEYWOOD (OXFORD U.), SARAO</p> <p>SUA DESCOBERTA OCORREU EM 2016, NA REGIÃO DA CONSTELAÇÃO DE SAGITÁRIO, UTILIZANDO DADOS DO NATIONAL SCIENCE FOUNDATION'S GREEN BANK TELESCOPE (GBT)</p>  <p style="font-size: x-small;">RADIOTELESCÓPIO GBT. CRÉDITO: NRAO/AUI</p>
--	--

Tabela 8. Relação das moléculas referentes a cada Astrocard

<b>Astrocard</b>	<b>Átomos no kit</b>	<b>Molécula</b>
Verde	1 C / 4 H / 1 O	Metanol
Azul	2 C / 4 H / 2 O	Ácido etanóico
Rosa	1 C / 5 H / 1 N	Metanamina
Amarelo	2 C / 5 H / 2 O / 1 N	Ácido 2-aminoetanóico
Vermelho	2 C / 4 H / 2 O	Hidroxietanal
Roxo	10 C / 8 H	Naftaleno
Bege	3 C / 6 H / 1 O	Óxido de propileno

Siglas: C = carbono, H = hidrogênio, O = oxigênio, N = nitrogênio