



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE
CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA
NATUREZA**

MARISA SAYURI FUKUHARA FERREIRA

MARINGÁ - PR
Julho, 2023

ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA

MARISA SAYURI FUKUHARA FERREIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração Física/Astronomia - Formação de professores de Física em nível de mestrado – Linha de pesquisa: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

MARINGÁ - PR
Julho, 2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

F383a	<p>Ferreira, Marisa Sayuri Fukuhara</p> <p>Astrobiologia, uma motivação para o estudo de conceitos da termodinâmica em ciências da natureza / Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira. -- Maringá, PR, 2023. 364 f.: il. color., tabs.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2023.</p> <p>1. Astrobiologia. 2. Ensino de física. 3. Termodinâmica. 4. Aprendizagem significativa. I. Mukai, Hatsumi, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). III. Título.</p>
CDD 23.ed. 536.7	

ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA

MARISA SAYURI FUKUHARA FERREIRA

Orientadora
Profa. Dra. Hatsumi Mukai

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração Física/Astronomia (CAPES); Física para o Ensino Fundamental (MNPEF).

Aprovada por:

Profa. Dra. Hatsumi Mukai
(DFI/UEM-Maringá-PR)

Prof. Dr. Rodolfo Teixeira de Souza
(UTFPR- Apucarana – PR)

Prof. Dr. Breno Ferraz de Oliveira
(DFI/UEM-Maringá-PR)

MARINGÁ - PR
Julho, 2023

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas “.

Carl Sagan

Dedico esta dissertação à toda minha família pelo apoio incondicional ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar força e sabedoria para vencer as dificuldades durante toda a minha vida.

À Professora Doutora Hatsumi Mukai, minha orientadora e professora da disciplina de Estágio Supervisionado, pela paciência, incentivo e dedicação durante toda a realização deste trabalho. Grata por compartilhar todo o seu conhecimento.

Ao Professor Doutor Paulo Ricardo Garcia Fernandes, coordenador do Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo UEM e professor da disciplina de Eletromagnetismo, por toda a orientação dada.

A todos os professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF/Polo UEM pelos ensinamentos e total dedicação durante às aulas.

Em especial, às minhas filhas Fabiana e Fernanda, que sempre me incentivaram a buscar novos sonhos e realizações. Sem vocês nada disso seria possível, e ao meu marido pela ajuda e perseverança na realização dos experimentos.

Ao apoio de toda a minha família.

Aos meus amigos do MNPEF-UEM pela amizade, companheirismo e troca de experiências durante todos esses anos.

À diretora do Colégio Nova Geração, Kelli Delamare Marini, por permitir a aplicação do Produto Educacional e estar sempre disposta a me ajudar. A ela minha eterna gratidão.

Às professoras Polyanna de Aguiar Romanini Bombarde e Fabiana Ribeiro de Almeida Papaiani, pelo apoio e prontidão em ajudar.

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para que eu pudesse concluir com êxito este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A Termodinâmica no ensino fundamental é pouco explorada, no entanto no ensino médio é abordada, mas não de forma atrativa a despertar o interesse dos alunos. Entre as dificuldades mais relevantes para os discentes estão a terminologia e os conceitos, que mesmo quando conectadas ao cotidiano parecem não ser suficientemente claras e atrativas. De forma que, nesta dissertação, apresenta-se um Produto Educacional (PE) contendo uma proposta elaborada, além dos desafios já descritos, durante o período de isolamento social devido à pandemia do SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respirator Syndrome Coronavirus 2*) e aplicada pós isolamento social, estruturada em uma sequência didática envolvendo os conceitos fundamentais da Termodinâmica, tendo como motivação a Astrobiologia. Por se tratar de um tema atual e multidisciplinar, ela fornece uma forma diferente de contextualização dos conceitos termodinâmicos por apresentar uma vasta abrangência de temas que despertam a curiosidade natural do ser humano, complementando e instigando o processo de ensino-aprendizagem. Para essa abordagem, foram utilizados vídeos, realização de experimentos, e ferramentas didáticas aprendidas no período de pandemia como o formulário google®, os simuladores e o *quiz* por meio do Kahoot®. Como embasamento teórico para a aplicação deste PE, foi utilizado a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, considerando os subsunçores, organizadores prévios, e os indicativos dos conhecimentos adquiridos. A análise se deu por meio de questionários e atividades realizados durante a sua aplicação. O público alvo foram em sua maioria alunos do ensino fundamental de instituição privada e pública de ensino no Município de Colorado – PR, aplicados de forma presencial em momentos diferentes, sendo à primeira aplicação no período em distanciamento social devido à pandemia do SARS-CoV-2, e a segunda um ano após a primeira aplicação ainda com as consequências do período de isolamento social e da doença COVID-19 provocadas pelo vírus. Consideramos que houve evidências de que o resultado foi satisfatório, pois conseguiu-se em ambas as turmas o envolvimento de forma ativa dos alunos, principalmente nas atividades que envolveram os simuladores, *quiz* e os experimentos. Outro resultado observado foi que a proposta em contextualizar os conceitos da termodinâmica no tema Astrobiologia mostrou-se promissora, os alunos foram mais participativos, com mais questionamentos e discussões, que em aulas tradicionais, indicando evidências que a motivação funcionou. Além disso, detectamos que podemos superar desafios os quais nem imaginávamos passar, pois além dos já existentes na educação básica, a pandemia do SARS-CoV-2 trouxe novos e que foram contornados de várias formas, e um exemplo é o presente trabalho.

Palavras-chave: Astrobiologia, Ensino de Física, Termodinâmica, Teoria de Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

Thermodynamics in elementary school is little explored, however in high school it is addressed, but not in an attractive way to arouse the interest of students. Among the most relevant difficulties for students are the terminology and the concepts, which even when connected to everyday life do not seem to be sufficiently clear and attractive. So, in this dissertation an Educational Product (EP) containing a proposal elaborated, in addition to the challenges already described, during the period of social isolation due to the SARS-CoV-2 (Severe Acute Respirator Syndrome Coronavirus 2) pandemic and applied after social isolation, structured in a didactic sequence involving the fundamental concepts of Thermodynamics, having Astrobiology as motivation. As it is a current and multidisciplinary topic, it provides a different way of contextualizing thermodynamic concepts by presenting a wide range of topics that arouse the natural curiosity of the human being, complementing and instigating the teaching-learning process. In this approach, videos were used, experiments carried out, and didactic tools learned during the pandemic period such as the Google[®] form, simulators and the quiz through Kahoot[®]. As a theoretical basis for the application of this EP, the Theory of Meaningful Learning by David Ausubel was used, considering the subsumers, previous organizers, and the indicative of the acquired knowledge. The analysis took place through questionnaires and activities carried out during its application. The target audience were mostly elementary school students from private and public educational institutions in the city of Colorado - PR, applied in different times, the first application being in the period of social distancing due to the SARS-CoV-2 pandemic, and the second one ear after the first application still with the consequences of the period of social isolation and the COVID-19 disease caused by the virus. We consider that there was evidence that the result was satisfactory, as the active involvement of students was achieved in both classes, especially in activities involving simulators, quiz and experiments. Another observed result was that the proposal to contextualize the concepts of thermodynamics in the Astrobiology theme showed promise, the students were more participative, with more questions and discussions, than in traditional classes, indicating evidence that the motivation worked. In addition, we detected that we can overcome challenges which we did not even imagine going through, because in addition to those already existing in basic education, the SARS-CoV-2 pandemic brought new ones that were circumvented in several ways, and an example is the present work.

Keywords: Astrobiology, Physics Teaching, Thermodynamics, Meaningful Learning Theory

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Esquema do contínuo entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa.
Fonte: Moreira (2012, p.12).

Figura 2.1 - (a) O corpo T e o corpo A estão em equilíbrio térmico, isolado termicamente do corpo B. (O corpo S é um isolante térmico.) (b) O corpo T e o corpo B estão em equilíbrio térmico, isolado termicamente do corpo A, (c) Se (a) e (b) são verdadeiros, então o corpo A e o corpo B também estão em equilíbrio térmico com a mesma temperatura T.
Fonte: Halliday e Resnick (2016, p.416).

Figura 2.2 - Imagem ilustrativa de termômetros em: (a) escala Celsius. (b) escala Fahrenheit.
Fonte: Ramalho *et al.*, 2016.

Figura 2.3 - Desenho esquemático indicando a temperatura T (K) (em escala logarítmica) desde que o Universo atingiu logo após o *Big-Bang* $10^{39}K$ até a menor temperatura obtida em laboratório $10^{-9}K$.
Fonte: Fig.18-1 - Halliday e Resnick, 2016.

Figura 2.4 - Relação entre as escalas termométricas: os índices 1 se refere a variação da temperatura entre o ponto de fusão e de ebulição, e o índice 2 do ponto de fusão a qualquer temperatura abaixo ao de ebulição da água.
Fonte: Kilhian, 2010.

Figura 2.5 - Desenho esquemático (a) indicando a transferência de energia térmica do corpo A para o corpo B, $T_A > T_B$, até as temperaturas se igualarem $T_A = T_B = T$ indicado em (b) equilíbrio térmico.
Fonte: elaborado da descrição do texto de Ramalho *et al.*, 2016, p. 56.

Figura 2.6 - Ilustração de um processo de difusão homogênea e linear do calor, de uma temperatura T_1 a T_2 em um material de largura Δx por uma área A.
Fonte: cedido por H. Mukai, 2021.

Figura 2.7 – ilustração de corrente de convecção causada pela diferença de pressão.
Fonte: < <https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/calor/conducao.html>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

Figura 2.8 – Representação esquemática de uma onda eletromagnética que se propaga, na direção de x , com velocidade c , em que λ é o comprimento de onda, \vec{E} o campo elétrico perpendicular, plano (x, y) ao campo magnético \vec{B} , plano (x, z) , e ambos perpendiculares a direção de propagação (x) .
Fonte: < https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_vlna&l=es>. Acesso em: 22 fev. 2023.

Figura 2.9 - Imagem ilustrativa das faixas dos comprimentos de onda das radiações de uma onda eletromagnética, inclusive a faixa da luz visível. E as faixas que penetram na atmosfera.
Fonte: Villate (2021, p.262).

Figura 2.10 – Imagem ilustrando (a) os pontos do corpo humano emitindo a radiação IV. (b) uso do Termômetro tipo pirômetro.
Fontes: (a) < <https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/ciencia-as-19-horas-abordara-termografia/>>; (b) < <https://www.termocam.com.br/aparelhos/sistemas-completos-de-termografia/>> Acesso em: 10 dez. 2022.

Figura 2.11 – Ilustrações de um pistão realizando:(a) Trabalho positivo realizado pelo gás (b) Trabalho negativo realizado sobre o gás.
Fonte: Young e Freedman, (2016, p.281).

Figura 2.12 – Diagramas de Clayperon, representando graficamente o trabalho realizado pela área abaixo da curva em um diagrama Pressão P versus Volume V para um sistema passando por uma: (a) expansão com pressão variando, $W > 0$, (b) uma compressão com pressão variando, $W < 0$, e em (c) expansão a volume constante, $W > 0$.
Fonte: Young e Freedman, (2016, p.282).

Figura 2.13 – Ilustração sobre as convenções de sinais para Q e W sobre ou pelo sistema.

Fonte: Young e Freedman (2016, p.280).

Figura 2.14 - Ilustração da análise de um processo adiabático.

Fonte: Halliday e Resnick, (2016, p.445).

Figura 2.15 – Desenho esquemático de um sistema a Expansão livre. Quando se abre a válvula o gás se expande para o lado vácuo sem realização de trabalho.

Fonte: Halliday e Resnick, (2016, p. 446)

Figura 2.16 – Desenho esquemático: (a) da máquina térmica perfeita, ou seja, que converte totalmente calor em trabalho. Em que: T_Q e Q_Q se refere a temperatura e calor da fonte Quente (maior temperatura) e T_F e Q_F se refere a temperatura e calor da fonte Fria (menor temperatura).

Fonte: Halliday e Resnick, (2016, p.567).

Figura 2.17 - Desenho ilustrando o enunciado de (a) Clausius: “máquina real. Nestas imagens o índice H se refere a quente (*Hot*) e o índice C para Frio (*Cold*).

Fonte: Young e Freedman (2016, p.323).

Figura 2.18 - Desenho ilustrando o enunciado de Kelvin-Planck: “refrigerador” da segunda lei da termodinâmica. Nestas imagens o índice H se refere a quente (*Hot*) e o índice C para Frio (*Cold*).

Fonte: Young e Freedman, (2016, p.323).

Figura 2.19 - Ciclo de Carnot para um gás ideal. No diagrama PV, as linhas finas azuis são isotermas e as linhas grossas azuis são curvas adiabáticas. Nestas imagens o índice H se refere a quente (*Hot*) e o índice C para Frio (*Cold*).

Fonte: Young e Freedman, (2016, p.324).

Figura 2.20 – Desenho ilustrativo sobre o processo desde o *Big Bang* até o surgimento da vida no Universo.

Fonte: <<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/cosmo3.html>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

Figura 2.21 – Ilustração de moléculas de água agrupadas por meio da molécula de Hidrogênio formando um tetraedro.

Fonte: Chaplin M. <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tetrahedral-hydrogenbonding-in-water.gif>>. apud Barbosa (2015, p.5101-2).

Figura 2.22 – Ilustração da nomenclatura dada para cada mudança de fase para a água.

Fonte: cedido por H. Mukai, 2021. Adaptada da referência Ramalho *et al.* (1977, p.173).

Figura 2.23 - Esboço do comportamento de gráficos (a) Volume versus temperatura e em (b) da densidade versus temperatura, do comportamento anômalo (diferente do normal) para 1 grama de água em $T = 4\text{ }^\circ\text{C}$.

Fonte: <<https://www.estudavest.com.br/questoes/?id=46245> >. Acesso em: 10 mar.2023.

Figura 2.24 – Gráfico da pressão versus temperatura apresentando as fases da água, o ponto triplo, o ponto crítico.

Fonte: <<https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>>; Acesso em: 10 mar. 2023.

Figura 2.25 – Desenho esquemático apresentando o ciclo da água.

Fonte: John M. Evans/USGS-USA Gov -< <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html> apud [wikipedia 2016](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_da_%C3%A1gua)>. Acesso em: 30 mar. 2023.

Figura 2.26 – Imagens fotográficas de ambientes de temperaturas extremas em nosso planeta (a) quente e (b) frio.

Fontes: (a) <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Deserto#/media/Ficheiro:Atacama1.jpg>> e (b) <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Presseisr%C3%BCcken_am_Nordpol,_April_1990.jpg> Acessos em: 18 jun. 2022.

Figura 2.27 – Imagem ilustrativa dos planetas que fazem parte do sistema solar.

Fonte: Ilustração: D1min / Shutterstock.com apud <<https://www.infoescola.com/astronomia/planetas-do-sistema-solar/>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

Figura 2.28 - Imagem ilustrativa da estrutura do Sol e suas regiões.

Fonte: <<https://www.todamateria.com.br>> Astronomia. Acesso em: 18 jan. 2021.

Figura 2.29 - Ilustração da sequência de reações que formam a cadeia próton- próton. As esferas rosas indicam um próton, os cinzas os nêutrons, os brancos e menores o pósitron, a letra γ os raios gama e a letra ν os neutrinos e H os átomos de Hidrogênio, e He as de Hélio.

Fonte: <https://www.wikiwand.com/pt/Cadeia_pr%C3%B3ton-pr%C3%B3ton>. Acesso em: 20 ago. 2022.

Figura 2.30 – Imagem ilustrativa da zona de habitabilidade para estrelas de diferentes massas no Sistema Solar.

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/vida_ET/vet.htm> Acesso em: 10 set. 2022.

Figura 2.31 – Imagem ilustrativa indicando a magnetosfera que protege das partículas energéticas a superfície da Terra. Comprimido no lado do Sol e estendido no lado oposto.

Fonte: Por NASA - <http://sec.gsfc.nasa.gov/popscise.jpg>, Domínio público, apud <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=192450>> Acesso em: 20 abr. 2023.

Figura 2.32 – Imagem fotográfica de uma calota de gelo do planeta Marte. **Fonte:** <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_\(planeta\)#/media/Ficheiro:Martian_north_polar_cap.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_(planeta)#/media/Ficheiro:Martian_north_polar_cap.jpg)>. Acesso em: 25 jan. 2021.

Figura 2.33 – Imagem registrada pela sonda Galileo da superfície congelada e trincada do satélite Europa.

Fonte: NASA. <<https://europa.nasa.gov/>>. Acesso em: 25 mar. 2023.

Figura 2.34 – (a) Ilustração do método da velocidade radial., indicando o deslocamento para o azul e para o vermelho. A onda azul indica que o planeta está aproximando do observador e a vermelha afastando do observador. (b) Cópias de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar esse método.

Fontes: (a) autoria de Raquel Farias, 2022 - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> e b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/1>>. Acessos em: 04 abr. 2023.

Figura 2.35 – Desenho ilustrativo do efeito da microlente gravitacional (MLG). (a1) luz da estrela em linha reta; (a2) efeito da MLG e o anel de Einstein e (a3) detecção por meio da MLG do brilho da estrela por meio do alinhamento de uma estrela e seu exoplaneta (ponto em vermelho). Em (b) cópia de tela de uma simulação disponibilizado no *site* da NASA.

Fontes: autoria de Raquel Farias, 2022, - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> e (b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/4>>. Acessos em: 04 abr.2023.

Figura 2.36 – Ilustração artística do exoplaneta OGLE-2016-BLG-1195Lb.

Fonte: <<https://www.galeriadometeorito.com/2017/05/microlente-gravitacional-revela-Terra-de-Gelo.html>> - Créditos: NASA/JPL-Caltech. Acesso: 06 abr. 2023.

Figura 2.37 –Cópia de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar o método de trânsito, do brilho versus tempo na presença de exoplaneta criando um efeito de eclipse, em que na sua presença diminui a intensidade de luz observada no gráfico da última imagem.

Fontes: <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> (b) e <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/2>>. Acessos em: 04 abr. 2023.

Figura 2.38 – desenho ilustrativo do método de Imagem direto. Em (a1) a luz da estrela reflete no planeta impedindo a observação da existência de um exoplaneta. Em (a2) a técnica bloqueando a luz da estrela e observando em volta. Em (b) apresentam-se as mesmas situações de (a) sendo cópias de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar o método.

Fontes: (a) autoria de Raquel Farias, 2022 - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> e (b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/3>>. Acessos em: 04 abr. 2023.

Figura 2.39 - Ilustração do exoplaneta Kepler 22b.

Fonte: Reprodução Nasa apud <<https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/como-os-astronomos-descobrem-exoplanetas-que-estaofora-do-nosso-sistema-solar/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

Figura 2.40 - Ilustração artística das ondas de rádio emitidas pela estrela anã vermelha sendo refletidas pelo campo magnético do exoplaneta YZ Ceti b.

Fonte: <<https://www.galeriadometeorito.com/2023/04/um-sinal-de-radio-diferente-de-tudoque.html#more>> – créditos: NASA/divulgação. Acesso em: 09 abr. 2023.

Figura 3.1 – Ilustração da forma estrutural do PE em que o foco é o discente/aprendiz/aluno(a) e o mediador é o(a) Docente/Professor(a).

Fonte: cedido por H. Mukai.

Figura 3.2 – Organograma da estrutura do conteúdo a ser abordado em cada aula da aplicação do PE.

Fonte: a autora e H. Mukai.

Figura 3.3 – Imagem fotográfica da montagem experimental do experimento terrário.

Fonte: arquivos da autora.

Figura 3.4 – Imagem fotográfica da montagem experimental do experimento dessalinizador.

Fonte: arquivos da autora.

Figura 3.5 – Imagem registrada pelo telescópio Hubble, ilustrando uma parte do Universo em um raio de 46 bilhões de anos-luz (Universo Observável).

Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Universo#/media/Ficheiro:NASA-HS201427a-HubbleUltraDeepField2014-20140603.jpg>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

Figura 3.6 – Imagem ilustrativa dos planetas que compõem o sistema solar.

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar#/media/Ficheiro:Planets2013-unlabeled.jpg>. Acesso em: 20 mar. 2021.

Figura 3.7 – Cópia de tela da variação de temperatura e pressão (a) com gráfico, e (b) na atmosfera terrestre. A tradução na lateral é da autora deste trabalho.

Fontes: Vladimir Vascak – simulador, disponível em: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplota_varu_vyska&l=en> e <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=mf_atmosfera&l=pt>. Acessos em: 05 set. 2021.

Figura 3.8 – Cópia da tela do Simulador de escalas de temperatura, graus Celsius (°C), Kelvin (K) e graus Fahrenheit (°F). (a) indicando o cursor lateral que informa o valor equivalente nas 3 escalas; (b) o cursor inferior movimentando na horizontal mostra os valores sem variar o nível do líquido. (c) Variando ambos os cursores.

Fonte: Vladimir Vascak, Simulador Física na escola, disponível no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplotni_stupnice&l=pt>.. Acesso em: 21 set. 2021.

Figura 3.9 - Cópia da tela do simulador PhET da primeira página do experimento “formas e mudanças de energia”.

Fonte: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Figura 3.10 - Cópia da tela do PhET “Formas e Mudanças de Energia”. Indicando (a) o bloco de Ferro sobre o suporte e assinalado os símbolos de energia, e em (b) o bloco de tijolo em cima de outro suporte e arrastando o termômetro para cada bloco.

Fonte: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Figura 3.11 - Cópia da tela do PhET “Formas e Transformações de Energia”. Indicando (a) o bloco de Ferro sobre o suporte e simulando o seu aquecimento, e em (b) o equilíbrio térmico quando se coloca o bloco de tijolo sobre o de Ferro.

Fonte: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Figura 3.12 - Desenho ilustrando a lei zero da termodinâmica: Em um sistema isolado termicamente, (a) o corpo A em equilíbrio térmico com o corpo C, e (b) o corpo B também em equilíbrio térmico com C, então pode-se afirmar que (c) o corpo A e B estão em equilíbrio térmico entre si. Sendo $C=T$.

Fonte: Halliday e Resnick, 2016 p.416.

Figura 3.13 - Cópia da tela do PhET – estados da matéria. Análise para a água na fase líquida a uma temperatura do zero absoluto.

Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>. Acesso em: 24 set. 2021.

Figura 3.14 – Nomenclatura de cada mudança de fase. Ilustrada para a água.

Fonte: cedido por H. Mukai, 2021, adaptado da referência Ramalho *et al.*, 1977.

Figura 3.15 - Cópia da tela do PhET – Mudança de fase. Aumente a pressão usando a bomba a esquerda. Observe o diagrama de fases da água a direita.

Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>. Acesso em: 24 set. 2021.

Figura 3.16 – Cópia da tela do simulador formas de energia e transformações – sistemas de energia.

Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>. Acesso em: 25 set. 2021.

Figura 3.17 – Cópia da tela do simulador do Física na Escola – Processo de propagação de calor: condução.

Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_vedeni_energie&l=pt>. Acesso em: 25 set. 2021.

Figura 3.18 – Cópia da tela do simulador do: Física na Escola – convecção (a) início e (b) final da propagação de calor.

Fonte: Vladimir Vascak, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_proudeni_energie&l=pt>. Acesso em: 25 set. 2021.

Figura 3.19 – Cópia da tela do simulador do: Física na Escola – Radiação (a) início voltado para o Norte e (b) início voltado para o Sul.

Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_zareni_energie&l=pt>. Acesso em: 25 set. 2021.

Figura 3.20 – Cópia de tela do aplicativo *Kahoot* com as questões a serem respondidas.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.21 – Imagem fotográfica da montagem experimental do experimento carrinho movido a energia solar – (a) placa fotovoltaica com o cartão e as rodinhas. (b) palito de sorvete com o motor DC e a rodinha. (c) placa fotovoltaica com o palito colado. (d) parte inferior do carrinho pronto (e) O carrinho pronto. Esse carrinho foi confeccionado pela autora do presente trabalho.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.22 - Imagem fotográfica da aplicação do questionário diagnóstico aplicado em 26/10/2021.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.23– Imagem fotográfica da tela do simulador “escala de temperatura” do Física na escola projetada no *Datashow*.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.24 – Imagem da tela dos simuladores PhET projetada na tela por meio do *Datashow* (a) “Formas e transformações de energia” e (b) “Estados da matéria básico”.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.25 – Registro da imagem da tela do simulador PhET “Formas de energia e Transformações” projetada por meio do *Datashow*.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.26 – Registros das imagens das telas dos simuladores “Física na Escola” projetada via *Datashow* – Formas de Propagação de Calor: (a) por condução, (b) por convecção, (c) por radiação.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.27 – Registro fotográfico de alunas com a montagem dos experimentos (a) dessalinizador e (b) terrário. Fonte: arquivos da autora, 2021.

Fonte: arquivos da autora.

Figura 3.28 – Imagem fotográfica (a) da montagem do carrinho movido a energia solar pela docente autora da presente dissertação, e (b) do aluno testando o carrinho no pátio da escola.

Fonte: arquivos da autora, 2021

Figura 3.29 – Imagem do vídeo “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos” projetada por meio do *Datashow*.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.30 - Imagem do vídeo do ICTP (a) Detectando Exoplanetas projetada no Datashow e (b) uma cópia de tela do vídeo mostrando uma simulação de um exoplaneta orbitando a sua estrela.

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 3.31 – (a) Imagem fotográfica do texto do estudante 01 do 9º EF, (b) Transcrição da resposta.

Fonte: arquivo da autora, 2021.

Figura 3.32 - Imagem fotográfica registrando um momento da aplicação do questionário diagnóstico aos alunos da Instituição estadual.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.33 - Imagem fotográfica de slide apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.34 – Imagem do vídeo O Universo – Além do *Big Bang*, apresentada na TV tela plana do *kit* “Educatron”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.34 – Imagem do vídeo Viajando pelo Sistema Solar, apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.35 – Imagem fotográfica da tela do simulador “Física na Escola” apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.36– Imagem fotográfica da tela do simulador “Física na Escola” apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.37 – Imagem da tela do simulador PhET apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.38 – Imagem da tela do simulador PhET apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”. **Fonte:** arquivos da autora, 2022.

Figura 3.39 – Imagem da tela do simulador PhET apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.. **Fonte:** arquivos da autora, 2022.

Figura 3.40– Imagem fotográfica da tela do simulador “Física na Escola” projetada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.41 – Imagem da tela do simulador “Física na Escola” apresentadas por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”. – Formas de Propagação de Calor: (a) por condução, (b) por convecção, (c) por radiação.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.42 – Imagem fotográfica de alunos participando do quiz.

Fonte: arquivos da autora.

Figura 3.43 – Imagem fotográfica de alunos realizando a leitura compartilhada.

Fonte: arquivos da autora.

Figura 3.44 – Imagem fotográfica da montagem do carrinho movido a energia solar pela docente.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.45 – Imagem fotográfica (a) dos alunos na parte externa do colégio com o carrinho movido a energia solar, (b) de um dos alunos liberando o carrinho.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.46 – Imagem fotográfica da competição entre dois carrinhos movidos a energia solar.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.47 – Registro de uma imagem do vídeo “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos por Stephen Hawking” apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.48 – Imagem do registro de um dos momentos do vídeo “Detectando Exoplanetas” tendo seu conteúdo explicado por Adriana Valio apresentado aos alunos por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.49 - Imagem fotográfica do registro de um dos momentos da aplicação do questionário avaliativo aos alunos da escola estadual.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.50 - Imagem fotográfica da apresentação por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron” dos resultados do questionário diagnóstico e avaliativo.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 3.51 - Imagens fotográficas dos textos escritos pelo aluno 27 (a) e 21 (c). Transcrições das respostas (b) e (d).
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.1 – Gráfico do percentual de corretas, incorretas e de desconhecimento do conteúdo, do questionário diagnóstico, respondido pelos 9 alunos da Escola Particular.
Fonte: a autora, 2021.

Figura 4.2 – (a) Imagem fotográfica da conclusão dada pelo aluno 05 do 1º EM sobre o experimento terrário, (b) Transcrição da resposta. **Fonte:** arquivo da autora
Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 4.3 - (a) Imagem fotográfica da conclusão dada pelo aluno 03 do 1º EM sobre o experimento dessalinizador, e (b). Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2021.

Figura 4.4 - (a) Imagem fotográfica da conclusão dada pelo aluno 07 do 9º EF sobre o experimento carrinho movido a energia solar, e (b). Transcrição da resposta.
Fonte: arquivo da autora, 2021.

Figura 4.5 – Gráfico do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento do questionário avaliativo.
Fonte: a autora, 2021.

Figura 4.6 – Gráfico comparativo do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento (não sei) do questionário (a) diagnóstico e (b) avaliativo.
Fonte: a autora, 2021.

Figura 4.7 – Gráfico do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento (não sei), do questionário diagnóstico.
Fonte: a autora, 2022.

Figura 4.8 – Imagens fotográficas do experimento terrário de alunos da escola estadual.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.9 – Imagem fotográfica da tabela preenchida pelo aluno 28.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.10 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 21 sobre a questão 06 e (b).
Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.11 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 22 sobre a questão 09. (b).
Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.12 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 24 sobre a questão 09 e (b)
Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.13 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 19 sobre a questão 11 e (b)
Transcrição da resposta corrigida a acentuação.
Fonte: arquivo da autora, 2022.

Figura 4.14 – Imagens fotográficas do experimento dessalinizador confeccionado pelos alunos da
escola estadual. (a) feito com garrafa pet e (b) uma jarra de plástico.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.15 – Imagem fotográfica da tabela preenchida pelo aluno 19.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.16 – Imagem fotográfica da tabela preenchida pelo aluno 04.
Fonte: arquivo da autora, 2022.

Figura 4.17 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 03 sobre a questão 05: (b)
Transcrição da resposta.
Fonte: arquivo da autora, 2022.

Figura 4.18 – Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 08 sobre a questão 06.
Fonte: arquivo da autora, 2022.

Figura 4.19 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 22 sobre a questão 07. (b).
Transcrição da resposta.
Fonte: arquivo da autora, 2022

Figura 4.20 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 19 sobre a questão 08. (b).
Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.21 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 19 sobre a questão 02.
(b) Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.22 – Imagem fotográfica (a) da tabela e o cálculo da velocidade média, e (b) do gráfico
confeccionados pelo aluno 11.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.23 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 24 sobre a questão 04. (b).
Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.24 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 21 sobre a questão 05.
(b) Transcrição da resposta.
Fonte: arquivos da autora, 2022

Figura 4.25 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 04 sobre a questão 06 e (b). Transcrição da resposta.

Fonte: arquivos da autora, 2022

Figura 4.26 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 04 sobre a questão 07. (b). Transcrição da resposta.

Fonte: arquivo da autora, 2022.

Figura 4.27 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 08 sobre a questão 08 (b). Transcrição da resposta.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.28 – Gráfico do percentual de respostas corretas, incorretas, ou de desconhecimento do questionário avaliativo.

Fonte: a autora, 2022.

Figura 4.29 – Gráfico comparativo do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento do questionário: (a) diagnóstico (b) avaliativo.

Fonte: a autora, 2022.

Figura 4.30 - Imagens fotográficas das repostas da atividade 14 dos alunos 24 (a) e 09 (c). Transcrições das respostas (b) e (d).

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Figura 4.31 – (a) e (c) Imagens fotográficas das repostas da atividade 15 do aluno 03 e 28. respectivamente. (b) e (d) as respectivas transcrições das respostas.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 2.1 – Alguns dados de temperaturas na escala Kelvin e seu equivalente na escala de graus Fahrenheit e Celsius.

Fonte: adaptado de Halliday e Resnick, 2016.

Tabela 2.2 - Relação entre calorias e Joule de acordo com o tipo de calorias.

Fonte: de Oliveira, 2005.

Tabela 2.3 – Valores de condutividade térmica de alguns materiais.

Fonte: adaptado de Ramalho *et al.*, 1977.

Tabela 2.4 – Principais propriedades relacionadas as grandezas físicas e químicas do Sol.

Fonte: elaborada pela autora dados coletados de diversas fontes bibliográficas.

Tabela 2.5 – Censo de exoplanetas - Método e os dados dos números de exoplanetas descobertos.

Fonte; <<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/discoveries-dashboard/>>. Acesso em: 09 abr.2023.

Tabela 4.1- Resultado da análise do questionário diagnóstico aplicado na Oficina Pedagógica.

Fonte: a autora, 2021.

Tabela 4.2 - Resultado da análise do questionário avaliativo aplicado no curso.

Fonte: a autora, 2021.

Tabela 4.3 - Resultado da análise dos questionários diagnóstico e avaliativo aplicados na Oficina Pedagógica.

Fonte: a autora, 2021.

Tabela 4.4 - Resultado da análise do questionário diagnóstico aplicado no PE.

Fonte: a autora, 2022.

Tabela 4.5 - Resultado da análise do questionário avaliativo aplicado no PE.

Fonte: a autora, 2022.

Tabela 4.6 - Resultado da análise do percentual de respostas corretas dos questionários diagnóstico e avaliativo.

Fonte: a autora, 2022.

Quadro 3.1 – Sequência Didática da aplicação do PE para explorar os conceitos da Termodinâmica.

Fonte: a autora.

Quadro 3.2 – Questionário diagnóstico com a finalidade de avaliar os conteúdos prévios sobre Termodinâmica e Astrobiologia.

Fonte: a autora, 2021.

Quadro 3.3 – Texto proposto aos alunos sobre o que é e o que trata a Astrobiologia.

Fonte: <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-daterra/>>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

Quadro 3.4 – Continuação do texto sobre Astrobiologia.

Fonte: extraído do site infoescola - disponível em: <<https://www.infoescola.com/ciencias/astrobiologia/>>. Acesso em: 25 mar. 2021. Autorizado para publicação em 22 nov. 2023:

Quadro 3.5 – Texto auxiliar sobre o Big Bang.

Fontes: Brasil escola (2021), wikipedia (2021) e Halliday e Resnick (2016).

Quadro 3.6 – Texto auxiliar 2 com informações sobre os planetas do sistema solar.

Fonte: SOUSA, Rafaela. "Sistema Solar"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sistema-solar.htm>. Acesso em: 30 jun. 2021; Pedagogia&educação, 2013. "Sistema Solar:planetas e características". Disponível em:

<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/sistema-solar-planetas-e-caracteristicas.htm>. Acesso em: 18 jan. 2021.

Quadro 3.7 – Texto Auxiliar 3 – Atmosfera da Terra.

Fonte: Texto – Estufa. Disponível em: < <https://www.iag.usp.br/siae98/estufa/estufa.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

Quadro 3.8 – Texto 3 – Energia e suas formas.

Fonte: a autora, 2021.

Quadro 3.9 – Texto 4 sobre as formas de propagação de calor.

Fonte: a autora, 2021.

Quadro 3.10 – Texto sobre o Sol como uma fonte de energia.

Fonte: a autora, 2021.

Quadro 3.11 – Texto auxiliar sobre o futuro do planeta Terra.

Fonte:<<https://canaltech.com.br/meio-ambiente/futuro-do-planeta-terra-esta-mais-ameacado-do-que-se-imagina-diz-novo-estudo-177728/>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

Quadro 3.12 – Texto auxiliar sobre os exoplanetas.

Fontes: <<https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/exoplanetas/>> >
<<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/exoplanetas.htm>> e
<<https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/7167/proxima-centauri-b/>>). Acessos em: 20 out. 2021.

Quadro 3.13 – Questões inseridas no *Kahoot* para os alunos responderem em forma de um quiz com temporizador para cada questão.

Fonte: a autora, 2021.

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

COPEP – Comitê Permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

EF - Ensino Fundamental

EM - Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

NASA - *National Aeronautics and Space Administration* - Agência Espacial Norte-Americana

NRE – Núcleo Regional da Educação

PD – Proposta Didática

PE - Produto Educacional

PNE - Plano Nacional de Educação

PR – Paraná

SARS-CoV-2 – *Severe Acute Respirator Syndrome Coronavirus 2* - Síndrome Respiratória Aguda Grave – Coronavírus -2

SEED – Secretaria do Estado da Educação

SI - Sistema Internacional de Unidades

TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa

UEM - Universidade Estadual de Maringá

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	22
CAPÍTULO 1 - PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	26
1.1 - Base Nacional Comum Curricular para o Ensino de Ciências	26
1.2 – Metodologia Científica	28
1.2.1 Método Científico	31
1.3 – Astrobiologia e o Ensino de Física	34
1.4 - A Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS)	38
1.5 - Sequência Didática	41
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA E ASTROBIOLOGIA	44
2.1 - Termodinâmica	44
2.1.1 – Lei Zero da Termodinâmica, Temperatura e Equilíbrio Térmico	45
2.1.2 – Calor e suas Formas de Transferência	54
2.1.3 - Primeira Lei da Termodinâmica	63
2.1.4 -Segunda Lei da Termodinâmica	71
2.1.5 – Terceira Lei da Termodinâmica.....	82
2.2 - Astrobiologia	83
2.2.1 - Temas Tratados pela Astrobiologia.....	85
2.2.2 - A Água e seus Estados Físicos	88
2.2.3 - Vida em Ambientes Extremos da Terra	93
2.2.4 - Vida e Habitabilidade no Planeta Terra.....	94
2.2.5 - Energia e suas Formas	95
2.2.6 - Sol.....	97
2.2.7 - Vida fora da Terra - Exoplanetas	101
3 - PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO	112
3.1 - Produto Educacional	112
3.2 - Sequência Didática (SD)	114

3.2.1 – Metodologia por aula.....	119
3.3 - Relato da aplicação do Produto Educacional no Colégio Particular Nova Geração	176
3.3.1 - Primeiro dia de oficina.....	177
3.3.2 - Segundo dia de oficina.....	181
3.3.3 - Terceiro dia de oficina.....	185
3.3.4- Quarto dia de oficina	187
3.4 Relato da aplicação do Produto Educacional no Colégio Estadual Monteiro Lobato.....	188
3.4.1 – Tramitação junto a NRE e COPEP/UEM.....	188
3.4.2 – Infraestrutura e Recursos Didáticos	190
3.4.3 - Primeiro encontro – Aulas 01 e 02.....	190
3.4.4 - Segundo encontro – Aula 03.....	191
3.4.5 - Terceiro encontro – Aula 04.....	192
3.4.6- Quarto encontro – Aula 05	193
3.4.7 - Quinto encontro – Aula 06	195
3.4.8 - Sexto encontro – Aula 07	197
3.4.9 - Sétimo encontro – Aula 08.....	199
3.4.10 – Oitavo encontro – Aula 09.....	201
3.4.11 - Nono encontro – Aula 10	202
3.4.12 - Décimo encontro – Aula 11	203
3.4.13 - Décimo primeiro encontro – Aula 12.....	204
3.4.14 - Décimo segundo encontro – Aula 13	205
4 - RESULTADOS E SUAS ANÁLISES	208
4.1- Questionário Diagnóstico Aplicado no Colégio Particular	208
4.2 – Experimentos Realizados pelos Alunos do Colégio Particular	209
4.3 - Questionário Avaliativo Aplicado no Colégio Particular.....	211
4.4 – Questionário Diagnóstico Aplicado no Colégio Estadual.....	217

4.5 – Experimentos Realizados pelos Alunos do Colégio Estadual.....	218
4.5.1 - Relatório do experimento – Terrário.....	219
4.5.2 - Relatório do experimento – Dessalinizador.....	223
4.5.3 - Relatório do experimento – Carrinho movido a energia solar	227
4.6 – Questionário Avaliativo Aplicado no Colégio Estadual	232
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	240
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	245
ANEXO 1 – TERMOS DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL	253
ANEXO 2 – LIBERAÇÃO COPEP – COMITÊ DE ÉTICA	255
APÊNDICE A – TCLE E TALE	256
APÊNDICE B – INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS DOS EXPERIMENTOS	260
APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL.....	265

INTRODUÇÃO

Mesmo antes de conhecê-la, a Física é vista por muitos alunos como um componente curricular difícil, geralmente com pouca ou nenhuma ligação com o seu cotidiano. Por experiência própria, a autora do presente trabalho, baseada em sua experiência no ensino fundamental com mais de dezoito anos em sala de aula, detectou também que a deficiência em interpretação de textos e a falta de conhecimentos básicos em matemática, estão entre as dificuldades encontradas pelos alunos no seu processo de aprendizagem. As aulas expositivas com atividades repletas de equações, gráficos e tabelas sem as devidas compreensões contribuem para a consolidação desse problema.

Para a desconstrução dessa imagem, muitos autores, entre eles Moreira (2021), propõem a introdução de atividades no ensino que relacionem o conhecimento a ser aprendido de modo contextualizado em suas práticas sociais cotidianas, proporcionando ao docente um desafio para tornar o processo ensino-aprendizagem da Física mais atrativa e significativa.

Além disso, os professores também encontram muitos obstáculos que acentuam esse desafio, tais como: o pouco interesse dos alunos pelos estudos e dar continuidade aos mesmos, escolas pequenas sem muitos recursos tecnológicos e também a falta de capacitação aos docentes. Em busca dessa capacitação, a docente e autora do presente trabalho decidiu realizar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que conheceu por meio de um egresso do programa que trabalha na mesma instituição de ensino.

Após o acesso ao MNPEF, a motivação para a definição e realização deste trabalho surgiu da sua dificuldade em ensinar conceitos físicos, especificamente aos relacionados à Termodinâmica, para os alunos do Ensino Fundamental. Além disso, buscou-se um tema, no caso a Astrobiologia, que fornecesse uma forma diferente de contextualização dos conceitos termodinâmicos, considerando a formação da mestrandia que é em Ciências e sua busca por um assunto de Física que gostaria de compreender melhor.

Sobre o ramo da Física escolhido neste trabalho, a Termodinâmica, é considerada um dos ramos ensinados na Física em que há muita confusão entre a

linguagem de termos do cotidiano e o da Física. Justificado ainda, pelo citado nos parâmetros curriculares, de que:

“Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. Assim, diante de um fenômeno envolvendo calor, identificar fontes, processos envolvidos e seus efeitos, reconhecendo variações de temperatura como indicadores relevantes” (BRASIL, 2002, p. 65).

Portanto, a situação problema do presente trabalho entre as dificuldades mais relevantes para os alunos estão: a terminologia e os conceitos pouco conectados ao seu dia a dia, a necessidade da conexão entre vários desses conceitos e a matemática envolvida, além de considerarem um assunto pouco atrativo. Além disso, a época de elaboração do produto educacional, iniciou-se no auge da pandemia do SARS-CoV-2. As aulas do mestrado foram liberadas de forma excepcional para ser de forma remota e síncrona durante esse período. Todos terminantemente isolados fisicamente e conectados por meio da *internet*.

Muitas foram as readequações necessárias, tanto para atuar como docente do ensino fundamental, bem como aluna do MNPEF. Um ponto positivo da pandemia foi a superação em aprender a usar ferramentas didáticas que normalmente não eram utilizadas, e as escolas estaduais da rede básica de ensino receberem do governo estadual acesso à *internet* e o conjunto multimídia denominado “Educatron”.

No pós-pandemia outros desafios surgiram, inicialmente o ensino ocorreu em sistema híbrido (parte dos alunos frequentavam as aulas nas escolas e parte assistiam de forma remota pela *internet*, alternando os dias entre eles) devido à necessidade de distanciamento social e uso obrigatório de máscara, depois com a vacina obrigatória voltou a ser totalmente de forma presencial e com uso de máscara.

As consequências causadas pela pandemia, inclusive no processo ensino-aprendizagem ainda permanecem. Os impactos da pandemia na educação podem ser vistas, por exemplo, no site: <<https://www12.senado.leg.br/institucional/datasenado/materias/pesquisas/impactos-da-pandemia-na-educacao-no-brasil>>, publicado em 10/02/2022.

Diante do exposto, e visando uma melhoria no processo ensino-aprendizagem, nossa hipótese foi: se apresentarmos e aplicarmos uma sequência didática estruturada conforme proposto por Zabala (1995), e investigada sob o ponto de vista

da teoria de aprendizagem significativa (TAS) proposta por David Ausubel em 1968 (MOREIRA, 2011), tendo como recurso motivador, uma abordagem de tópicos em Astrobiologia que possam ser utilizadas para compreender e instigar o processo de ensino-aprendizagem em Termodinâmica melhoraria a situação problema. Tendo isso em mente, a investigação aqui apresentada é exatamente esta.

O uso desse tema se justifica pela Astrobiologia ser uma área de pesquisa científica relativamente nova, que estuda a vida no Universo, abrangendo vários temas que despertam a curiosidade natural do ser humano, desde a origem do Universo, habitabilidade em um planeta do sistema solar ou fora dele (exoplanetas) e até mesmo o futuro do Planeta Terra (RODRIGUES, GALANTE, AVELLAR, 2016).

Devido à necessidade em atender a Resolução 406/2018-SEED-PR, quanto à liberação da aplicação em uma turma regular, onde a mestranda é docente, pelo Núcleo Regional da Educação (NRE), foi solicitado que, deveria ter a liberação do comitê de ética via plataforma Brasil. De forma que, enquanto se aguardava os trâmites necessários, optou-se em 2021, aplicar o PE em uma instituição particular, o Colégio Nova Geração, pois foi anteriormente local de atuação profissional da mestranda, e a aplicação do PE foi prontamente aceita pela direção da escola e alunos da instituição. Pelo fato da mestranda já não fazer parte do quadro de professores desse colégio particular, a aplicação se deu na forma de Oficina Pedagógica às terças-feiras em contraturno. O público alvo foram 7 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental (EF) e 2 alunos do 1º ano do Ensino Médio (EM) do referido colégio. A tramitação junto ao comitê de ética levou quase o ano inteiro de 2022, quando em novembro foi liberado para aplicação, e a docente pôde aplicar seu PE aos alunos do 9º ano de sua turma regular do Ensino Fundamental com 28 alunos.

A metodologia de aplicação foi presencial, praticamente a mesma em ambas as turmas, usando os mesmos recursos didáticos já planejados durante o período de pandemia, em que o *google meet* foi substituído pelo *Datashow* ou “Educatron”. A parte experimental em que havia sido elaborada para que a docente entregasse os conjuntos de materiais (devidamente esterilizados) e um guia de execução para os alunos nas escolas ou caso a direção da escola permitisse entregar nas próprias residências, e os alunos postariam os relatórios e discutiriam por meio do *google meet*, não foram necessárias. Foram entregues presencialmente na primeira aula para dois dos experimentos devido ao tempo necessário para sua execução e observação.

Durante as aulas, foram trabalhados conceitos físicos como calor, temperatura e energia, presentes tanto na Astrobiologia como na Termodinâmica. Essa abordagem ocorreu por meio de experimentos que foram considerados significativos à realidade dos alunos aplicados seguindo uma metodologia científica, uso de recursos midiáticos como os simuladores computacionais, *quiz* e vídeos, além de textos informativos.

Para apresentar esse estudo, a presente dissertação está exposta em quatro (4) capítulos. Sendo o Capítulo 1 a fundamentação teórica que norteia este trabalho, tratando-se do ensino de Ciências, tendo como alicerce a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), uma seção sobre a metodologia científica e outra com uma revisão bibliográfica de trabalhos que envolvem o tema Astrobiologia. Seguidas de uma quarta seção com os aspectos metodológicos contendo a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, e a sequência didática seguindo o proposto por Antoni Zabala. O Capítulo 2 trata dos conceitos Físicos voltados a Termodinâmica e a Astrobiologia. No Capítulo 3 apresenta-se o Produto Educacional (PE) e sua aplicação, seguida do Capítulo 4 com os resultados e sua análise. Por fim, as Considerações Finais, seguidas das Referências Bibliográficas (citadas em ordem alfabética).

Os Anexos e Apêndices estão expostos em ordem inversa ao proposto pela ABNT, para que o último apêndice fique o encarte do PE em separado. No Anexo I apresenta-se o termo de autorização para aplicação do PE na instituição de ensino privada, e no Anexo II o comprovante de liberação do comitê de ética para aplicação do PE na instituição pública. Enquanto que, no Apêndice A está a cópia do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no Apêndice B apresentam-se os instrumentos de coleta de dados dos experimentos, e por fim no Apêndice C está exposto o encarte do Produto Educacional intitulado “Astrobiologia, viajando pela Ciências da Natureza: a importância de conceitos termodinâmicos em nosso Universo” (FERREIRA, M. S. F. e MUKAI, H., 2023) em separado para o uso dos interessados independente da dissertação.

CAPÍTULO 1 - PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Neste capítulo são expostos os pressupostos teóricos que nortearam o embasamento para o desenvolvimento metodológico. Na primeira seção, trata-se da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino de Ciências visto que o público alvo são alunos do ensino fundamental, seguida de uma seção sobre a Metodologia Científica, contendo o Método Científico, pois há experimentos envolvidos no presente trabalho. Na seção 1.3 fez-se uma pesquisa de trabalhos que trata da Astrobiologia e o Ensino de Física. As duas últimas seções são sobre do que se trata, a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS), seguida da Sequência Didática abordada conforme proposto por Antoni Zabala.

1.1 - Base Nacional Comum Curricular para o Ensino de Ciências

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)¹ é um documento que define os direitos de aprendizagem de todos os alunos do Brasil, como regula o Plano Nacional de Educação (PNE). Isso significa que todos os estudantes, independente da sua região, devem aprender as mesmas competências e habilidades ao longo das etapas da Educação Básica. De acordo com a BNCC:

Competência é definida como mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioeconômicas), atitudes e valores, para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, 2018, p. 8).

Sendo parâmetro nacional para a elaboração de currículos em escolas municipais, estaduais ou particulares, espera-se que a BNCC ajude a unificar as políticas educacionais e seja indicadora da qualidade de ensino no país.

No decorrer da Educação Básica, os estudantes terão acesso ao desenvolvimento de dez competências gerais que consolidam a aprendizagem e desenvolvimento. É importante destacar que as competências gerais estão inter-relacionadas e se estende ao longo das três etapas da Educação Básica (Educação

¹ O Histórico da BNCC pode ser visto em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/historico#:~:text=Em%2016%20de%20setembro%20de,vers%C3%A3o%20da%20BNCC%20%C3%A9%20disponibilizada>. Acesso em 15 09 2023.

Infantil, Educação Fundamental e Ensino Médio) contribuindo para o ensino aprendizagem e a formação do cidadão crítico e participativo.

As ações pedagógicas devem ser voltadas para o desenvolvimento de competências proporcionando ao (a) aluno(a) habilidades para agir mediante situações complexas da vida cotidiana. Conforme citado na BNCC:

Por meio da indicação clara do que os alunos devem “saber” (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem “saber fazer” (considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho), a explicitação das competências oferece referências para o fortalecimento de ações que assegurem as aprendizagens essenciais definidas na BNCC. (BRASIL, 2018, p. 13).

Ainda na BNCC, o componente curricular de Ciências apresenta três unidades temáticas: Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. Na presente dissertação, a unidade temática apresentada com maior ênfase será Matéria e Energia, que contempla o estudo de conceitos termodinâmicos e sua importância no papel do equilíbrio termodinâmico para a existência e manutenção da vida na Terra, e contempla de forma indireta as outras duas temáticas.

Discentes das séries finais do Ensino Fundamental mantêm a curiosidade sobre o mundo natural e material. Além disso, ao longo da vida acadêmica, eles(as) se tornam mais críticos, apresentando uma maior capacidade cognitiva, adquirindo autonomia de pensamentos e de tomada de decisões. Essas características os (as) possibilitam estabelecer relações mais profundas com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente; ter consciência de valores éticos, morais e políticos.

Assim, o ensino em Ciências assume um papel essencial no desenvolvimento dos discentes, orientando a formação da cidadania, proporcionando condições de serem protagonistas em suas experiências cotidianas e possibilitando a capacidade de adquirir pensamentos mais complexos e relevantes. O componente curricular de Ciências também promove o interesse aos estudantes pelas carreiras científicas, propiciando a oportunidade para a expansão de profissionais atuantes nas áreas de pesquisas científicas.

Abordada a temática baseada na BNCC, na próxima seção apresenta-se sobre aspectos principais da Metodologia Científica direcionados ao que será utilizado no presente trabalho.

1.2 – Metodologia Científica

A Metodologia Científica discute as principais normas para uma formação científica, estabelecendo técnicas, instrumentos e objetivos, orientando para um melhor desempenho em um trabalho científico.

A escolha da metodologia define o tipo de pesquisa a ser desenvolvida indicando os caminhos a serem percorridos com a finalidade de alcançar os objetivos propostos. Toda pesquisa científica segue a evolução do pensamento científico, pautada pelos modelos científicos que se destacam em cada momento da história.

O conhecimento científico é justificado pela ciência por meio de métodos científicos e se contrapõe ao conhecimento oriundo do senso comum, da tradição popular, sem a legitimação da ciência. A ciência utiliza métodos que seguem etapas bem elaboradas e a uma linguagem comum adequada a cada tipo de pesquisa. Isso é necessário para que toda a comunidade científica entenda o que está se divulgando.

A procura por conhecer novas discussões sobre metodologia científica, nos fez identificar diversos segmentos existentes nessa temática. Assim, com o propósito de ampliar nosso conhecimento e embasamento teórico, realizou-se uma revisão bibliográfica em periódicos e dissertações para aumentar a esfera de discussões.

A pesquisa bibliográfica não procurou pautar o estado da arte deste tema e sim, descrever trabalhos que realmente contribuíram para o seu desenvolvimento, sem deixar de reconhecer o mérito das obras que não foram mencionadas.

Utilizou-se como base de pesquisa, os principais periódicos relacionados à área de educação em ensino de ciências e dissertações publicadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). A consulta foi feita primeiramente por títulos, em seguida por resumos, palavras-chave, conclusões e finalmente realizada a leitura completa.

Na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), foram identificados 5 artigos e selecionou-se apenas 1 que envolvia o assunto do presente trabalho:

- *Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e manchas solares* – de Silvia Cabo Aroca e Cibelle Celestino Silva (2011). Este trabalho destacou a educação não formal, utilizando a metodologia baseada em pequenos experimentos, observações e diálogos expositivos.

No Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) foram encontrados 23 artigos e selecionados 3 deles baseados na diversidade da metodologia da aplicação:

- *Relato crítico de uma experiência didática a cerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica* - Ricardo Rangel Guimarães, Neusa Teresinha Massoni (2020). Os autores relataram o uso da metodologia de ensino por argumentação, no componente curricular Física para alunos de ensino médio.

- *Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real* - Fábio Saraiva da Rocha (2014). Foi discutido sobre o projeto de um sensor de pressão manométrica voltado ao ensino de física em tempo real (FTR).

- *Atividades experimentais de Física da revista Ciência Hoje das Crianças* - Jéssica Taynara Martins (2020). Nesse artigo, foi relatado a investigação das atividades experimentais de Física apresentadas na revista Ciência Hoje das Crianças.

Na revista Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências (REPEC), foram apresentados 13 estudos e analisado apenas 1, a escolha foi o público alvo:

- *Aprendizagem e metacognição no ensino de metodologia científica* - Maurício Abreu Pinto Peixoto, Marcos Antonio Silva e Cristiane Casquilha Rocha (2010). Os autores demonstraram o uso de estratégias metacognitivas para explorar a metodologia científica aos alunos de pós-graduação.

Em relação a dissertações, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações foram identificados 272 trabalhos e após a leitura dos resumos, excluiu-se os trabalhos que não contribuiriam diretamente para essa pesquisa, sendo então selecionados 5 dissertações:

- *A metodologia de pesquisa científica como prática de ensino e aprendizagem nas séries iniciais do ensino fundamental* – Cristina Aparecida Julio (2009). Essa dissertação teve como objetivo descrever a implantação do Projeto Ciência na Escola – Primeiros Passos, tendo como suporte a metodologia de pesquisa científica.

– *A dinâmica das interações em sala de aula e a construção do conhecimento científico* – Rosana Ramos Socha (2011). Esse estudo relatou as interações verbais em sala de aula entre professor e alunos, nas aulas de Física e sua contribuição para a construção do conhecimento científico.

- *O ensino de Ciências por investigação em escolas da rede pública* - Bruno Augusto Rodrigues (2008). Nessa pesquisa, a metodologia por investigação foi utilizada como forma de avaliar os aspectos do conhecimento procedimental geral dos alunos da rede pública do ensino médio.
- *Concepções e práticas inovadoras na escola contemporânea: contribuições para o desenvolvimento profissional docente* - Claudia Maria Pimenta dos Santos (2018). A autora relatou nessa pesquisa práticas inovadoras na escola contemporânea, desenvolvidas por educadores, com o intuito de identificar novas concepções, metodologias e estratégias de ensino.
- *A Divulgação Científica no contexto escolar: o ensino de modelos atômicos a partir da temática de agrotóxicos e as implicações/possibilidades para a formação de alunos do Ensino Médio* - Luis Eduardo Birello Arengi (2014). Esse artigo teve como objetivo investigar a divulgação científica no contexto escolar, utilizando uma sequência didática sobre modelos atômicos aplicada em alunos do ensino médio.

De acordo com Praça (2015), a metodologia científica envolve diversos tipos de pesquisa, classificadas em:

- pesquisa exploratória: que busca se familiarizar com os fenômenos surgidos durante a pesquisa, explorando os próximos passos mais profundamente e com maior precisão;
 - pesquisa experimental: que envolve experimentos de qualquer natureza que possam auxiliar no desenvolvimento da pesquisa;
 - pesquisa acadêmica: que é realizada em uma instituição de ensino visando na maioria das vezes um conhecimento específico para determinada disciplina docente;
 - pesquisa empírica: aquela realizada em qualquer ambiente;
 - pesquisa de campo: aquela baseada na coleta de fenômenos que ocorrem na realidade a ser pesquisada;
 - pesquisa laboratorial: aquelas que ocorrem em situações controladas, na maioria das vezes um ambiente fechado como um laboratório, onde se pode controlar as condições ideais para desenvolvimento da pesquisa; e
 - pesquisa teórica: baseada na análise de determinada teoria, utilizando para tal embasamentos, também teóricos e não experimentais.
- (PRAÇA, 2015, p. 75).

A leitura sistemática e análise de todos os estudos, contribuíram para identificar a diversidade de metodologias utilizadas e fornecer um melhor suporte teórico na construção desse trabalho científico.

Assim, a metodologia científica está relacionada em como se implementa um método científico, que é o processo de como será realizado um procedimento de investigação, apresentado a seguir.

1.2.1 Método Científico

A ciência busca a veracidade dos fatos. Nesse sentido, segundo Gil (2008, p. 8), “não se distingue de outras formas de conhecimento. O que torna, porém, o conhecimento científico distinto dos demais é que tem como característica fundamental a sua verificabilidade.”.

O conhecimento é considerado científico, quando são identificados as operações mentais e técnicas que possibilitam a sua verificação (Gil, 2008). É preciso estabelecer o melhor método para se chegar ao conhecimento.

Dessa forma, pode-se definir “método” como um procedimento sistemático ou guia para alcançar determinado fim. E método científico como um instrumento de pesquisa que segue uma determinada sequência de etapas, com o intuito de corroborar um estudo científico.

De acordo com Gil (2008, p. 8), o método científico também pode ser definido como “o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para atingirmos o conhecimento”. Todavia, esse procedimento é mais abstrato do que uma sequência de etapas a serem seguidas pelo pesquisador. Assim, Lakatos e Marconi (2003) define:

O método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo - conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. (LAKATOS e MARCONI, 2003, p. 83).

Ainda, na opinião de Lakatos e Marconi (2003), a utilização de métodos científicos não é exclusiva da ciência, sendo possível utilizá-los para resolução de problemas do cotidiano. Afirmam também que, por outro lado, “não há ciência sem o emprego de métodos científicos.”

O Método Científico surgiu no século XII, durante o período do Renascimento, e apesar da sua criação ser atribuída a Descartes, tem na verdade, suas origens anteriores a ele, com contribuições de dois grandes pensadores: Roger Bacon e Francis Bacon. Posteriormente foi desenvolvido empiricamente pelo físico Isaac Newton. No passado, muitos pensadores tentaram definir um método universal aplicável a todas as ciências, culminando em uma divergência de opiniões. Atualmente, cientistas e filósofos admitem uma combinação de métodos científicos diferentes, conforme o tipo de pesquisa e objeto de investigação.

Segundo Bunge (1980) *apud* Lakatos e Marconi (2003, p.84), esse método alcança seus objetivos, de forma científica, quando cumpre ou se propõe a cumprir as seguintes etapas:

- a) **descobrimto do problema** ou lacuna num conjunto de conhecimentos. Se o problema não estiver enunciado com clareza, passa-se à etapa seguinte; se o estiver, passa-se à subsequente;
 - b) **colocação precisa do problema**, ou ainda a recolocação de um velho problema, à luz de novos conhecimentos (empíricos ou teóricos, substantivos ou metodológicos);
 - c) **procura de conhecimentos ou instrumentos relevantes ao problema** (por exemplo, dados empíricos, teorias, aparelhos de medição, técnicas de cálculo ou de medição). Ou seja, exame do conhecido para tentar resolver o problema;
 - d) **tentativa de solução do problema com auxílio dos meios identificados**. Se a tentativa resultar inútil, passa-se para a etapa seguinte; em caso contrário, à subsequente;
 - e) **invenção de novas idéias** (hipóteses, teorias ou técnicas) ou **produção de novos dados empíricos** que prometam resolver o problema;
 - f) **obtenção de uma solução** (exata ou aproximada) do problema com auxílio do instrumental conceitual ou empírico disponível;
 - g) **investigação das conseqüências da solução obtida**. Em se tratando de uma teoria, é a busca de prognósticos que possam ser feitos com seu auxílio. Em se tratando de novos dados, é o exame das conseqüências que possam ter para as teorias relevantes;
 - h) **prova (comprovação) da solução**: confronto da solução com a totalidade das teorias e da informação empírica pertinente. Se o resultado é satisfatório, a pesquisa é dada como concluída, até novo aviso. Do contrário, passa-se para a etapa seguinte;
 - i) **correção das hipóteses, teorias, procedimentos ou dados empregados na obtenção da solução incorreta**. Esse é, naturalmente, o começo de um novo ciclo de investigação.
- (Bunge, 1980, p.25 *apud* Lakatos e Marconi, 2003, p.84).

O Método Científico pode ser classificado de diversas formas. Para fins pretendidos, neste trabalho apresentam-se os métodos: dedutivo, o indutivo, o hipotético-dedutivo, o dialético e o fenomenológico.

- **Método Dedutivo:** proposto por Descartes e de acordo com a interpretação clássica, parte do geral ao particular. Utiliza o raciocínio lógico (dedução) com a finalidade de atingir conclusões particulares por meio de leis ou teorias consideradas universais. “Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente formal, isto é, em virtude unicamente de sua lógica.” (Gil, 2008, p. 9). É amplamente utilizado em ciências como a Física e a Matemática, cujos princípios podem ser enunciados como leis.
- **Método Indutivo:** o raciocínio indutivo, defendido por Bacon e outros empiristas, atua inversamente ao dedutivo: parte do caso particular para uma

questão mais geral, colocando a generalização como um produto posterior à observação da coleta de dados específicos. “O objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.” (Lakatos e Marconi, 2003, p. 86).

- **Método Hipotético-Dedutivo:** proposto por Popper a partir de críticas à indução. De acordo com Gil, (2008, p.12) “A indução, no entender de Popper, não se justifica, pois o salto indutivo de “alguns” para “todos” exigiria que a observação de fatos isolados atingisse o infinito.”

Este método inicia-se com o surgimento de um problema, passando pela formulação de hipóteses que segue por um processo de inferência dedutiva, o qual testa as validações das hipóteses. Quanto maior o número de validações, maior será o contato com a realidade.

- **Método Dialético:** método defendido por Hegel e depois reformulado por Marx, parte da premissa de que todos os fenômenos na natureza se relacionam, apresentando características contraditórias inerentes e inseparáveis. Para Lakatos e Marconi (2008, p.101), “Tanto a natureza quanto a sociedade são compostas de objetos e fenômenos organicamente ligados entre si, dependendo uns dos outros e, ao mesmo tempo, condicionando-se reciprocamente.”
- **Método Fenomenológico:** proposto por Edmund Husserl, não é dedutivo nem empírico. Limita-se as características particulares e intrínsecas do fenômeno, sem utilizar deduções ou empirismos, se atendo apenas a buscar a compreensão por meio da intuição. “Só visa o dado, sem querer decidir se este dado é uma realidade ou uma aparência: haja o que houver, a coisa está aí.” (Gil, 2008, p.14).

Um cientista possui toda liberdade de lidar com o Método Científico da forma que lhe convém.

Esclarecendo que o método científico como divulgado na *internet*, como um conjunto de etapas fixas contendo: Observação, Elaboração do Conteúdo, Elaboração do Problema, Hipóteses, Experimentação, Análise dos Resultados e Conclusão, e usados por muitos, não devem ser adotados como uma receita. Conforme discutido por Moreira e Osterman (1993):

[...] o método científico não é uma receita, uma seqüência linear de passos que necessariamente conduz a uma descoberta ou, pelo menos, a uma conclusão ou a um resultado. Na prática, muitas vezes, o cientista procede por tentativas, vai numa direção, volta, mede novamente, abandona certas hipóteses porque não tem equipamento adequado, faz uso da intuição, dá chutes, se deprime, se entusiasma, se apega a uma teoria. Enfim, fazer ciência é uma atividade humana, com todos os defeitos e virtudes que o ser humano tem, e com muita teoria que ele tem na cabeça. Conceber o método científico como uma seqüência rigorosa de passos que o cientista segue disciplinadamente é conceber de maneira errônea a atividade científica. (MOREIRA e OSTERMANN,1993, p.114).

Segundo os autores sugere-se o nome “Procedimentos Científicos” (Moreira e Osterman, 1993, p.117) para o conjunto de etapas fixas. No sentido de que os alunos tenham uma orientação sobre esse “método”, que é muito adotado nas escolas e disponíveis na *internet*, foi colocada na seqüência didática e utilizada neste trabalho como um direcionamento para a elaboração de um relatório após a execução e observações feitas por eles nos experimentos sugeridos.

1.3 – Astrobiologia e o Ensino de Física

A Astrobiologia é o estudo da origem, evolução e o futuro da vida, na Terra e a busca fora dela. Essa recente área de pesquisa científica utiliza informações de diversas áreas do conhecimento tais como: física, química, astronomia, biologia, geologia entre outras, para investigar a possibilidade da existência de vida em outros lugares do Universo.

No contexto brasileiro, a primeira vez que o termo "astrobiologia" apareceu na literatura foi com o livro “Introdução à Astrobiologia”, de autoria do biólogo Flávio Augusto Pereira, em que reunia grande parte do que se sabia na época sobre a existência de vida extraterrestre (PEREIRA, 1958). Nos anos 1980, pesquisas em química prebiótica e origem da vida foram realizadas, tendo como pioneiro Ricardo C. Ferreira, professor do Departamento de Química da Universidade Federal de Pernambuco.

Historicamente, a busca por vida fora da Terra foi estudada por Eduardo Dorneles Barcelos, durante a pesquisa de seu mestrado e doutorado na Universidade de São Paulo no final da década de 1980 e início da de 1990, resultando na publicação do livro “Telegramas para Marte - A Busca Científica de Vida e Inteligência

Extraterrestre” (BARCELOS, 2001). Esse trabalho contribuiu para enfatizar a Astrobiologia no contexto nacional.

Por reunir conceitos e informações de diferentes áreas do conhecimento a Astrobiologia é considerada multi e interdisciplinar, podendo ser utilizada como uma ferramenta motivacional no ensino da Física, sendo este o foco da presente dissertação.

Com o objetivo de adquirir novos conhecimentos, fortalecer os pilares teóricos e explorar a produção científica sobre Astrobiologia e o Ensino da Física, realizou-se uma revisão bibliográfica tendo como base os principais periódicos da área de educação, dissertações e teses publicadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), e no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes), no período de 2001 a 2022. A diversidade das bases foi necessária devido à carência de material publicado.

Nesse sentido, esta pesquisa ressalta a importância de se efetuar um estudo do Estado da Arte dos trabalhos com o referido tema, pois é possível analisar as produções realizadas e relacionar a temática Astrobiologia e o Ensino de Física.

Os estudos foram selecionados seguindo alguns critérios: título, resumo, palavras-chave, metodologia, resultados e conclusões.

Foram identificados na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), 30 trabalhos, entre dissertações e teses, de 14 Instituições de Ensino Superior e 8 foram selecionados. No Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, foram identificados 60 estudos e selecionadas 7 dissertações. Na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) foram identificados 4 artigos e selecionado apenas 1. No Caderno Catarinense de Ensino de Física (ou Caderno Brasileiro de Ensino de Física - CBEF) foram encontrados e selecionados 2 estudos. Ao todo, 11 trabalhos atendiam aos critérios desta pesquisa, pois alguns estudos foram publicados tanto na BDTD quanto no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, e estão ordenados por ano de publicação no Quadro 1.1.

Quadro 1.1 – Trabalhos selecionados com o tema Astrobiologia e o Ensino de Física.

Título	Autor	Ano de publicação	Banco de indexação
Aplicação da astronomia ao ensino de física com ênfase em astrobiologia	NEITZEL, Clifford Luciano Vinícius	2006	BDTD

Continua...

Título	Autor	Ano de publicação	Banco de indexação
Efeitos astrofísicos e astrobiológicos de Gamma-Ray Bursts	GALANTE, Douglas	2009	BDTD e CAPES
Astrobiologia: água e vida no Sistema Solar e além	QUILLFELDT, Jorge A	2010	CBEF
Procura de vida fora da Terra	DAMINELI, Augusto	2010	CBEF
Astrobiologia: obstáculos e possibilidades, a (re)ligação com o Cosmos e o Ensino de Ciências	SOUZA, Jonas Garcia de	2013	BDTD e CAPES
Integrando o ensino de astronomia e termodinâmica: explorando a zona habitável no diagrama de fases da água	FARIAS, Maria Licia de Lima e BARBOSA, Marco Aurélio A.;	2017	RBEF
Análise de meteoritos por técnicas não destrutivas com aplicações para astrobiologia	DIAS, Bruno Leonardo do Nascimento	2018	BDTD e CAPES
Astrobiologia: um tema integrador para o Ensino de Ciências	GOMES, Sheila Freitas	2018	BDTD e CAPES
Astrobiologia no contexto do ensino de Ciências no Brasil: cosmovisões de pesquisadores e professores da área	CHEFER, Claudiane	2020	BDTD e CAPES
Divulgação científica em astrobiologia por meio de exposição como promotora do ensino interdisciplinar entre biologia, física e química	LONGUINHOS, Rafael Ramos	2020	BDTD e CAPES
Uma leitura fleckiana da gênese da Astrobiologia na Educação em Ciências	SILVA, Ivone Delmiro da	2021	BDTD e CAPES

Fontes: BDTD, CAPES, CBEF, RBEF.

Com base na análise da pesquisa, observou-se que apesar de todos os estudos serem relevantes, a produção científica relacionando diretamente Astrobiologia e o Ensino de Física é muito exígua.

Autores como Souza (2013), Gomes (2018), Chefer (2020), Longuinhos (2020) e Silva (2021), direcionaram seus estudos sobre Astrobiologia no contexto do Ensino de Ciências. Já a dissertação de Neitzel (2006), teve como objetivo, introduzir e estimular alunos do ensino médio ao campo de Astronomia, utilizando-se de conhecimentos pré-adquiridos de física, usando como tema a Astrobiologia.

Galante (2009), em sua tese de doutorado, estudou os possíveis efeitos da radiação de um evento de *Gamma-Ray Burst* (GRB), sobre o meio interestelar (ISM) circundante, abordando temas das áreas de Astronomia, Física Nuclear, Biologia e Ecologia Teórica. Enquanto que, Quillfeldt (2010) descreveu os três principais

impulsos para a Astrobiologia moderna: extremófilos, exoplanetas e as informações apresentadas por sondas não tripuladas sobre o sistema solar. Em seguida, apresentou uma análise sobre a presença de água congelada ou líquida em nosso sistema planetário. E, Daminieli (2010) redigiu sobre a procura de vida extraterrestre, objetivando detectar a presença de atividade biológica em outros planetas rochosos.

Barbosa e Farias (2017), abordou temas vistos na área de Astronomia que possam ser utilizados no processo ensino aprendizagem em Termodinâmica, de forma integrada e harmônica. E, Dias (2018) em sua dissertação, descreveu a análise de meteoritos por meio de técnicas de microtomografia de raios X e a fluorescência de raios X, como ferramentas para auxiliar à Astrobiologia na caracterização de fragmentos de corpos celestes.

No âmbito do MNPEF, disponível no *link*: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?page=12>, havia disponíveis 618 dissertações em abril de 2023. Foram analisados cada título, e não foi detectado nenhum com o tema Astrobiologia. Fazendo uma busca no *site* do *google*, foi encontrado um Produto Educacional desenvolvido no âmbito do MNPEF envolvendo esse tema, que foi:

- Guia do professor: Sequência Didática 3MP para o Ensino de Astrobiologia em Física. Vinícius Bueno da Silva, Universidade Federal do ABC. O autor aborda

[...] problematização tem como ponto central a "água na fase líquida" e em que condições termodinâmicas e gravitacionais é possível encontrá-la (p.6). [...] tema radiação em exoplaneta tendo como diretriz os seguintes tópicos sobre a interação luz com a matéria (p.7), e por fim [...] aborda-se os temas de gravitação, magnetismos e radiação (p.8) para a análise de vida em exoplanetas.(SILVA, 2019, p. 6,7,8).

Esclarecemos que o arquivo da dissertação referente a essa citação não foi localizado.

Em síntese, por meio da coleta de dados e análise dos estudos selecionados, foi possível consolidar o embasamento teórico e ampliar a capacidade de argumentação e interpretação do tema Astrobiologia e Ensino de Física.

Na próxima seção apresenta-se sobre a Teoria de Aprendizagem Significativa o suficiente para a compreensão do que se trata para uso na abordagem deste trabalho.

1.4 - A Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS)

David Paul Ausubel, (nasceu na cidade de *New York - USA*, em 25 de outubro de 1918 – e faleceu na *Vila Hyde Park – New York - USA*, em 9 de julho de 2008), filho de imigrantes judeus, formou-se em medicina e psicologia, trabalhando com psicologia étnica e também na área da aprendizagem. Segundo Ausubel, quanto mais sabemos, mais aprendemos. (Nova Escola, 2016). A sua teoria tem como conceito central a aprendizagem significativa, um processo por meio “do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz”. (MOREIRA, 2011, p.26).

Para que essa relação ocorra, é necessário a interação entre a nova informação e uma estrutura cognitiva já existente, a qual Ausubel chama de “subsunçor”. Conforme citado em Cavalcanti (2010):

O "subsunçor" é um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de "ancoradouro" a uma nova informação de modo que ela adquira, assim, significado para o indivíduo: a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação "ancora-se" em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva. (Cavalcanti, 2010, p.23)

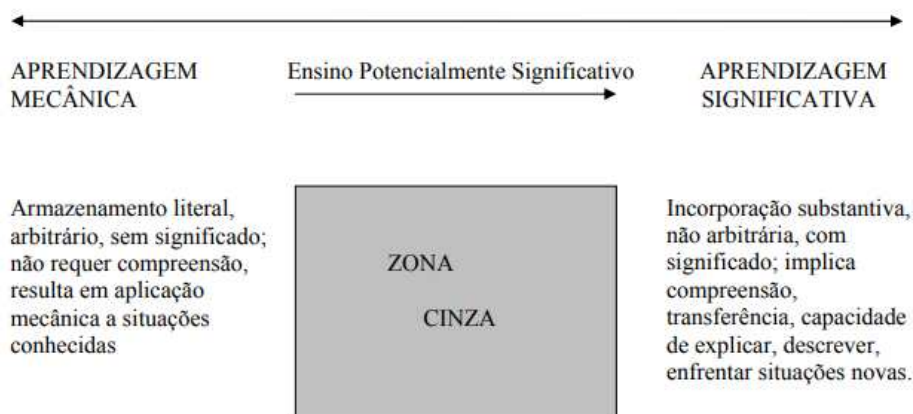
Ausubel afirma que a aquisição de informações na mente humana tende a organizar-se hierarquicamente, onde proposições mais específicas são entrelaçadas a conceitos e ideias mais gerais para serem internalizadas, tornando o aprendizado mais rico e elaborado.

Em contrapartida à aprendizagem significativa, apresenta-se a aprendizagem mecânica, em que a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, literal e sem significado, não ocorrendo a ancoragem com a estrutura cognitiva e pouco contribuindo para o desenvolvimento e conhecimento do sujeito. Por ser puramente “decorada”, com ênfase em conceitos, fórmulas e definições, a aprendizagem mecânica é muito utilizada nas avaliações, porém é logo esquecida. (MOREIRA, 2011).

Enquanto que, de acordo com Moreira (2012) a aprendizagem não é ou mecânica ou significativa, são extremos de um contínuo, existindo entre elas uma zona cinza (zona intermediária), Figura 1.1. O mesmo autor afirma que: “A aprendizagem significativa não é abrupta, é progressiva, os conhecimentos vão sendo

adquiridos, progressivamente, com significados aceitos no contexto da matéria de ensino". (MOREIRA, 2021, p.3).

Figura 1.1 - Esquema do contínuo entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa.



Fonte: Moreira, 2012.

Segundo a TAS, a aprendizagem ocorre perante duas condições: o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. O material de aprendizagem somente vai ser considerado potencialmente significativo se o aluno por meio dele conseguir compreender o conteúdo e conectar o elemento novo ao que já sabe, que ele seja capaz de interagir com o conhecimento prévio do aluno. Moreira (2012) ainda ressalta que:

É importante enfatizar aqui que o material só pode ser potencialmente significativo, não significativo: não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, ..., pois o significado está nas pessoas, não nos materiais. (Moreira, 2012, p. 8)

A segunda condição citada ainda por Moreira, implica no(a) discente estar disposto a relacionar as novas informações de forma não-arbitrária e não-literal ao conhecimento já existente, ou seja, esteja predisposto a aprender. Isso não significa uma falta de motivação ou apreço pela componente curricular ou conteúdo, e sim, uma predisposição para incorporar os novos conhecimentos a estrutura cognitiva prévia, alterando-a, implementando-a, atribuindo novos significados ao que já se sabe.

Consequentemente, essa condição proporciona ao docente acatar os pensamentos prévios dos discentes, ainda que de forma superficial, para, a seguir, construir diferentes estratégias de aprendizagem capazes de propor e incentivar a aprendizagem significativa aos temas tratados.

Conforme citado anteriormente, a ideia central da teoria de Ausubel é a de aprendizagem com significados, processo no qual uma nova informação é incorporada à estrutura cognitiva já existente no indivíduo. Nesse processo o novo pensamento se relaciona com uma estrutura de conhecimento exclusivo, a qual Ausubel chama de “subsunçor”.

Caso não existam subsunçores, Ausubel defende o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios que auxiliam a estrutura cognitiva a organizar um novo subsunçor que sirva de ancoradouro para as novas informações. Serviriam como uma espécie de “ancoradouro provisório”. O organizador prévio “é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem” (MOREIRA, 2012, p.11). Ele ainda ressalta que:

Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este. (MOREIRA, 2012, p. 11)

Ainda segundo Moreira (2012), os organizadores prévios também podem ser utilizados para relembrar significados obliterados², caso a aprendizagem tenha sido significativa, na estrutura intelectual e que não são utilizados frequentemente, relacionando-os com o novo material de aprendizagem. Eles são classificados em expositivo (OPE) e comparativo (OPC). Em que:

- OPE: é quando o aprendiz não possui subsunçores, ou seja, não está familiarizado com o novo conhecimento, indica-se o uso de um organizador expositivo para atuar como ponte entre o conhecimento que o aluno possui e o que ele deveria saber para que o material seja potencialmente significativo, dessa forma o organizador deve promover a ancoragem ideacional em conceitos que são habituais ao aprendiz.
- OPC: é quando o aprendiz já estiver familiarizado com o novo material, é recomendado o uso de um organizador comparativo, que auxiliará a conexão

² Que foram esquecidos.

desse novo material com outros já existentes na estrutura cognitiva, além de aumentar o discernimento entre conceitos novos e prévios que apesar de diferentes, podem ser confundidos.

Portanto, os organizadores prévios (materiais potencialmente significativos) são utilizados para mostrar a relação e discernimento entre os conhecimentos prévios e as novas informações, caso haja a deficiência ou ausência de subsunçores, e, também formar novos subsunçores relevantes ao conhecimento, promovendo uma aprendizagem mais profunda e facilitando a incorporação de novos significados à estrutura cognitiva.

Apresentado como considerar a parte cognitiva dos discentes, vejamos a seguir, como se pode estruturar de forma didática o conteúdo e as atividades que se pretende trabalhar nas aulas que consistirá no Produto Educacional.

1.5 - Sequência Didática

Uma sequência didática (SD) é formada por várias atividades interligadas, organizadas para auxiliar o ensino de um conteúdo de forma sequencial. As atividades que fazem parte da sequência didática são ordenadas e articuladas de forma a aprofundar o objeto de estudo e são diversificadas em relação a estratégias: aula dialogada, uso de simulações computacionais, leitura compartilhada, atividades experimentais, entre outros. Assim, o tema será exposto no decorrer de um conjunto de aulas, direcionando para a consolidação da aquisição de novos conhecimentos.

Uma das maiores referências no assunto é o filósofo Antoni Zabala, formado em Filosofia e Ciências da Educação pela Universidade de Barcelona, sendo considerado um especialista em pedagogia e educação e um dos maiores pesquisadores dos fundamentos do construtivismo escolar. Para Zabala (1998, p. 18), “uma sequência didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor”.

Nessa perspectiva, a SD apresentada neste trabalho, teve a participação de discentes do 9º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio, e contou com a realização de atividades diversificadas, objetivando abordar conceitos fundamentais da Termodinâmica, tendo como motivação a Astrobiologia.

Zabala (1998) afirma a existência de quatro conteúdos de aprendizagem e formas de avaliação: factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais, de forma a responder as seguintes questões: “o que se deve saber?”, “o que se deve fazer?” e “como se deve ser?”.

Essas questões reforçam aos 4 pilares da educação citados por Delors, *et. al* em 1996 no Relatório para a UNESCO da comissão Internacional sobre a Educação para o século XXI, intitulado “Educação um Tesouro a descrever”. Nesse relatório no capítulo 4, estão citadas seções sobre: aprender a conhecer; aprender a fazer; aprender a viver juntos e viver com os outros, e aprender a ser.

Segundo Ramos (2013), a tipologia de Zabala e as questões do Relatório estão relacionadas da seguinte forma: “o aprender a conhecer, estaria relacionado aos conteúdos factuais e conceituais; o aprender a fazer, relacionado aos conteúdos procedimentais; e o aprender a ser e o aprender a viver juntos, relacionados por sua vez aos conteúdos atitudinais”.

Ainda dentro da aprendizagem procedimental, Zabala cita três fatores importantes (separada em tópicos pela autora da presente dissertação):

- a *realização das ações*, que está relacionada na obviedade que se aprende a partir do “fazer-fazendo”, a exercitação múltipla, uma vez que não basta realizar apenas uma vez as ações do conteúdo procedimental,
 - a *reflexão sobre a própria atividade*, pois não se pode repetir um exercício sem mais ou menos, pois é importante fazer uma reflexão da sua aplicação,
 - e o último fator é a *aplicação em contextos diferenciados*, fazendo com que muitas vezes as exercitações sejam numerosas, pois, é necessário que sejam realizadas com contextos diferentes, tornando a possibilidade do que se aprende seja cada vez mais útil e ser utilizado em situações nem sempre previsíveis.
- (ZABALA, 1998, p.45).

Segundo o mesmo autor:

Quando se explica de certa maneira, quando se exige um estudo concreto, quando se propõe uma série de conteúdos, quando se pedem determinados exercícios, quando se ordenam atividades de certa maneira, etc, por trás destas decisões se esconde uma ideia sobre como se produzem as aprendizagens (ZABALA, 1998, p. 33).

De forma que, uma sequência didática deve conter as fases de planejamento, aplicação e avaliação, salientando a relevância da organização social das aulas e dos conteúdos, as relações afetivas entre professor e alunos ou mesmo entre os próprios alunos, o uso de materiais didáticos e os processos avaliativos.

Além disso, segundo a BNCC em Brasil (2012), a sequência didática é relevante por contribuir na consolidação de conhecimentos que estejam em fase de construção e permitir que novas aquisições sejam possíveis progressivamente, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os discentes possuem sobre um assunto.

Assim, como descrito na BNCC, as sequências didáticas são instrumentos muito importantes para a construção do conhecimento:

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p. 21).

Em suma, cabe ao professor o papel de transmissor e mediador das atividades propostas na SD, visando uma aprendizagem contextualizada e significativa, levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos, bem como a aquisição e construção de novas concepções relacionadas à temática desenvolvida.

Apresentado esses levantamentos dos pressupostos teóricos que embasa o presente trabalho, no próximo capítulo será apresentada uma revisão teórica sobre a Termodinâmica e a Astrobiologia.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA E ASTROBIOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a fundamentação teórica relativa aos conceitos Físicos da Termodinâmica, bem como sobre a Astrobiologia, que serviram como embasamento para a elaboração e aplicação do PE.

2.1 - Termodinâmica

A Termodinâmica é uma teoria que se iniciou há mais de 200 anos. Segundo Halliday e Resnick (2016, p. 413), "um dos principais ramos da física e da engenharia é a termodinâmica, o estudo da energia térmica (também conhecida como energia interna) dos sistemas".

Dessa forma, podemos relacionar conceitos vistos em termodinâmica como calor, temperatura e energia térmica com o nosso cotidiano, pois sabemos que determinados alimentos devem ser guardados na geladeira, que devemos ter cuidado com objetos quentes e também que determinados aparelhos como o ar condicionado ou aquecedores nos "protegem" de calor ou frio excessivos. Sobretudo, como esses conceitos são essenciais para a existência e manutenção de vida em um planeta, como será abordado na seção 2.2.

Além disso, a termodinâmica aborda os efeitos nas alterações de temperatura, volume e pressão nos sistemas físicos em escala macroscópica. Portanto, ela procura elucidar os mecanismos envolvendo transferência de energia térmica (interna) com a finalidade de realizar trabalho.

É importante destacar que existem quatro leis que orientam o estudo da termodinâmica: a lei zero relacionada ao conceito de temperatura e equilíbrio térmico; a primeira lei relacionada ao conceito de energia e a lei de conservação de energia; a segunda lei relacionada ao conceito de entropia, e a terceira lei relacionada ao limite constante da entropia quando a temperatura se aproxima do zero absoluto.

Conforme citado por Rocha (2010),

As leis da termodinâmica são generalizações da experiência comum. Podemos tomar medidas simples de pressão, volume, temperatura, composição química e outras quantidades apropriadas; tais dados determinam o estado do objeto ou região de interesse (sistema) e todas suas propriedades. Se um sistema não estiver sujeito a perturbações, então

atingirá, depois de certo tempo, o equilíbrio, e todas as suas propriedades não mais variarão em função do tempo. (ROCHA, 2010, p. 40).

Assim, temperatura, pressão e volume são variáveis de estado, enquanto que calor e trabalho não o são. Entende-se por variáveis de estado as propriedades macroscópicas do sistema, aquilo que medimos e são representadas pelas grandezas físicas. Essas variáveis podem ser extensivas, aditivas ou somáveis, dependem da extensão do sistema, ou seja, dependem do tamanho ou da quantidade de matéria do sistema. Exemplos são: o volume, massa, energia interna, entropia, número de moles, capacidade calorífica e energia de Gibbs. Podem ser também do tipo intensivas, que não dependem do tamanho ou quantidade de matéria, como a temperatura, pressão, densidade, ponto de fusão e de ebulição. (DE OLIVEIRA, 2005).

Nesta seção estão abordados os conceitos termodinâmicos, iniciando pela Lei Zero da Termodinâmica, conceitos a elas associadas como temperatura e equilíbrio térmico, o conceito de calor e suas formas de transferência, seguidas da Primeira Lei incluindo os processos termodinâmicos. Essas duas primeiras leis são os conteúdos relacionados ao produto educacional. Posteriormente, por completeza, são apresentadas a Segunda e Terceira Leis da Termodinâmica, um dos propósitos foi o de abranger os conhecimentos da autora do presente trabalho, e apresentar que a entropia e os demais conceitos fazem parte do Universo desde a teoria do modelo padrão que relata sobre sua possível origem, o *Big Bang*, até uma possível “morte térmica” ou um “grande colapso (*Big Crunch*)”.

2.1.1 – Lei Zero da Termodinâmica, Temperatura e Equilíbrio Térmico

A Lei Zero recebeu essa numeração pelo Físico inglês Ralph H. Fowler (1889-1944), em 1935, devido a primeira e segunda leis já terem sido postuladas. Segundo Fowler a Lei Zero introduz o conceito de equilíbrio térmico. Sem ela o conceito de temperatura não faria sentido. (ZOHURI, 2018).

De acordo com Savi e Colucci (2010), a palavra temperatura tem algum significado para cada aluno antes de estudar a Termodinâmica. Porém esses significados da experiência cotidiana são bastante qualitativos e muitas vezes relacionados à percepção humana como por exemplo, ao colocar durante alguns minutos a mão direita em um recipiente com água quente e a mão esquerda em outro recipiente com água fria, e após, colocá-las rapidamente em um mesmo recipiente

com água morna, a sensação térmica sobre a mão direita e a esquerda não será a mesma.

Portanto, observamos que a sensação térmica não é parâmetro preciso para informar o quanto um material está mais frio ou mais quente em relação ao outro e por isso foi necessário a existência de um instrumento que tornasse essa medida possível, e mais do que isso, o que é que está sendo aferido, e assim caracterizá-la como uma variável termodinâmica. Para isso, é necessário dar uma definição operacional.

A temperatura é essa grandeza física, ela está relacionada ao grau de agitação das moléculas, ou seja, com a energia cinética (translação, rotação e vibração) média das moléculas, quanto maior for o grau de agitação maior será a sua temperatura. A esse grau de agitação por hora chamaremos de energia térmica. Ressaltando que, conforme citado por M. Nussenzveig (1983), somente faz sentido avaliar a temperatura para sistemas com um número suficientemente grande de constituintes e que não faz sentido questionar a temperatura de um sistema com 2 ou 3 átomos isolados. Sendo assim a Termodinâmica uma descrição macroscópica.

De conhecimento da grandeza física ainda é necessário o instrumento capaz de realizar sua medida, esse instrumento é denominado de termômetro³, e conforme citado por Halliday e Resnick (2016): “o termômetro é um instrumento que contém uma substância com uma propriedade mensurável, como comprimento ou pressão, que varia de forma regular quando a substância se torna mais quente ou mais fria”. (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 458).

Essas propriedades podem ser observadas por meio de uma escala com pontos fixos, denominada de escala termométrica, e é usada para indicar a temperatura baseada em pontos de referência, como por exemplo, os pontos de fusão e ebulição da água. Conforme citado por Ramalho *et al.* (2016, p. 11), “O conjunto dos

³ Atribui-se a Galileu Galilei, a invenção do primeiro instrumento medidor de temperatura, ocorrido em 1592, que se conhece atualmente por termoscópio. Em 1612 um termoscópio com uma escala numérica foi criado pelo médico Santorio Santorre para uso na medicina (CABRAL, [s.d.]). Conforme, citado por Picquart e Morales (2017), a palavra termômetro aparece pela primeira vez no contexto de um problema com a frase: “*Del **termómetro**, o instrumento para medir los grados de calor o de frío, que están en el aire*” (O termômetro, o instrumento para medir os graus de calor e de frio, que estão no ar) no livro *Récréation mathématique* escrito pelo jesuíta francês Jean Leurechon.

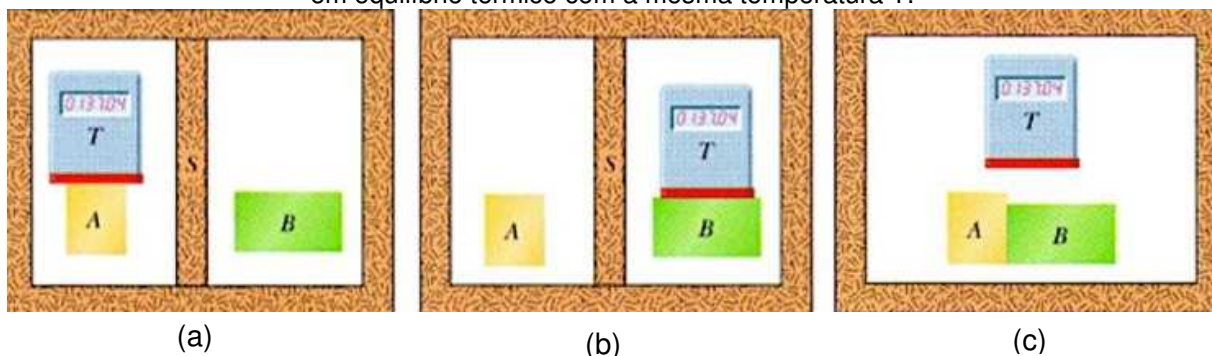
valores numéricos que a temperatura⁴ T pode assumir constitui uma escala termométrica, que é estabelecida ao graduar um termômetro”.

Como um exemplo do cotidiano sobre o equilíbrio térmico pode ser observado na mistura de café quente (maior temperatura) com leite frio (menor temperatura). As duas substâncias inicialmente apresentam temperaturas distintas, e em pouco tempo o corpo mais “quente” (café), transfere energia térmica para o mais “frio” (leite), até que ambos atinjam a mesma temperatura, resultando no equilíbrio térmico.

Portanto, quando um corpo “quente” é posto em contato com um corpo “frio”, obtém-se uma transferência de energia térmica do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, até o instante em que essa transferência termine. A partir desse momento, os dois corpos estão em equilíbrio térmico, ou seja, atingiram a mesma temperatura. Se diversos corpos estiverem em contato térmico entre si, também atingirão o equilíbrio térmico quando as suas temperaturas se igualarem. Essa igualdade pode ser atingida em qualquer escala termométrica, porém, se escolhermos por uma determinada escala, todas as leituras devem ser realizadas usando essa mesma escala.

Assim foi possível estabelecer a Lei Zero: “Se dois corpos A e B estão separadamente em equilíbrio térmico com o terceiro corpo T , então A e B estão em equilíbrio térmico entre si.” (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 415). A Figura 2.1, reproduz a descrição dessa Lei, em que o corpo T seria um medidor de temperatura.

Figura 2.1 - (a) O corpo T e o corpo A estão em equilíbrio térmico, isolado termicamente do corpo B . (O corpo S é um isolante térmico.) (b) O corpo T e o corpo B estão em equilíbrio térmico, isolado termicamente do corpo A , (c) Se (a) e (b) são verdadeiros, então o corpo A e o corpo B também estão em equilíbrio térmico com a mesma temperatura T .



Fonte: Halliday e Resnick 2016, p.416.

⁴ Na referência Ramalho *et al.* (2016) utiliza-se para a notação de temperatura a letra grega θ , e para uniformizar o texto todos θ os foram substituídos pela letra T .

O equilíbrio térmico é um dos estados do equilíbrio termodinâmico. Conforme citado pelo Prof. Mário de Oliveira da Universidade de São Paulo (USP):

Os estados de equilíbrio termodinâmico são caracterizados por não dependerem da maneira como são atingidos e sua existência constitui um postulado fundamental da termodinâmica. Além disso, eles são descritos por um número pequeno de grandezas físicas. As propriedades que são funções do estado de equilíbrio termodinâmico não dependem portanto de como o equilíbrio é atingido.” (de Oliveira, 2005, p.3).

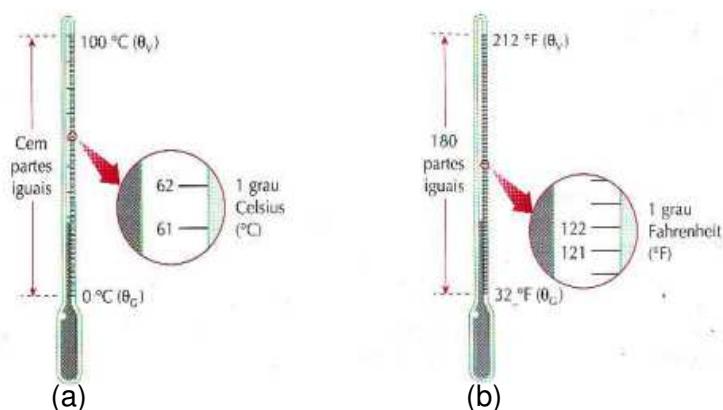
Logo, para a formulação matemática da Termodinâmica esta é a Lei mais importante, pois requer que a relação de equilíbrio térmico seja uma relação de equivalência, e ela é necessária para uma definição matemática da temperatura, que irá validar a existência de termômetros. (ZOHURI, 2018).

Para a graduação de um termômetro comum de mercúrio, utiliza-se como pontos de referência o ponto do gelo (temperatura de fusão do gelo) e o ponto do vapor (temperatura de ebulição da água), ambos sob pressão normal (1 atm). As principais escalas termométricas são Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e a escala Kelvin (K).

A escala Celsius é a mais conhecida e utilizada no nosso cotidiano e adota os valores 0 (zero) para o ponto do gelo e 100 (cem) para o ponto do vapor (Figura 2.2 (a)). O intervalo entre esses pontos é de 100 partes, sendo cada uma dessas partes uma unidade da escala que recebe o nome de grau Celsius, cujo símbolo é $^{\circ}\text{C}$.

A escala Fahrenheit, muito utilizada em países ingleses, também adota as temperaturas de fusão e ebulição da água ao nível do mar como pontos de referência, que são os valores 32 e 212 respectivamente (ilustrado na Figura 2.2 (b)). O intervalo é dividido em 180 partes e cada parte corresponde ao grau Fahrenheit, cujo símbolo é $^{\circ}\text{F}$.

Figura 2.2 - Imagem ilustrativa de termômetros em: (a) escala Celsius. (b) escala Fahrenheit.



Fonte: Ramalho *et al.*, 2016.

A escala Kelvin, assim chamada em homenagem ao físico inglês Lord Kelvin (1824-1907), é a escala adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) e é utilizada quando se afere a temperatura absoluta de um objeto. Conforme citado em Halliday e Resnick (2016, p. 414): “Não existe limite superior para a temperatura de um corpo, e existe para um limite inferior, cujo valor seria o zero absoluto da escala Kelvin”.

Lord Kelvin ao estudar os gases, verificou que a pressão de um gás rarefeito diminuía $1/273,15$ do valor inicial, quando resfriado a um volume constante, de 0°C a -1°C . Dessa forma, concluiu que, se o gás não mudasse de estado, sua pressão ficaria nula na temperatura de $-273,15^{\circ}\text{C}$. Essa temperatura em que a pressão seria anulada, ficou conhecida como zero absoluto, 0 K , sendo que na escala Kelvin não existe valores negativos. Esse valor corresponde à menor temperatura a ser atingida em qualquer escala. Do ponto de vista quântico é possível imaginar que no zero absoluto ter-se-ia uma violação do princípio da incerteza (ou princípio de Heisenberg, 1927, que informa: “é impossível saber a posição exata e o momento (velocidade) exato(a) de um objeto de forma simultânea”), e isso não ocorre, pois conforme a temperatura de um corpo se aproxima do zero absoluto, a energia cinética de seus constituintes diminui, tendendo para um valor denominado de energia do ponto zero⁵, que apesar do nome, não é nula, sendo impossível determinar a velocidade e posição da partícula simultaneamente, não violando assim o princípio da incerteza.

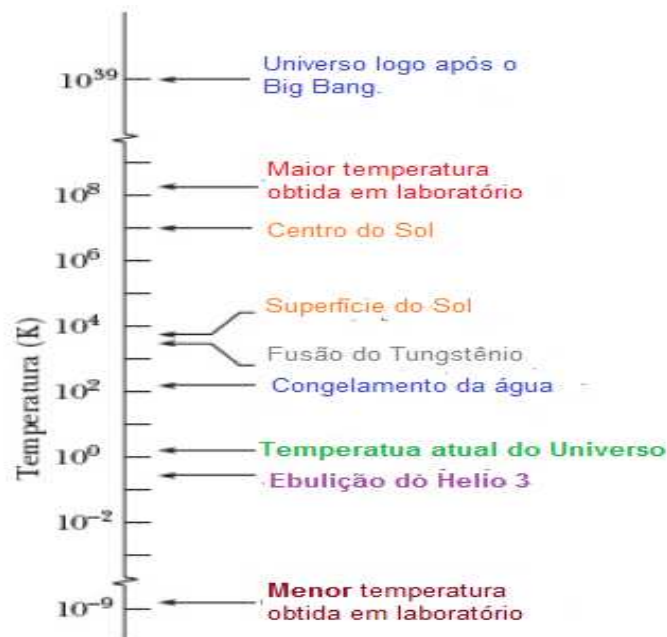
Na escala Kelvin, também denominada escala absoluta de temperatura, o ponto de congelamento da água (0°C) corresponde a $273,15\text{ K}$ e o ponto de ebulição da água (100°C) corresponde a $373,15\text{ K}$. Semelhante a escala Celsius, o intervalo é de 100 partes, portanto, uma variação de temperatura de 1°C corresponde a uma variação de temperatura de 1 K . (HALLIDAY e RESNICK, 2016).

Como o tema da presente dissertação envolve a vida no planeta, e esse faz parte do nosso Universo, um exemplo de temperatura apresentada em Kelvin em alta escala é a temperatura do início da formação do Universo, logo após a possível grande explosão – *Big Bang* - há 13,7 bilhões de anos onde estima-se que a temperatura era da ordem de 10^{39} K . Estudos relatam que o Universo após o *Big Bang* se expandiu e

⁵ A energia do ponto zero é a energia remanescente de uma substância a zero K. As partículas ainda oscilam em Movimento Harmônico Simples e não possui um estado de energia cinética nula, ela permanece constante.

esfriou, e atualmente a temperatura média é de aproximadamente 3 K . Em nosso planeta é um pouco acima deste valor devido a presença do Sol, que na sua superfície a temperatura é de 5.778 K , nossa estrela maior, sem ela não haveria vida em nosso planeta. (HALLIDAY e RESNICK, 2016). O tempo para a radiação solar chegar à Terra é de 8 minutos e 31 segundos, pois a distância Sol-Terra⁶ no ponto mais próximo da Terra (Periélio) é de $147.098.074\text{ km}$ e mais distante (Afélio) é de $152.097.701\text{ km}$, de forma que na média é considerado de aproximadamente $149.600.000\text{ km} = 149.600.000 \times 10^3\text{ m}$, e como a velocidade da luz é de aproximadamente $3 \times 10^8\text{ m/s}$, o tempo é de $498,67\text{ s}$ que é o tempo de 8min31s. Na Figura 2.3, apresenta-se os principais eventos e a respectiva temperatura em escala logarítmica (por isso não se apresenta a temperatura a 0 K , que daria infinito nesta escala) logo após o Big Bang, 10^{39} K , até a menor temperatura obtida em laboratório que é de 10^{-9} K .

Figura 2.3 - Desenho esquemático indicando a temperatura T (K) (em escala logarítmica) desde que o Universo atingiu 10^{39} K logo após o *Big-Bang* até a menor temperatura obtida em laboratório 10^{-9} K .



Fonte: Fig.18-1 Halliday e Resnick, 2016.

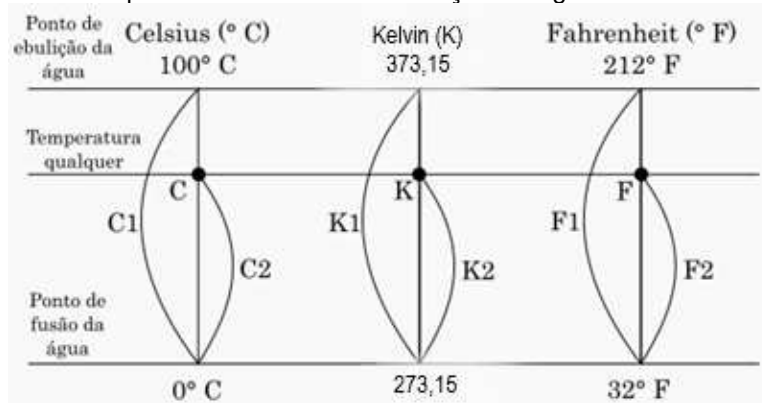
A relação entre as escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit pode ser observada na Figura 2.4, em que C_1 , K_1 e F_1 varia do ponto de fusão ao ponto de ebulição da água,

⁶ A distância centro do Sol ao centro da Terra é considerado 1 unidade astronômica: $1\text{ UA} = 149.600.000\text{ km}$.

e C_2 , K_2 e F_2 do ponto de fusão a qualquer temperatura nas três escalas entre o ponto de ebulição e o de fusão da água. Assim:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} = \frac{F_2}{F_1} . \quad (2.1)$$

Figura 2.4 - Relação entre as escalas termométricas: os índices 1 se refere a variação da temperatura entre o ponto de fusão e de ebulição, e o índice 2 do ponto de fusão a qualquer temperatura abaixo ao de ebulição da água.



Fonte: Kilhian, 2010.

Substituindo os valores de cada intervalo na equação (2.1), sendo C , K e F a temperatura qualquer em cada escala entre os pontos de fusão e ebulição da água.

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{K - 273,15}{373,15 - 273,15} = \frac{F - 32}{212 - 32} .$$

Restando,

$$\frac{C}{100} = \frac{K - 273,15}{100} = \frac{F - 32}{180} . \quad (2.2)$$

Simplificando a equação (2.2), obtemos:

$$\frac{C}{5} = \frac{K - 273,15}{5} = \frac{F - 32}{9} . \quad (2.3)$$

A equação (2.3) é utilizada para realizar a conversão de uma escala termométrica em outra. Na Tabela 2.1, apresenta-se alguns valores da temperatura nas três escalas (HALLIDAY e RESNICK, 2016).

Tabela 2.1 – Alguns dados de temperaturas na escala Kelvin e seu equivalente na escala de graus Fahrenheit e Celsius.

	$T(K)$	$T(^{\circ}F)$	$T(^{\circ}C)$
Ponto de ebulição da água	373,15	212	$99,975 \cong 100$
Temperatura normal do corpo	$\approx 310,15$	$\approx 98,6$	≈ 37
Temperatura confortável ao ser humano	293,15	68	20
Ponto de congelamento (fusão) da água	273,15	32	0
Zero da escala Fahrenheit	255,15	0	-18
Coincidência de escalas $^{\circ}F$ e $^{\circ}C$		-40	-40
Zero absoluto	0	- 459,57	-273,15

Fonte: adaptado de Halliday e Resnick, 2016.

Por completeza, citaremos um breve histórico sobre os instrumentos de medida de temperatura. Conforme citado na nota de rodapé nº 3 desta dissertação, o primeiro termoscópio foi inventado por Galileu Galilei, em 1592. Em 1612, o médico italiano Santorio Santorre inventou o primeiro termoscópio dotado com uma escala para ler a temperatura; em 1632 Jean Ray (Francês) associando-se ao termoscópio com escala ele usou um líquido em um vidro com a extremidade aberta. Após, em 1644, com a descoberta de Evangelista Torricelli sobre a variabilidade da pressão do ar, percebeu-se que o fato da extremidade ser aberta influenciava na variação da medida da temperatura; em 1654, Ferdinando de Medici (Ferdinando II - grão duque da Toscana) construiu um equipamento com as extremidades fechadas e usou como substância termométrica, o álcool, porém de escala arbitrária. Somente em 1714 Daniel Gabriel Fahrenheit propôs uma escala em um termômetro de vidro usando o mercúrio como substância termométrica que foi aceito pela comunidade devido a sua fácil reprodutibilidade e precisão nas medidas. A escala Celsius veio em seguida em 1742, proposta pelo sueco Anders Celsius, e somente passou a ser chamada graus Celsius em 1948, e por fim, em 1800 a escala universal Kelvin, proposta por William Thomson (ainda não nomeado Lord Kelvin que ocorreu em 1892 – 1º Barão Kelvin). O primeiro termômetro clínico portátil foi inventado por Thomas Clifford Allbutt que levava 5 minutos para aferir a temperatura de um paciente. (CABRAL [s.d.], e PICQUART e MORALES (2017)).

De forma industrial o equipamento utilizado para o controle de temperatura eram os termostatos criados por Cornelius Drebbel em 1620, e a forma como conhecido atualmente ocorreu em 1830, para o controle de caldeiras a vapor (era industrial). O

termopar atua de modo descontínuo – como os que aparecem em sanduicheiras que após atingir determinada temperatura desliga a fonte de calor e a temperatura diminuindo volta a ligar a fonte de calor. Já os termopares foram descobertos por Thomas Seebeck em 1822, em que notou a correlação entre a queda de tensão gerada no termopar com a temperatura que este apresentava. Concluindo que os termopares geravam leituras de temperatura semelhantes quando se usava metais iguais. Com o advento da era da eletrônica, concluiu-se que termopares do tipo *Ferro-constantan* mede até a temperatura de 760 °C, e o tipo *Cromel-alumel* até 1250 °C. Posteriormente surge as Termo resistências, após Ohm ter enunciado a sua Lei, realizou-se um mapeamento em relação a sua resistividade e coeficiente térmico, e a Platina chamou atenção, pois tem um ponto de fusão 1755 °C e mostrou ser mais eficiente que os termopares. (HD Technology, 2018). Um exemplo de termo resistências são os PT-100. Um uso do PT-100 em um experimento de dilatação linear está apresentado na referência Mukai e Fernandes (2018) proposto pelo Prof. Antonio Medina Neto (orientador) e Prof. Gutierrez Morais (estágio docência de doutorado do Programa de Pós graduação em Física/UEM) em 2011.

Além disso, há os termômetros digitais clínicos que funcionam a base de um termistor, um sensor que usa um material semicondutor⁷ sensível a temperatura. Em contato com um material varia a sua tensão que é transformada em sinais digitais e lidos em um mostrador de Cristal Líquido. Tem-se um menos conhecido que é o termômetro a base de placa bimetálica, formada por dois materiais de dilatação diferentes paralelas entre si e enroladas de forma espiral, ao dilatar empurram uma agulha ponteiro indicando a temperatura.

Por último, o denominado de Pirômetro, seu funcionamento é a base de detecção de radiação infravermelho emitida pelos corpos (ou materiais) conforme será descrito na seção 2.1.2, quando será apresentado sobre a irradiação, como um exemplo de onda eletromagnética. Esse termômetro foi inventado em 1984 por Jacob

⁷ “Os semicondutores são sólidos geralmente cristalinos de condutividade elétrica variável, podendo transitar com certa facilidade entre os estados de condutores ou isolantes em função de parâmetros ambientais. São intrinsecamente isolantes quando em temperaturas baixas, e transitam ao estado de condutor em temperaturas elevadas. Condutores extrínsecos (com dopagem) são condutores quando neutros e têm a transição condutor isolante controlada pelo estado de eletrização em que se encontram, sendo por tal o pilar da eletrônica moderna (eletrônica de estado sólido).” (wikipedia, acesso em: 11/07/2023)

Fraden denominado por ele de “*Thermoscan Human Ear Thermometer*” (Termômetro de ouvido humano por varredura térmica – tradução da autora).

Vimos assim, a lei zero da termodinâmica e o conceito de temperatura que é uma variável de estado, uma propriedade intrínseca do sistema. São consideradas variáveis intensivas as que são invariantes de escala, não dependem do tamanho ou da quantidade de matéria no sistema. Bem como o conceito de equilíbrio térmico.

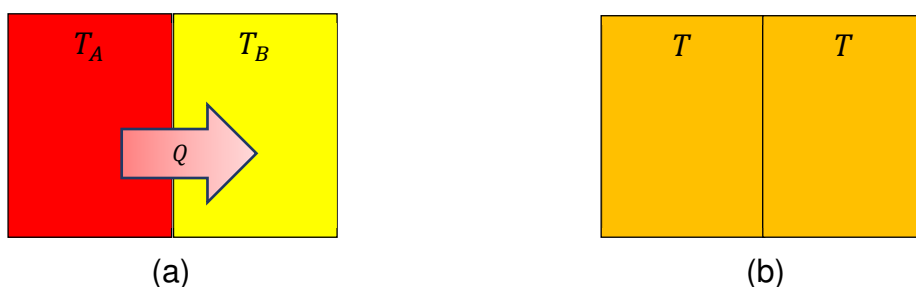
Apresentado sobre a temperatura, na próxima seção apresenta-se uma grandeza física que não é uma variável de estado e sim do próprio processo, que é o calor, pois somente existe enquanto houver transferência de energia diante a variação da temperatura.

2.1.2 – Calor e suas Formas de Transferência

Historicamente o conceito de calor não foi fácil de ser definido, pois muitos pensadores como o Grego Aristóteles (384-322 a. C.) associavam o calor ao fogo e às suas transformações. Platão (427-347 a.C.) foi o primeiro a associar o termo calor ao movimento das partículas que formam um corpo. Para ele, o calor do fogo provocava a agitação e o movimento das partículas, separando-as e provocando a dilatação do corpo. Atualmente sabemos que calor é caracterizado pela transferência de energia térmica quando há uma diferença de temperatura entre dois sistemas colocados em contato térmico de forma espontânea.

Segundo Ramalho *et al.* (2016, p. 56), se considerarmos “dois corpos A e B em diferentes temperaturas, T_A e T_B , sendo $T_A > T_B$ (Figura 2.5 (a)), e colocarmos em presença um do outro, verifica-se que a energia térmica é transferida do corpo A para o corpo B”. Portanto o calor é transferido de um corpo de maior temperatura para um de menor temperatura, e quando as duas temperaturas se igualam, cessa a transferência, pois atingiu-se o equilíbrio térmico (Figura 2.5 (b)).

Figura 2.5 - Desenho esquemático (a) indicando a transferência de energia térmica do corpo A para o corpo B, $T_A > T_B$, até as temperaturas se igualarem $T_A = T_B = T$ indicado em (b) equilíbrio térmico.



Fonte: adaptado de Ramalho *et al.*, 2016, p. 56.

O calor anotado pela letra Q e na forma infinitesimal como⁸ δQ é uma grandeza que pode ser positiva ou negativa. Tomemos como exemplo um sistema como um copo com água quente e o ambiente o seu meio, neste caso o sistema cede calor ao ambiente e o calor será negativo. No caso de um sistema ser um copo com gelo esse estará absorvendo calor do meio (ambiente com uma temperatura de verão), logo o calor será positivo. A sua expressão matemática é dada por:

- para sólidos e líquidos

$$\delta Q = m c dT, \quad (2.4)$$

sendo m a massa do material e c o calor específico, que depende do material, e dT a variação infinitesimal da temperatura (variável intrínseca do sistema). No ensino médio utiliza-se a equação (2.4) na forma em que m é de uma substância pura e c independe da temperatura:

$$Q = mc\Delta T. \quad (2.5)$$

A quantidade $mc = C$ chama-se a *capacidade térmica* da amostra e sua unidade é dada em cal/°C, ou J/K no SI. Ela não é a quantidade de calor que o corpo pode reter, e sim a quantidade de calor necessária para elevar de uma unidade a temperatura de um corpo, independente do sistema de unidade.

- para gases:

$$\delta Q = n c_V dT, \quad (2.6 (a))$$

ou

$$\delta Q = n c_P dT, \quad (2.6 (b))$$

sendo n o número de moles do gás, c_V o calor específico a volume constante e c_P o calor específico a pressão constante, dT a variação infinitesimal da temperatura (variável intrínseca do sistema). Os calores específicos são quantidades que dependem do material do sistema. São variáveis de estado do tipo extensivas, assim como o número de moles e a massa.

⁸ O calor não é uma variável de estado ele se refere direto ao processo termodinâmico e para diferenciar a letra d possui um traço.

No Sistema Internacional (SI), a unidade de medida de calor é o Joule (J) definida em 1948, ainda hoje na prática utiliza-se outra unidade, que é a caloria (cal). Esse termo provavelmente surgiu em virtude do calórico que pensavam existir.

A caloria é definida como: “a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de um grau Celsius” (de Oliveira, 2005, p.10). Ainda de acordo com de Oliveira (2005) essa definição está diretamente ligada ao do calor específico. Ao fato do calor específico depender da temperatura, não sendo constante, torna a definição de caloria imprecisa e, para contornar essa situação, declara-se a temperatura ou o intervalo. A relação entre 1 caloria (para diversos tipos de caloria) e o Joule estão apresentadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 -Relação entre calorias e Joule de acordo com o tipo de calorias.

Tipos de Caloria	Joule (J)
Termoquímica	4,184
IT	4,1868
Média	4,1900
a 15°C	4,1858
a 20 °C	4,1819

Fonte: a autora - informações do texto da referência de Oliveira, 2005.

No ensino superior normalmente utilizamos a conversão de 1 caloria para Joule como:

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J},$$

e no ensino médio utiliza-se o valor médio,

$$1 \text{ cal} = 4,1900 \text{ J}.$$

Apresenta-se a seguir as formas de transferência de Calor. Essa transferência pode ocorrer de três formas: condução, convecção e irradiação. Para as três formas de propagação, definimos a grandeza “fluxo” de calor ϕ que atravessa uma superfície de área A como:

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \quad (2.7)$$

em que, ΔQ é a quantidade de calor que propaga por um elemento de área A no intervalo de tempo Δt . Sua unidade é dada por cal/s ; bem como Watts, $W = J/s$, visto que calor é uma forma de energia a energia térmica, tem a mesma unidade de Potência.

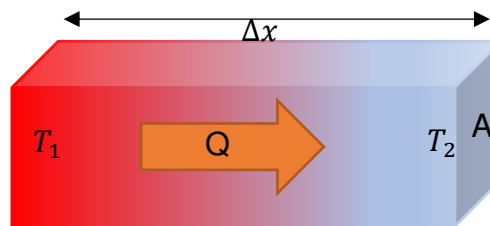
A seguir, apresenta-se cada uma das formas de transferência de calor:

- **Condução**

A transferência de calor ocorre por meio da agitação molecular, em um corpo ou entre mais corpos, quando estão em contato. Nesse processo, os elétrons e átomos do corpo vibram intensamente devido à alta temperatura a que estão expostos provocando um choque das partículas mais energéticas com as menos energéticas, variando energia cinética. Exemplo: uma panela de metal sobre a chama, o fogo está só embaixo, e a panela toda aquece.

O processo de condução necessita de um meio material para ocorrer, portanto não ocorre no vácuo. Entretanto, é a energia que se propaga e não o meio material. E o processo de transferência de calor por condução ocorre pela difusão que é o transporte de energia provocado por um gradiente de temperatura (Figura 2.6).

Figura 2.6 - Ilustração de um processo de difusão homogênea e linear do calor, de uma temperatura T_1 a T_2 em um material de largura Δx por uma área A ,



Fonte: cedido por H. Mukai, 2021.

Quando em regime estacionário, conforme apresentado por Ramalho *et al.* (1977):

[...] o fluxo de calor por condução num material homogêneo é diretamente proporcional à área da seção transversal atravessada e à diferença de temperatura entre os extremos é inversamente proporcional à espessura da camada considerada. (RAMALHO *et al.*, 1977, p. 106).

Essa afirmação é determinada de forma empírica e de forma matemática expressa como

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} \propto -A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Utilizando a equação (2.7), obtém-se que

$$\phi = -K \frac{A \Delta T}{\Delta x}, \quad (2.8)$$

em que K é a constante de proporcionalidade positiva e dada pela condutividade térmica do material que depende da natureza do material, e $\Delta T = T_2 - T_1$, sendo $T_1 > T_2$. A equação (2.8) é conhecida por Lei de Fourier. Na Tabela 2.3 apresentam-se alguns valores de condutividade térmica de alguns materiais.

Tabela 2.3 – Valores de condutividade térmica de alguns materiais.

Materiais	$K(W/mK)$
Alumínio	247
Ferro	80
Água	0,58
Lã	entre 0,020 e 0,040
Ar seco	0,026
Polímeros	0,3

Fonte: adaptado de Ramalho *et al.*, 1977.

Ainda no exemplo da panela, caso o cabo seja de metal, verifica-se que após um tempo não só a panela é aquecida, o cabo também, por isso normalmente os cabos são cobertos com algum material de baixa condutividade térmica como um polímero a baquelite (polifenol) antitérmico. Conforme se observa na Tabela 2.2, é possível compreender outras situações do cotidiano, como por exemplo:

- a) Uma panela de ferro demora mais para aquecer do que a de alumínio;
- b) A lã por ter uma baixa condutividade térmica torna-se um isolante de perda de calor, por isso quando se usa uma blusa, ela mantém o calor gerado pelo corpo e nos sentimos aquecidos, não é que a blusa aquece! O mesmo ocorre com cobertores, eles nos mantem aquecidos, e não são fontes de calor.

O “fluxo” de calor por unidade de área fica expressa na forma:

$$\phi' = \frac{\phi}{A} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}. \quad (2.9)$$

O calor em material homogêneo é transferido de forma isotrópica, para uma situação mais geral a expressão (2.9) fica escrita como:

$$\phi' = -k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial T}{\partial z} \hat{j} \right) = -k \nabla T. \quad (2.10)$$

Ainda no exemplo da panela em que estando centralizada sobre a chama o calor se propaga de forma radial devido ao gradiente de temperatura ∇T apresentado na equação (2.10). Passando para a próxima forma de transição de calor.

- **Convecção**

No caso da convecção, ocorre o transporte de energia térmica por meio do transporte de matéria. Portanto é um fenômeno que só ocorre em fluidos como, líquidos, gases e vapores. Nesse processo, o movimento da matéria do fluido ocorre pela diferença de densidade devido ao seu aquecimento ou resfriamento.

A temperatura é inversamente proporcional à densidade de massa. Logo, quanto maior a temperatura, menor a densidade e essa quantidade de massa se posiciona numa região ascendente em relação à massa de menor temperatura que desce por estar com uma maior densidade. Ao receber calor, essa massa subirá, formando um ciclo denominado corrente de convecção no caso de líquidos.

O processo de convecção ocorre também em gases, não ocorre em sólidos e nem no vácuo, pois precisa de um meio material fluido.

Exemplos de aplicações de consequências do cotidiano (baseado na referência Ramalho *et al.* (1977)):

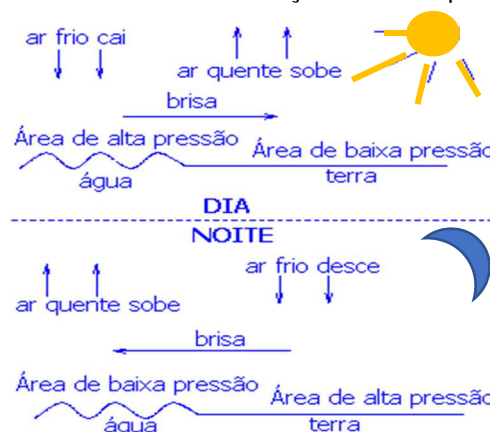
- a. **Churrasqueira** – Os gases aquecidos resultantes da combustão (fumaça) sobem (caso não tenha vento) e ao redor da chama do carvão cria-se uma região de baixa pressão que suga o ar externo que mantém a combustão. Esse efeito é visto mais claramente quando há uma chaminé, uma vez que é possível observar a fumaça saindo na parte superior.
- b. **Radiador de automóveis** – O processo de convecção ocorre na água do radiador, quando quente ela sobe e quando fria ela desce, evitando o aquecimento do motor. Alguns radiadores, possuem uma bomba d'água para forçar o processo de convecção.
- c. **Geladeira** – o fluido na tubulação sobe quando está quente e desce quando esfria. Por isso o congelador está situado na parte superior da geladeira. No caso da geladeira *duplex*, com o compartimento do *freezer* do lado exterior, existem duas opções, situados na parte superior e na parte inferior. O situado na parte inferior apresenta uma melhor eficiência devido ao ar quente descer e o frio subir,

mantendo a parte de alimentação sem congelamento em um ambiente refrigerado com menos consumo de energia elétrica.

- d. **Ar condicionado ou Split** – ambos são instalados em um ambiente na parte superior, mais perto do teto, de forma que ao retirar o ar quente do ambiente o ar frio desce e o ar quente sobe de forma cíclica, até o ambiente ficar a uma determinada temperatura, mantendo-a.
- e. **Refrigeração de bebidas** – para refrigerar bebidas em caixas térmicas o ideal é colocar o gelo na parte superior, fato esse observado em barril de chope em que o gelo é colocado sobre ele.

No caso do exemplo da panela sobre a chama agora com água, quando essa entra em ebulição, as bolhas sobem pelo efeito da convecção. O processo de convecção leva em consideração também a pressão. Esse processo de corrente por convecção em região litorânea. Conforme ilustrado na Figura 2.7: a água sofre pouca variação de temperatura por tem um calor específico grande ($\sim 4186 J$) em relação ao ar, e durante o dia o ar sobre a água em uma temperatura menor do que sobre a terra. Assim, o ar terá uma pressão menor sobre a água do que sobre a terra. E isso cria uma corrente de ar da água para a terra, conhecida como brisa marítima. E a noite o processo inverte e essa brisa é soprada da terra para a água, conhecida como brisa terrestre.

Figura 2.7 – ilustração de corrente de convecção causada pela diferença de pressão.



Fonte: < <https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/calor/conducao.html> >. Acesso em: 21 jan. 2023.

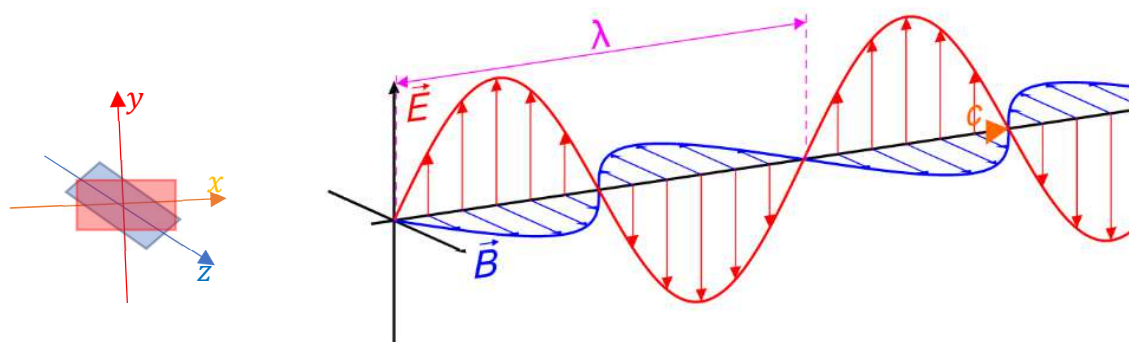
E por fim, a última forma de transferência de calor, a irradiação.

- **Irradiação ou radiação**

O processo denominado irradiação ou radiação ocorre quando a energia é transmitida por ondas eletromagnéticas. Quando essas ondas são os raios infravermelhos, denominamos irradiação térmica. Ao contrário da condução e convecção, a irradiação não necessita de um meio material para se propagar, portanto pode se propagar no vácuo.

Conforme escrito no âmbito da seção sobre temperatura (seção 2.2.1), não existiria vida no planeta Terra sem o Sol, que a mantém aquecida por meio da sua energia térmica um pouco acima da temperatura de 3 K . A luz que o Sol emite é uma radiação eletromagnética, formadas pela oscilação em fase entre o campo elétrico e magnético perpendiculares entre si e ambos perpendiculares a direção de propagação com velocidade c ($3,0 \times 10^8\text{ m/s}$), Figura 2.8. A distância vale a vale ou pico a pico da onda vale 1 comprimento de onda λ . A onda se propaga com uma determinada frequência (representada pela letra grega ν) dada por $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

Figura 2.8 – Representação esquemática de uma onda eletromagnética que se propaga, na direção de x , com velocidade c , em que λ é o comprimento de onda, \vec{E} o campo elétrico perpendicular, plano (x, y) ao campo magnético \vec{B} , plano (x, z) , e ambos perpendiculares a direção de propagação (x) .

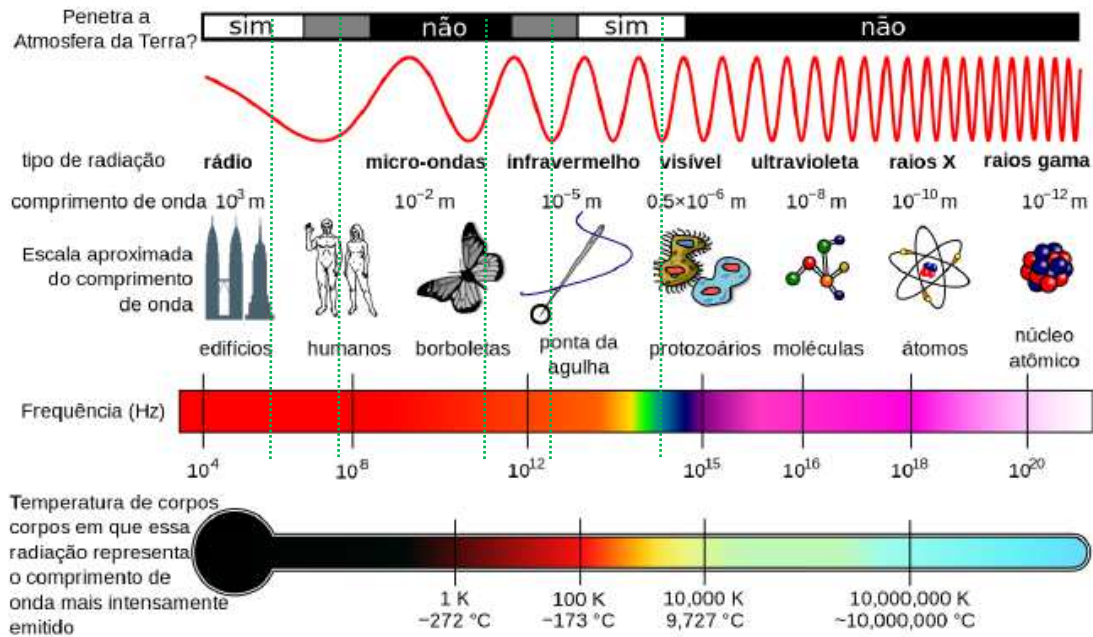


Fonte: adaptado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_vlna&l=es . Acesso em: 22 fev. 2023.

Essa onda foi prevista teoricamente por James Clerk Maxwell no ano de 1864, e confirmada experimentalmente por Heinrich Hertz em 1868. Na Figura 2.8, pode-se observar os comprimentos de onda $\lambda(m)$ e as suas respectivas frequências $\nu(Hz)$ das radiações que a onda eletromagnética transporta. Para o presente trabalho é importante observar as faixas de radiação que penetram ou não na atmosfera da Terra, situados na parte superior da imagem, pois está relacionado com a temperatura situados na parte inferior da Figura 2.9, e esses com a vida no nosso planeta.

Sendo assim, a transferência de calor do Sol para a Terra ocorre por meio das ondas eletromagnéticas, que se propagam no vácuo, predominando a **radiação infravermelha (IV)**, comprimento de onda, λ , de $10^{-3}m$ a $10^{-6}m$ (Figura 2.9), como a que transmite calor. Todo corpo com temperatura maior que 0 K (zero Kelvin, o zero absoluto) pode emitir radiação, mesmo que imperceptível.

Figura 2.9 - Imagem ilustrativa das faixas dos comprimentos de onda das radiações de uma onda eletromagnética, inclusive a faixa da luz visível. E as faixas que penetram na atmosfera.



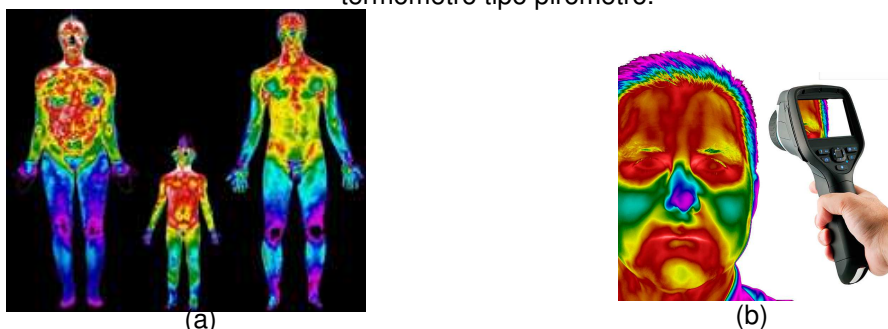
Fonte: Villate, (2021, p.262).

Exemplos são, os raios de Sol que aquecem a Terra e o corpo humano que emite essa radiação (Figura 2.10 (a)) a uma temperatura em torno de 310 K.

Uma aplicação da captação desta radiação emitida pelo corpo humano foram os termômetros do tipo Pirômetro, Figura 2.10 (b), muito utilizado durante a pandemia provocada pelo vírus SARsCOV-2 em 2019, para detecção da temperatura dos seres humanos⁹. O pirômetro possui um detector de radiação infravermelha que informa em forma de temperatura no mostrador, a luz de laser nele contido funciona somente como um apontador de localização, pois a radiação IV é invisível ao olho humano.

⁹ Houve até notícias *fake* de que era prejudicial apontar para a testa das pessoas que causaria danos à saúde. O que deveria tomar cuidado era com os olhos devido ao laser indicador, para aqueles que tem, indicando onde estava sendo aferido a temperatura e não da captação da radiação IV.

Figura 2.10 - Imagem ilustrando (a) os pontos do corpo humano emitindo a radiação IV. (b) uso do termômetro tipo pirômetro.



Fontes: (a) <<https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/ciencia-as-19-noras-abordara-termografia/>>; (b) <<https://www.termocam.com.br/aparelhos/sistemas-completos-de-termografia/>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

O corpo humano além de emitir a radiação IV, também detecta a radiação como quando em dias frios colocamos as mãos perto de fogueiras ou aquecedores elétricos, estamos captando a radiação IV emitida pelas chamas ou pela resistência elétrica.

Um trabalho de dissertação de mestrado, defendido em dezembro/2022, cujo PE envolve especificamente temperatura e termômetros, usando o *micro bit* para ensinar transformação de escalas junto com a programação, e um experimento construindo um termômetro a álcool ensinando como calibrar, é o trabalho de Miiller (2022), que está disponível no *link*: <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/>. Nesse trabalho também se explica como calibrar um pirômetro para uso quando o mesmo dá erro de leitura.

Apresentado sobre temperatura, calor e suas formas de transferência, e a Lei zero da Termodinâmica, na próxima seção será abordado sobre a primeira lei da termodinâmica.

2.1.3 - Primeira Lei da Termodinâmica

A primeira lei da Termodinâmica é uma ampliação do Princípio da Conservação da Energia. De acordo com esse princípio, em um processo termodinâmico, a energia não pode ser criada ou consumida, apenas armazenada ou transferida, a energia total de um sistema se conserva. Essa lei relaciona o calor (Q) transferido para um (ou pelo) sistema, o trabalho¹⁰ (W) realizado sobre (ou por ele) e a variação da sua energia interna (U), que matematicamente é escrita como:

¹⁰ O W vem da palavra *Work*, trabalho na língua inglesa. Nos livros de ensino médio utiliza a letra grega tau τ .

$$\delta W - \delta Q = dU. \quad (2.11)$$

Para compreender melhor essas relações, é necessário introduzir o conceito de Sistema e Processo termodinâmico, trabalho realizado, e utilizar o conceito de calor já apresentado na seção 2.1.2.

2.1.3.1 - Sistemas e Processos Termodinâmicos

Um sistema termodinâmico, segundo Young e Freedman (2016, p. 280), “é qualquer coleção de objetos que é conveniente encarar como uma unidade, e que tem o potencial de trocar energia com o ambiente”. O meio é o que está em volta do sistema, como por exemplo o ambiente considerado.

Podemos citar como um exemplo de sistema termodinâmico, um cilindro fechado por um pistão móvel, contendo um gás ideal. As variáveis de estado desse sistema; o volume (V), a temperatura (T), a pressão (P) e número de moléculas (n) se relacionam por meio da equação dos gases ideais

$$PV = nRT, \quad (2.12)$$

em que, R é uma constante. Essa equação também é conhecida como equação de Clayperon¹¹. Quando ocorrem variações no estado de um sistema termodinâmico denominamos de processo termodinâmico. (DE OLIVEIRA, 2005).

Um processo termodinâmico é classificado como irreversível quando ocorre na natureza e em um determinado sentido, todavia não no sentido contrário. Podemos citar como exemplo, a transferência de calor que sempre ocorre de um corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.

Já um processo reversível é aquele em que o sistema está sempre próximo do equilíbrio termodinâmico, podendo ser realizado em sentido contrário, retornando ao seu estado inicial. Assim, o sistema atravessa uma sucessão de estados de equilíbrio térmico, e suas variáveis de estado se diferenciam por quantidades infinitesimais, não havendo transformação de energia que não seja por meio da realização de trabalho mecânico durante todo o processo.

¹¹ Físico e engenheiro civil, francês, Benoit-Paul-Emile Clayperon (1799-1864). Fonte: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/claper.htm>

Um processo reversível não ocorre na natureza, porém, fazendo o gradiente de pressão e de temperatura muito pequenos, podemos alcançar um sistema muito próximo do seu estado de equilíbrio, e o processo pode se aproximar do reversível.

Segundo Savi e Colucci (2010, p. 55), “um processo reversível é um processo quase-estático que pode ser revertido por uma variação infinitesimal nas vizinhanças”.

Os processos podem ser: isobárico quando ocorre a pressão constante; isovolumétrico a volume constante; isotérmico a temperatura constante; e adiabático quando ocorre sem troca de calor com o meio. Na subseção seguinte, 2.1.3.4, voltaremos a discutir sobre cada um desses processos no contexto da Primeira Lei da Termodinâmica.

2.1.3.2 - Trabalho na Termodinâmica

Trabalho (W) em Termodinâmica, é uma relação entre um sistema e seu meio. Assim, o trabalho é um fenômeno de fronteira e usualmente é definido como a transferência de energia através da fronteira que fica entre o sistema e o seu meio. Conseqüentemente a escolha do sistema e de sua fronteira influi diretamente sobre o cálculo do trabalho. O trabalho realizado por um sistema também pode ser definido como a energia transferida pelo sistema para a sua vizinhança.

Da Mecânica, o trabalho é definido como,

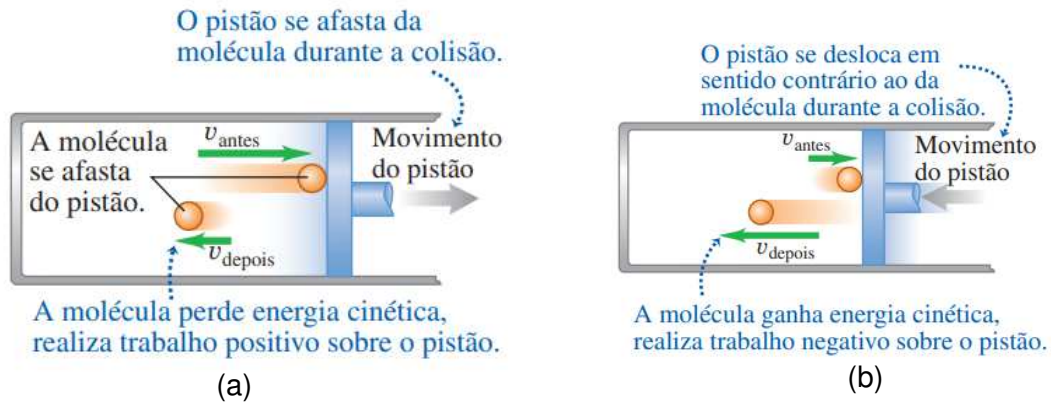
$$dW = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{r}, \quad (2.13)$$

sendo $\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$ a força aplicada na direção do deslocamento $d\vec{r} = dx \hat{i} + dy \hat{j} + dz \hat{k}$, de um ponto inicial i até um ponto final f , lembrando que o produto escalar $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$, sendo θ o ângulo entre os dois vetores \vec{A} e \vec{B} .

Considerando que o trabalho realizado por um gás durante uma variação de volume é provocado pelas moléculas que o compõem, quando as moléculas colidem com uma superfície e consegue movê-la, como no caso do pistão de um motor à gasolina, elas realizam trabalho sobre a superfície durante a colisão. A Figura 2.11 ilustra duas situações possíveis ao movimento de um pistão quando colidida por uma molécula: se o pistão se move para a direita, Figura 2.11 (a), aumentando o volume da câmara, as moléculas de colisão realizam um trabalho positivo sobre o pistão. E se o pistão se mover para a esquerda, Figura 2.11 (b), diminuindo o volume total, em

um processo de compressão, o gás realiza um trabalho negativo. (YOUNG e FREEDMAN, 2016).

Figura 2.11 – Ilustrações de um pistão realizando: (a) Trabalho positivo realizado pelo gás. (b) Trabalho negativo realizado sobre o gás.



Fonte: Young e Freedman (2016, p.281).

A força que realiza deslocamento é causada pela pressão sobre a seção de área A do pistão, e podemos utilizar adotando a direção de x para a imagem da Figura 2.11,

$$F = PA . \quad (2.14)$$

Substituindo a equação (2.14) na equação (2.13) para um movimento unidimensional na direção de x ,

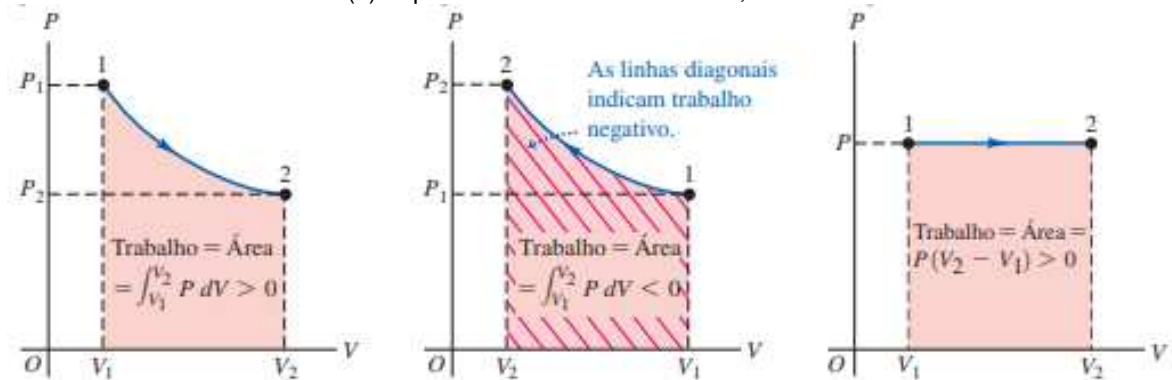
$$dW = \int PAdx,$$

como $A dx = dV$, para uma variação finita de volume desde V_1 até V_2 , temos:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} PdV . \quad (2.15)$$

A Figura 2.12, denominadas de Diagrama de Clayperon, representa graficamente a Equação 2.15 em que o trabalho é igual a área sob a curva. Quando o processo for de expansão-compressão, ambos a pressão variável: (a) $W > 0$ e (b) $W < 0$, respectivamente, e em (c) a pressão constante $W > 0$, quando varia de um volume inicial V_1 a V_2 .

Figura 2.12 – Diagramas de Clayperon, representando graficamente o trabalho realizado pela área abaixo da curva em um diagrama Pressão P versus Volume V para um sistema passando por uma: (a) expansão com pressão variando, $W > 0$, (b) uma compressão com pressão variando, $W < 0$, e em (c) expansão a volume constante, $W > 0$.

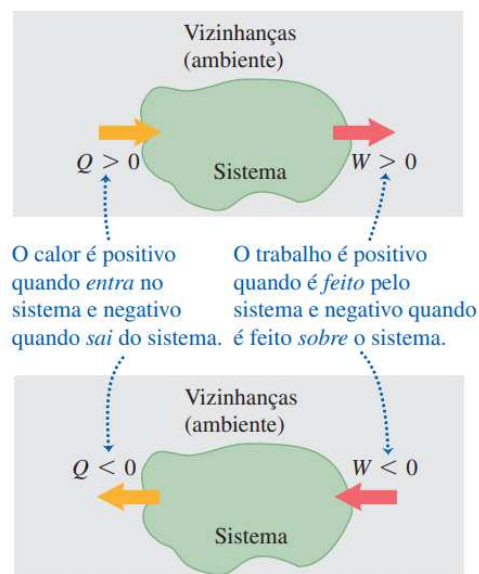


Fonte: Young e Freedman (2016, p.282).

Os conceitos de calor (Q) e trabalho (W) estão intimamente ligados, e os seus valores podem ser positivos, negativos ou nulos.

Quando Q for positivo, ocorre uma transferência de calor para dentro do sistema; Q negativo ocorre uma transferência de calor para fora do sistema. Assim como, um valor de W positivo significa um trabalho realizado pelo sistema sobre suas vizinhanças (expansão de um gás) e um valor de W negativo, significa um trabalho realizado sobre o gás pelas suas vizinhanças (compressão de um gás). Na Figura 2.13 apresenta-se uma ilustração sobre essa convenção de sinais.

Figura 2.13 – Ilustração sobre a convenções de sinais para Q e W sobre ou pelo sistema.



Fonte: Young e Freedman (2016, p.280).

2.1.3.3 - Energia Interna

Enquanto a energia térmica é a energia contida em um sistema exclusivamente pelo efeito da temperatura, e quando transita de um corpo de maior temperatura para um de menor é chamado de calor, a energia interna é um conceito muito importante na Termodinâmica, e não é fácil defini-la. Podemos simplesmente dizer que ela é a soma das energias cinéticas (translação, rotação e vibração) e potenciais decorrentes das interações (atrativas ou repulsivas) entre as partículas do sistema.

A energia interna (U) não é medida diretamente, ela depende somente da temperatura e dos pontos iniciais e finais de um processo termodinâmico, ela pode variar de um valor inicial U_1 até um valor final U_2 . Essa variação é simbolizada por $\Delta U = U_2 - U_1$.

Quando um sistema recebe calor Q e não realiza nenhum trabalho (logo, $W = 0$) durante o processo, sua energia interna é igual ao calor recebido ($\Delta U = Q$). Quando nenhum calor é fornecido ao sistema e este realiza um trabalho de expansão contra a sua vizinhança, a energia deixa o sistema e sua energia interna diminui. Ou seja, quando W é positivo, $Q = 0$ e $\Delta U = -W$. Quando ocorre transferência de calor com uma realização de trabalho, a variação total da energia interna é dada por:

$$\Delta U = Q - W, \quad (2.16)$$

sendo, ΔU a variação de energia interna do sistema termodinâmico, Q é o calor adicionado ao sistema e W é o trabalho realizado pelo sistema. Young (2016) ainda ressalta que:

Embora Q e W dependam do caminho, $\Delta U = Q - W$ é independente do caminho. A variação da energia interna de um sistema durante qualquer processo termodinâmico depende somente dos estados inicial e final do sistema, e não do caminho que conduz um estado ao outro. (YOUNG e FREEDMAN, 2016, p. 287)

A primeira lei da Termodinâmica é descrita pela equação (2.16), e segundo Ramalho *et. al.* (2016, p. 174), “a variação da energia interna de um sistema é dada pela diferença entre o calor trocado com o meio exterior e o trabalho realizado no processo termodinâmico”. Primeiramente, essa lei tomou como base a transformação em um gás, e é válida para qualquer processo que envolva trocas energéticas.

Em casos onde o processo termodinâmico ocorre lentamente (quasi-estático), como uma sequência contínua de pequenas variações, podemos representar a

primeira lei por infinitesimais, onde uma pequena quantidade de calor δQ é fornecida ao sistema, um pequeno trabalho δW é realizado pelo sistema e sua energia interna sofre variação de uma quantidade dU . Dessa forma, a primeira lei da Termodinâmica fica escrita na forma citada pela equação (2.11), a saber:

$$dU = \delta Q - \delta W .$$

2.1.3.4 – Aplicações da Primeira Lei da Termodinâmica

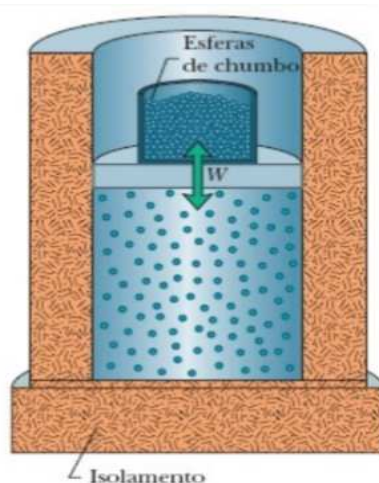
Analisaremos no âmbito da Primeira Lei da Termodinâmica (equação (2.6)), os processos termodinâmicos citados no final da subseção (2.1.3.2).

- **Processo adiabático:** esse processo é caracterizado por não apresentar trocas de calor entre o sistema e o ambiente, de forma que $Q = 0$ na equação (2.16) restando que:

$$\Delta U = - W . \quad (2.17)$$

A Figura 2.14 apresenta uma ilustração de um processo adiabático. Como não há trocas de calor devido ao isolamento térmico, utilizando paredes diatérmicas, a única troca de energia provável ocorre por meio do trabalho. Analisando a equação (2.17), caso as esferas de chumbo sejam removidas, o gás sofre expansão e o sistema realiza trabalho (W é positivo) sobre o ambiente, diminuindo a energia interna. Se acrescentarmos mais esferas, o gás será comprimido e o ambiente realiza trabalho (W é negativo) sobre o sistema, aumentando a energia interna.

Figura 2.14 - Ilustração da análise de um processo adiabático.



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p.445).

Assim, a variação da energia interna pode ser obtida por meio do trabalho, como por exemplo uma das formas apresentadas na Figura 2.12, apresentando os diagramas de Clayperon.

- **Processo a volume constante (Isovolumétrico):** esse processo é caracterizado por não apresentar variação de volume, conseqüentemente o sistema não pode realizar trabalho e, portanto, $W = 0$. Assim, tomando a primeira lei, obtemos:

$$\Delta U = Q \quad . \quad (2.18)$$

Conforme a equação (2.18), se o sistema recebe calor (Q é positivo), a energia interna aumenta. Caso contrário, se o sistema perde calor (Q é negativo), a energia interna diminui. E por meio da equação do calor (2.6(a)) pode-se obter a variação da energia interna.

- **Processo a Pressão constante (Isobárico):** quando a pressão se mantém constante, a primeira lei fica da forma expressa pela equação (2.14), e o diagrama de Clayperon é dada pela Figura 2.12(c). A equação do calor utilizada será a equação (2.6(b)).

- **Processo a temperatura constante (Isotérmico):** quando a temperatura é constante, a variação da energia interna é nula, pois ela depende somente da temperatura e obtém-se novamente a equação (2.18).

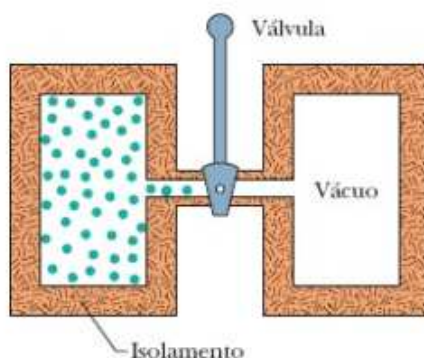
Além disso, há ainda os processos:

- **Processo cíclico:** nesse processo, o sistema volta ao estado inicial após trocas de calor e de trabalho. Nesse caso, a energia interna não sofre variação, tal que $\Delta U = 0$. Assim, tomando a primeira lei, se obtém:

$$Q = W \quad . \quad (2.19)$$

- **Expansões livres:** a Figura 2.15 apresenta um desenho esquemático de um processo de sistema a expansão livre. No estágio inicial, um gás em equilíbrio térmico está confinado por uma válvula fechada em uma das duas câmaras, compondo um sistema isolado. Ao abrir a válvula, o gás se expande ocupando as duas câmaras. Devido ao isolamento, nenhum calor é transferido e também nenhum trabalho é realizado pelo gás, pois ele se desloca para um local vazio, não encontrando nenhuma resistência.

Figura 2.15 – Desenho esquemático de um sistema a Expansão livre. Quando se abre a válvula o gás se expande para o lado vácuo sem realização de trabalho.



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p. 446).

Portanto, esse processo é caracterizado por não haver troca de calor com o ambiente e nenhum trabalho realizado, fazendo com que, $Q = W = 0$. Assim, tomando a primeira lei, obtemos:

$$\Delta U = 0 . \quad (2.20)$$

Por completeza, a seguir apresenta-se sobre a Segunda e Terceira leis da Termodinâmica.

2.1.4 -Segunda Lei da Termodinâmica

Na natureza, muitos processos termodinâmicos ocorrem em um dado sentido, não em sentido oposto. Por exemplo, o fluxo de calor sempre ocorre do corpo mais quente para o corpo mais frio, e nunca ao contrário. Caso fosse possível, a primeira lei da termodinâmica não seria violada, pois a energia seria conservada. Porém, isso não ocorre naturalmente.

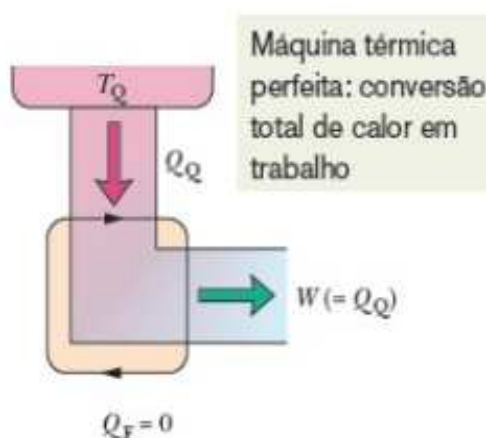
Também pode-se citar a conversão completa da energia mecânica em calor quando se usa o freio do carro, e apesar da existência de vários dispositivos que convertam parcialmente calor em energia mecânica, como o motor de um carro, ainda não existe nenhuma máquina capaz de transformar completamente uma quantidade de calor em energia mecânica.

Essas duas situações estão relacionadas à Segunda Lei da Termodinâmica, que indica os sentidos dos processos termodinâmicos e determina limites para a

eficiência de uma máquina, sendo relevante para inúmeros fenômenos do nosso dia a dia.

Historicamente, a Segunda Lei da Termodinâmica teve origem nos estudos da eficiência das máquinas térmicas. Diversos experimentos indicam a impossibilidade da existência de uma máquina térmica perfeita, capaz de converter completamente calor em trabalho, ou seja, que tenha 100% de eficiência. Uma representação esquemática dessa máquina está apresentada na Figura 2.16.

Figura 2.16 – Desenho esquemático de uma máquina térmica perfeita, ou seja, que converte totalmente calor em trabalho. Em que: T_Q e Q_Q se refere a temperatura e calor da fonte Quente (maior temperatura) e T_F e Q_F se refere a temperatura e calor da fonte Fria (menor temperatura).



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p.567).

O enunciado de Kelvin-Planck para a segunda lei da Termodinâmica informa:

É impossível para qualquer sistema passar por um processo no qual absorve calor de um reservatório a uma dada temperatura e o converte completamente em trabalho mecânico de modo que o sistema termine em um estado idêntico ao inicial. (YOUNG e FREEDMAN, 2016, p. 321).

Conforme esse enunciado, uma substância ao receber ciclicamente uma certa quantidade de calor Q_Q de uma fonte quente, converte uma parte em trabalho e rejeita, obrigatoriamente, uma parte do calor Q_F para uma fonte fria que se encontra numa temperatura T_F inferior a T_Q .

Por meio da 1ª lei da termodinâmica podemos relacionar o calor recebido Q_Q , o calor rejeitado Q_F e o trabalho realizado W :

$$W = |Q_Q| - |Q_F|. \quad (2.21)$$

Esse trabalho é denominado de trabalho útil. Como temperatura é uma grandeza definida para sistemas macroscópicos, e calor só existe quando há uma diferença de temperatura entre corpos macroscópicos, é que justifica a existência de máquinas térmicas. Enquanto o calor transitar do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura há trabalho útil sendo realizado por parte desse calor. E o rendimento de uma máquina térmica é definida como a razão entre o trabalho realizado pela máquina W e a quantidade de calor Q_Q recebido da fonte quente:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q} . \quad (2.22)$$

Substituindo a equação (2.21) na equação (2.22),

$$\eta = \frac{|Q_Q| - |Q_F|}{Q_Q} = 1 - \left| \frac{Q_F}{Q_Q} \right| . \quad (2.23)$$

Em conformidade com o enunciado de Kelvin-Planck, sempre haverá uma perda de calor para uma fonte fria, o rendimento η será inferior a 1, ou seja, menor que 100%.

De uma perspectiva macro, a Segunda Lei da Termodinâmica está baseada na diferença entre a natureza da energia interna e a energia mecânica. No momento que um corpo entra em movimento, suas moléculas iniciam deslocamentos aleatórios sobrepostos ao movimento coordenado de cada molécula na direção da velocidade do corpo. A associação das energias cinéticas e potenciais do corpo e o deslocamento aleatório das moléculas é responsável por sua energia interna.

Um corpo deslizando sobre uma superfície, atinge o estado de repouso devido ao atrito, e o seu movimento coordenado é transformado em movimento aleatório das moléculas e da superfície. Visto que não podemos controlar o movimento de cada molécula, é impossível a conversão completa do movimento aleatório em organizado. Apenas uma parte desse movimento aleatório é convertido, e isso é exatamente o processo que ocorre em uma máquina térmica.

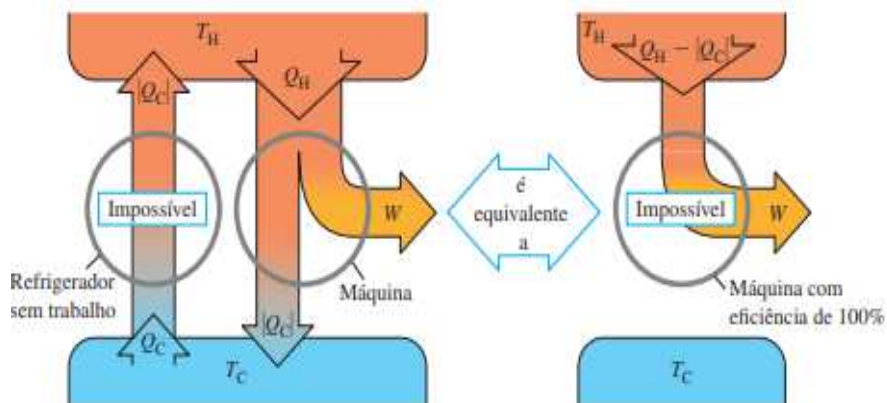
A segunda Lei não é extensão da primeira, ela se comporta de forma independente na natureza. A primeira Lei é baseada no princípio da conservação de energia, enquanto a segunda impõe limitações na disponibilidade da energia, bem como o seu uso e suas transformações.

Como visto anteriormente, o calor flui espontaneamente de um corpo mais quente para o corpo mais frio, e o inverso jamais acontece. Quando analisamos um refrigerador, percebemos que ele retira calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente, porém, isso não ocorre espontaneamente, é necessário o fornecimento de trabalho ou de energia mecânica. De acordo com o enunciado de Clausius: “é impossível a realização de qualquer processo que tenha como única etapa a transferência de calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente” (YOUNG e FREEDMAN, 2016, p. 341).

Os enunciados de Kelvin-Planck e de Clausius são equivalentes e a violação de um enunciado implica na violação do outro. Para ver isso, considere:

- A construção de um refrigerador que não utilizasse trabalho violaria o enunciado de Clausius, caso esse dispositivo fosse usado com uma máquina térmica (Figura 2.17), bombeando o calor rejeitado para ser reutilizado, violaria o enunciado de Kelvin-Planck, pois teríamos uma máquina com 100% de aproveitamento capaz de retirar uma quantidade líquida de calor $Q_Q - |Q_F|$ do reservatório quente e convertê-lo totalmente em trabalho, W , que é impossível.

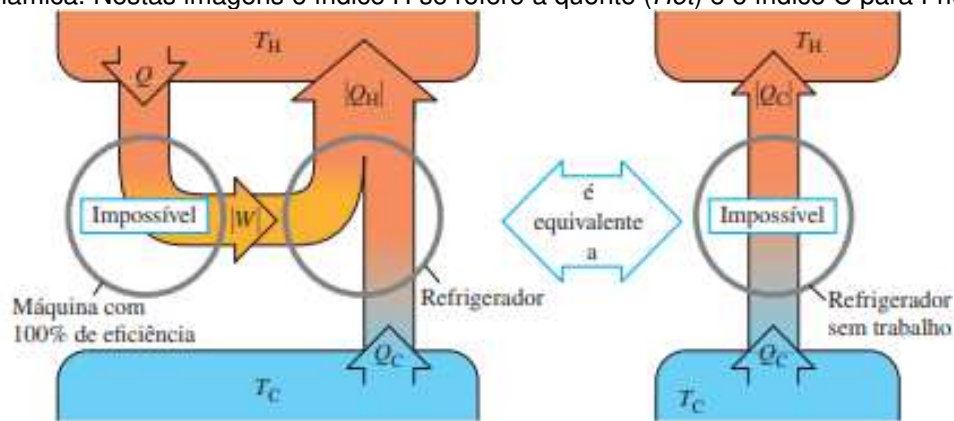
Figura 2.17 - Desenho ilustrando o enunciado de Clausius: “máquina real. Nestas imagens o índice H se refere a quente (*Hot*) e o índice C para Frio (*Cold*).



Fonte: Young e Freedman (2016, p.323).

- Da mesma forma, a construção de uma máquina com 100% de aproveitamento, violaria o primeiro enunciado (Kelvin-Planck), e caso esse dispositivo fosse utilizado como um refrigerador (Figura 2.18), capaz de bombear calor Q_F de um reservatório frio para um reservatório quente sem precisar do consumo de trabalho, violaria o segundo enunciado (Clausius).

Figura 2.18 - Desenho ilustrando o enunciado de Kelvin-Planck: “refrigerador” da Segunda Lei da Termodinâmica. Nestas imagens o índice H se refere a quente (*Hot*) e o índice C para Frio (*Cold*).



Fonte: Young e Freedman (2016, p.323).

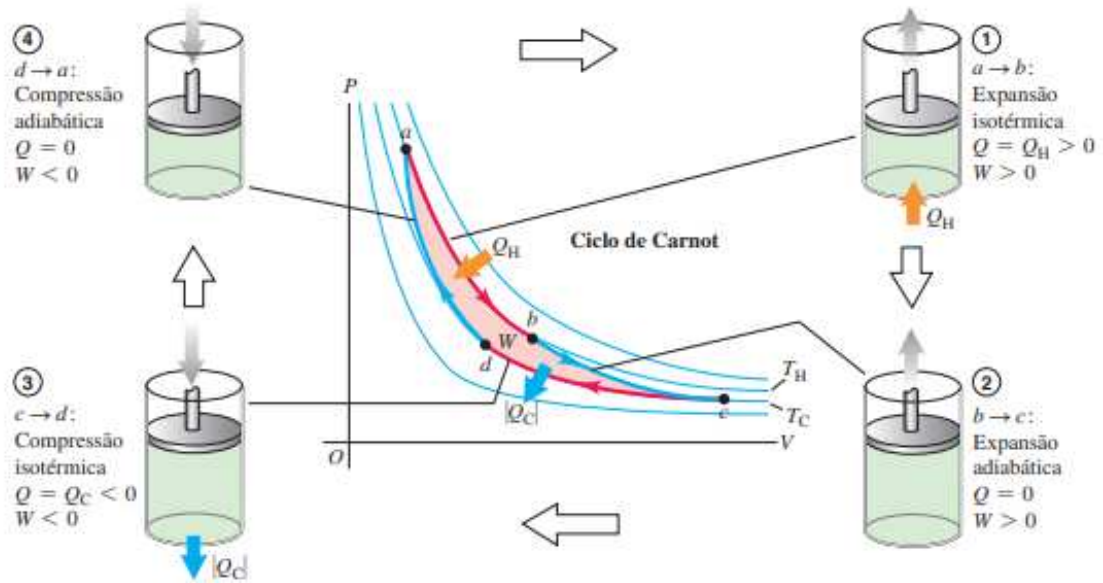
Assim, a criação de um dispositivo que violasse um enunciado da segunda lei, poderia ser utilizado para construir um dispositivo que violasse o outro. E vice-versa.

A Segunda Lei da Termodinâmica enuncia a inexistência de uma máquina térmica capaz de obter 100% de eficiência, e não indica a máxima eficiência que uma máquina pode ter, a partir de dois reservatórios de calor e temperaturas diferentes. Essa máquina hipotética foi proposta em 1824 pelo cientista e engenheiro francês Sadi Carnot, que desenvolveu a teoria para o limite teórico que uma máquina térmica real pode atingir. O ciclo dessa máquina hipotética é conhecido como ciclo de Carnot.

Conforme citado por Nussenzveig (1983, p. 343): “Para que se obtenha o máximo rendimento, é necessário que o processo seja reversível”. Portanto, conforme citado por Young e Freedman (2016, p. 323): “[...] O fluxo de calor através de uma diferença de temperatura finita é um processo irreversível. Portanto, durante a transferência de calor no ciclo de Carnot não deve existir nenhuma diferença de temperatura finita”.

O ciclo de Carnot, é constituído de dois processos isotérmicos e dois adiabáticos e opera em ciclo. A Figura 2.19 mostra as etapas do ciclo de Carnot utilizando um gás ideal dentro de um pistão. Na etapa 1 ($a \rightarrow b$), o gás recebe uma quantidade de calor Q_Q e se expande isotermicamente na temperatura T_Q . Na etapa 2 ($b \rightarrow c$), o gás se expande na transformação adiabática até a sua temperatura cair para T_F . Em seguida, na etapa 3 ($c \rightarrow d$), o gás é comprimido isotermicamente na temperatura T_F , cedendo uma quantidade de calor Q_Q para a fonte fria. Finalizando, na etapa 4 ($d \rightarrow a$), o gás é comprimido adiabaticamente, voltando ao seu estado inicial de temperatura T_Q e o ciclo recomeça.

Figura 2.19 - Ciclo de Carnot para um gás ideal. No diagrama PV, as linhas finas azuis são isotermas e as linhas grossas azuis são curvas adiabáticas. Nestas imagens o índice H se refere a quente (*Hot*) e o índice C para Frio (*Cold*).



Fonte: Young e Freedman (2016, p.324).

Uma máquina de Carnot é uma máquina térmica que possui um ciclo de Carnot reversível portanto válida tanto para máquinas térmicas ($W > 0$) quanto para refrigeradores ($W < 0$) nesse caso o ciclo ocorreria no sentido anti-horário na Figura 2.19. Esse ciclo independe do gás utilizado.

Utilizando assim, um gás ideal, a temperatura permanece constante no processo isotérmico e na etapa 1, a variação de energia interna é nula e de acordo com 1ª Lei da Termodinâmica, o calor recebido é igual ao trabalho realizado pelo gás durante a sua expansão a uma temperatura T_Q . Dessa forma, utilizando a primeira lei da termodinâmica, podemos escrever que:

$$W = Q_Q \quad (2.24)$$

Utilizando a definição de trabalho (equação (2.15)) e a equação (2.12) considerando a variação do volume de um ponto a para b :

$$Q_Q = nRT_Q \ln\left(\frac{V_b}{V_a}\right) \quad (2.25)$$

E de forma análoga para o outro processo isotérmico, o de c para d :

$$Q_F = nRT_F \ln\left(\frac{V_c}{V_d}\right) \quad (2.26)$$

Dividindo a equação ((2.26) pela equação (2.25), obtém-se a razão:

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F \ln\left(\frac{V_c}{V_d}\right)}{T_Q \ln\left(\frac{V_a}{V_b}\right)}. \quad (2.27)$$

Considerando os dois processos adiabáticos para um gás ideal, a primeira Lei da termodinâmica em que $Q = 0$, fornece: $-W = \Delta U$. Substituindo a equação do trabalho (eq. 2.15) e a eq. (2.12). Obtém-se que¹² $TV^{\gamma-1} = \text{constante}$, de forma que: $\frac{V_a}{V_b} = \frac{V_c}{V_d}$. Portanto, da equação (2.27) fica escrita na forma:

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F}{T_Q}. \quad (2.28)$$

Substituindo a equação (2.28) na equação (2.22) o rendimento de uma máquina de Carnot fica dependente somente das temperaturas de ambos os reservatórios:

$$\varepsilon_C = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = \frac{T_Q - T_F}{T_Q}. \quad (2.29)$$

Assim, quanto maior a diferença de temperatura entre os reservatórios maior o rendimento, e quanto menor a diferença de temperatura menor o rendimento, e as temperaturas nunca serão iguais e a temperatura do reservatório frio nunca será nula.

Um experimento em que se calcula o rendimento de uma máquina via dispositivo de Peltier e o rendimento de Carnot, está apresentado na referência Mukai e Fernandes (2018) e sobre o funcionamento de um refrigerador usando também pastilhas Peltier na dissertação de mestrado do MNPEF de Campanholi Junior (2019).

A Segunda Lei da Termodinâmica também pode ser enunciada em termos do conceito de entropia. A concepção de entropia nos ajuda a entender porque alguns processos aparentemente possíveis nunca ocorrem naturalmente, como a pipoca voltar a ser milho¹³, sendo esse dito um processo irreversível. Não há como o amido

¹² Considerou-se ainda a relação $R = c_p - c_v$, e $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$, a razão entre o calor específico a pressão constante e a volume constante.

¹³ A pipoca é constituída de amido e água no seu interior. Para que ela estoure e vire aquela “espuma” branca é necessário que a água (14%) mude de estado líquido para vapor, e que a pressão do vapor seja suficiente para romper a casca e a pressão externa a ela. Devido ao seu formato na base onde ela está aderida ao sabugo a pressão deveria ser maior por ser uma área menor. Assim a pipoca sem danos na sua superfície, estoura a uma temperatura próximo a 180° C, acima disso ela queima, e abaixo não estoura. Fonte: Lohner S. (2016). *Scientific American*, disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/explore-the-pop-in-popcorn/#:~:text=The%20reason%20why%20popcorn%20pops,of%20pressure%20inside%20the%20kernel>>. Acesso em 18 set. 2023. Olha a Termodinâmica em uma pipoca!

em forma de uma “espuma” sólida branca retornar a ser pó, reconstituir o grão com a água interna que havia antes de estourar, recompor a “casca” e voltar a ser um grão.

A entropia mede quantitativamente a desordem de um sistema, ela não obedece a uma lei de conservação como o conceito de energia. De acordo com o postulado da entropia, “todos os processos irreversíveis em um sistema fechado são acompanhados por aumento da entropia” (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 552).

Para melhor compreensão desse conceito, considere uma expansão isotérmica de um gás ideal. Acrescente uma certa quantidade de calor dQ e observe o gás se expandir enquanto a sua temperatura permanece constante. A energia interna do gás permanece constante, pois depende somente da sua temperatura, assim, em consonância com a primeira lei, o trabalho dW realizado pelo gás (equação (2.15)) é igual ao calor dQ fornecido ao gás. Assim, $dQ = dW = PdV$. Como o gás é ideal, utiliza-se a equação de estado dos gases ideais (equação (2.12)): $P = \frac{nRT}{V}$:

$$dQ = PdV \rightarrow dQ = nRT \frac{dV}{V} , \quad (2.30)$$

dividindo a equação (2.30) por T se obtêm

$$\frac{dQ}{T} = nR \frac{dV}{V} . \quad (2.31)$$

Devido à expansão, o gás passa a um estado mais desordenado, pois suas partículas se movem aleatoriamente em um volume maior. Com isso, a equação (2.31) informa que a variação de volume dV/V torna-se uma estimativa do aumento de desordem, sendo essa razão proporcional à grandeza dQ/T .

Utilizamos o símbolo S para entropia e durante um processo reversível infinitesimal, determinamos a variação infinitesimal de entropia dS em uma temperatura T pela relação

$$dS = \frac{dQ}{T} . \quad (2.34)$$

Se durante um processo isotérmico reversível uma quantidade de calor Q for fornecida a uma temperatura absoluta T , teremos uma variação total de entropia $\Delta S = S_2 - S_1$ dada por:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = Q/T. \quad (2.35)$$

A unidade de entropia e de sua variação, no sistema internacional (SI), é Joule por Kelvin (J/K). Analisando todo o processo, percebemos que a razão Q/T está

associada ao aumento da desordem e que um aumento de temperatura provoca um movimento mais aleatório. Conforme Young (2016):

Se a substância está inicialmente fria, com movimento molecular pequeno, o fornecimento de calor Q produz um aumento fracionário substancial no movimento e no estado aleatório das moléculas. Se, no entanto, a substância já está quente, a mesma quantidade de calor fornecido produz um aumento relativamente menor no já elevado movimento molecular existente. Portanto, o quociente Q/T caracteriza o crescimento da desordem de modo apropriado quando o calor flui para o interior de um sistema. (YOUNG e FREEDMAN, 2016, p. 350)

Em qualquer processo reversível que leva o sistema de um estado a outro independente de ser isotérmico ou não, podemos desenvolver a variação de entropia como uma série de etapas infinitesimais reversíveis. Assim, fornecemos durante uma fase específica, uma quantidade de calor infinitesimal dQ a temperatura absoluta T . Logo após integramos todas as relações dQ/T , isto é,

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}, \quad (2.36)$$

em que, ΔS é a variação da entropia em um processo reversível; 1 representa o limite inferior (estado inicial); 2 representa o limite superior (estado final); dQ é o fluxo de calor infinitesimal para dentro do sistema e T é a temperatura absoluta.

A variação da entropia $\Delta S = S_2 - S_1$, não depende do caminho com que o sistema vai de um estado para outro, depende apenas do estado presente. Dessa forma, independentemente do percurso traçado do estado inicial para o estado final (assim ela é uma variável de estado), a variação da entropia será a mesma em todos os processos. A entropia deve possuir um valor fixo para qualquer estado do sistema.

Em processos irreversíveis, o cálculo da variação da entropia muda um pouco. Pelo fato que a entropia é uma função apenas do estado do sistema, é necessário imaginar um caminho que conecte o estado final ao inicial e que seja formado totalmente por processos reversíveis, e depois calcular a variação da entropia nesse suposto caminho. De acordo com Halliday (2016):

A variação de entropia ΔS em um processo irreversível que leva um sistema de um estado inicial i para um estado final f é exatamente igual à variação de entropia ΔS em qualquer processo reversível que envolva os mesmos estados. (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 550)

Apesar de não ser o caminho real, a variação de entropia deve possuir o mesmo valor que a obtida no caminho real.

A entropia é uma outra forma de expressar a Segunda Lei da Termodinâmica, sua relação com os enunciados de Kelvin-Planck e Clausius, analisando Em um ciclo de Carnot, a variação da entropia (será apresentada mais adiante) é dada pela razão entre a quantidade de calor e a respectiva temperatura ($\Delta S = Q/T$, tal que:

$$\Delta S_{Carnot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 = \frac{|Q_H|}{T_H} + 0 + \frac{|Q_C|}{T_c} + 0.$$

A variação da entropia nas etapas 2 e 4 é nula, pois são transformações adiabáticas. Portanto, a variação da entropia total em um ciclo de Carnot é escrita por:

$$\Delta S_{Carnot} = \frac{|Q_H|}{T_H} + \frac{|Q_C|}{T_c} = 0 \rightarrow \frac{|Q_H|}{T_H} = -\frac{|Q_C|}{T_c}.$$

Como o calor do reservatório de menor temperatura é o calor cedido, seu valor é negativo, assim para qualquer processo reversível

$$\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_C}{T_c}$$

Como foi apresentado (equação (2.4)) a razão Q/T é definida como a variação de entropia para um processo reversível e tem-se que

$$\Delta S_{total} = -\frac{Q_H}{T_H} + \frac{Q_C}{T_c} = 0.$$

Assim, a entropia em um processo reversível (hipotético) é o mesmo de um processo irreversível (real), pois depende somente dos estados inicial e final,

$$\Delta S_{irrev.} = \Delta S_{rev.} = S_f - S_i.$$

- Para sistemas fechados (isolados) $\Delta S_{Univ.} \geq 0$ (o sinal > 0 para processos irreversíveis (indicando uma não conservação) e $= 0$ para processos reversíveis. Conforme citado por Nussenzveig, 2002, p. 230: “Num sistema isolado, é o princípio do aumento da entropia que permite dizer em qual sentido devem ocorrer os processos naturais que ocorrem espontaneamente na natureza é sempre no sentido que a entropia aumenta”.
- Para sistemas abertos $\Delta S_{sist} < 0$ e $\Delta S_{meio} > 0$ tem se que: $\Delta S_{sist} + \Delta S_{meio} > 0$, que a entropia sempre aumenta.

Observa-se assim que o calor não tem mais a função principal de elevar ou diminuir a temperatura de um sistema, e sim de alterar a sua estrutura. Isso pode ser observado em um exemplo comum à do recipiente com gelo. O gelo, água em estado sólido e ordenado, derrete em situações ideais de forma espontânea à temperatura constante de fusão (0°C) até atingir a forma líquida, fluida e desordenada, e somente após algum tempo entra em equilíbrio térmico com a temperatura do ambiente.

Quando se trata a entropia em termos da escala microscópica, a ênfase passa a ser em termos de probabilidade, tratada pela Mecânica Estatística, e entra em ação Boltzmann e sua famosa equação

$$S = k \log \Omega_p,$$

informando que quanto maior o número de arranjos Ω_p (microestados) possíveis para elementos do sistema maior a entropia e menor a probabilidade de retornar ao estado inicial de forma espontânea, sendo $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K a constante de Boltzmann.

Uma terceira forma de enunciar a Segunda Lei da Termodinâmica:

“A entropia total de um sistema isolado aumenta (processos irreversíveis) ou permanece constante (processos reversíveis), nunca diminui”.

Assim, a irreversibilidade para processos reais de forma espontânea aparece nos enunciados de Kelvin-Planck, Clausius, de entropia em sistemas macroscópicos e microscópicos, que são formas de enunciar e analisar a Segunda Lei da Termodinâmica. E, em todos eles apresenta uma energia não utilizável para realização de trabalho: no caso macroscópico, máquinas térmicas, além do calor rejeitado para a fonte de menor temperatura, há a entropia que é a quantidade de calor que poderia ser utilizado para realizar trabalho e não foi. E no caso microscópico [essa energia inutilizável] é o calor que foi usado para aumentar o número de multiplicidade do sistema.

Lembrando que para escalas microscópicas há uma limitação da Segunda Lei da Termodinâmica, conforme divulgado em um texto da USP que trata sobre o “Demônio de Maxwell¹⁴”:

“Entretanto, em 2014 um grupo de cientistas realizou um experimento com uma esfera com menos de 100 nanômetros de diâmetro levitando-a numa

¹⁴ Uma sugestão de referência sobre esse assunto: Mattos, C. e Hamburguer, A. I. HISTÓRIA DA CIÊNCIA, INTERDISCIPLINARIDADE E ENSINO DE FÍSICA: O PROBLEMA DO DEMÔNIO DE MAXWELL - Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 477-490, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/bp88Dmb4fBxbNKxk6YChSWw/?format=pdf&lang=pt>> . Acesso: 21 set. 2023.

armadilha de lasers e resfriaram-na a uma temperatura abaixo do gás que a circundava. Constataram que por alguns momentos a transferência de calor violava a segunda lei da termodinâmica, transferindo calor para o meio (a uma temperatura maior). O experimento confirmou a teoria dos pesquisadores, que demonstra as limitações da Segunda Lei em escala atômica e molecular, substituindo o determinismo da lei em macroescala pela imprecisão probabilística típica da nanoescala. (<http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Dem-nio-de-Maxwell.pdf>, s.d. p.2. Acesso em: 21 set. 2023)

E por fim, apresenta-se a Terceira Lei da Termodinâmica.

2.1.5 – Terceira Lei da Termodinâmica

A Terceira Lei da Termodinâmica, está relacionada com a temperatura do zero absoluto (0K) e a entropia, foi desenvolvida entre os anos de 1906 e 1912, por Walther Nernst. Ela informa que é impossível alcançar uma temperatura igual ao zero absoluto mediante um número finito de processos físicos. Portanto, a entropia terá um valor mínimo quando o sistema se aproxima da temperatura do zero absoluto. No caso, conforme a temperatura diminui, o sistema terá uma entropia de valor constante específico.

Fechando esta seção de pelo menos um ponto de como as leis da Termodinâmica se relacionam de alguma forma com o tema do presente trabalho a Astrobiologia, mais precisamente em relação ao Universo:

- A Lei Zero introduz os conceitos de temperatura, equilíbrio térmico e calor (energia que flui de um corpo de maior temperatura para um de menor temperatura), todos presentes para a compreensão do início do Universo, bem como da existência e manutenção de Vida em um planeta. Como será visto na próxima seção.
- A Primeira Lei implica que o Universo iniciou com uma energia finita utilizável (energia livre) em que uma parte é utilizada para realizar trabalho e a outra em energia interna.
- A entropia informa sobre o grau de desordem de um sistema, e a desordem aparece em uma agitação térmica, portanto ligada a grandes temperaturas como houve na teoria do modelo padrão que considera o *Big Bang* como a origem do Universo¹⁵. Considerando que a entropia no Universo somente aumenta e, se continuar aumentando, no futuro ocorrerá o que é conhecido como “morte térmica”

¹⁵ Uma discussão bem interessante sobre a seta do tempo termodinâmica e a seta do tempo cosmológico está no livro do Prof. Moisés Nussenzveig seção 12.6 do volume 2.

em que a entropia é máxima, ou seja, grau máximo de desordem que o Universo poderá atingir, e não teria mais energia livre que pudesse sustentar Vida e movimento no Universo, restando somente “o grande frio”. (LATHIA *et al.*, 2015). A saber, essa ideia de morte térmica do Universo iniciou com Willian Thomson (Lord Kelvin) em 1852 e publicado em 1862:

The result would inevitably be a state of universal rest and death, if the universe were finite and left to obey existing laws. But it is impossible to conceive a limit to the extent of matter in the universe; and therefore science points rather to an endless progress, through an endless space, of action involving the transformation of potential energy into palpable motion and hence into heat, than to a single finite mechanism, running down like a clock, and stopping forever. (THOMSON, 1862)

O resultado seria inevitavelmente um estado de repouso e *morte* universal, se o universo fosse finito e deixado a obedecer às leis existentes. Mas é impossível conceber um limite para a extensão da matéria no universo; e conseqüentemente a ciência aponta a um progresso infinito, através de um espaço infinito, da ação envolvendo a transformação da energia potencial no movimento palpável em *calor*, do que a um único mecanismo finito, funcionando decrescentemente como um relógio, e parando para sempre. (Wikipedia Morte Térmica, 2005- acesso: 2023),

sendo essa apenas uma das teorias sobre o fim do Universo. Há outras como, por exemplo, o “*Big Crunch*” em que o Universo colapsa em um único ponto (PACHECO, 2021).

2.2 - Astrobiologia

Desde os primórdios da humanidade, questões como a origem da vida e a possibilidade de existência de vida extraterrestre sempre exerceram grande fascínio aos seres humanos. Durante muito tempo esses temas foram abordados de maneira filosófica ou no âmbito religioso.

A Astrobiologia é a ciência que mais concentra esforços em tentar responder essas perguntas, sendo considerada a área da ciência que dedica a entender a origem, a evolução, a distribuição e o futuro da vida no universo e aborda questões fundamentais, por exemplo: "Qual a origem da vida?", "Estamos sozinhos no Universo?", e "Qual poderia ser o futuro da humanidade no espaço?" (BLUMBERG, 2003, p. 465).

Friaça (2010) afirma que o termo Astrobiologia:

[...] envolve a fusão de duas disciplinas tradicionais, a Astronomia e a Biologia, e integra imediatamente a Física, Química e Geologia. Incorpora

também as ciências que surgiram no século XX do cruzamento interdisciplinar das ciências clássicas acima: astrofísica, bioquímica, geofísica, geoquímica, biologia molecular. Além disso, abriga também as ciências novíssimas de importância crescente no século XXI: ecologia, ciências da complexidade, ciências planetárias, ciências atmosféricas, teoria da informação, nanociências, biologia sintética. (FRIAÇA, 2010, p. 97)

No contexto histórico, na Grécia antiga, Epicuro (341–270 a.C.) escreveu sobre a questão da vida em outros planetas, defendendo a ideia de um Universo infinito. Aristóteles (384 – 322 a.C.) formulou uma teoria para explicar a origem de vida na Terra, esta teoria considerava a existência de dois princípios: a matéria e a forma, esses elementos poderiam se combinar, originando a "vida".

É difícil determinar com precisão o primeiro uso do termo astrobiologia, segundo Janet Morrison, primeira curadora dos arquivos do Instituto de Astrobiologia da NASA (*National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional Aeronáutica e Espacial), a primeira referência registrada ao nome Astrobiologia é de Lawrence Lafleur em 1941. Outras citações antigas desse termo são de Struhold (1953), Pereira (1958), Blumberg (2003) e Paulino-Lima & Lage (2010).

A concepção atual do termo Astrobiologia apoia-se nos programas de exobiologia criados durante a Guerra Fria (1945 - 1991), disputa pelo poder entre as duas potências econômicas do pós-Segunda Guerra Mundial: Estados Unidos e União Soviética. Essa disputa se manifestou tanto na superioridade tecnológica quanto na corrida espacial. Durante esse período conhecido como corrida espacial, ocorreu uma determinada preocupação com possíveis problemas causados pelo ambiente extraterrestre nos astronautas. Dessa forma, a NASA preocupou-se em realizar pesquisas sobre o efeito do ambiente espacial em organismos vivos, a existência de vida fora da Terra e as doenças que os possíveis seres extraterrestres poderiam trazer para o nosso planeta.

Como resultado dessas preocupações e interesses, surgiu o programa de exobiologia da NASA. Entretanto, essa recente área de estudo não agradou alguns setores de pesquisa que se sentiram ameaçados com essa nova competidora no financiamento governamental. Mesmo assim, a exobiologia conseguiu se consolidar pelo apoio do governo e interesse de vários cientistas, como o médico vencedor do prêmio Nobel Joshua Lederberg, o criador do termo "exobiologia", termo usado para descrever a busca científica de vida fora da Terra. (RODRIGUES *et al.*, 2016, p. 28).

Em função do aumento do número de pesquisas e das dificuldades nas missões espaciais, a NASA optou por mudar o termo exobiologia para o uso do termo Astrobiologia originando uma área de estudo cujo enfoque era o estudo da vida na Terra e no Universo. Atualmente, a Astrobiologia é considerada uma área de pesquisa sólida, com a ampliação de suas metas e por sua própria evolução, ao se tornar uma ferramenta de integração muito eficiente, unindo pesquisadores de diferentes áreas para trabalharem com um enfoque inter e multidisciplinar em estudos que envolvam a vida no Universo.

2.2.1 - Temas Tratados pela Astrobiologia

A utilização de elementos da física, química, astronomia e biologia é prática imprescindível em temas como a origem, evolução, distribuição e o futuro da vida no Universo, uma vez que esses questionamentos não podem ser esclarecidos por um único instrumento e sim pela colaboração de áreas distintas.

A seguir são apresentados alguns dos temas centrais da Astrobiologia. Todavia, ela ainda é uma área muito recente e em formação, sendo que novos temas podem vir a serem incorporados.

2.2.1.1 - Cosmologia e Astrofísica

O Universo teria surgido há aproximadamente 13,7 bilhões de anos, por meio do evento conhecido como *Big Bang*. Segundo essa teoria, todo o conteúdo do Universo estaria concentrado em um estado extremamente denso e quente e abruptamente iniciou-se uma expansão. Logo após a sua origem, ocorreu um processo chamado “inflação cósmica” que consistiu em uma repentina expansão do Universo seguido de uma diminuição da sua temperatura e densidade, proporcionando um meio favorável para o surgimento dos primeiros prótons e nêutrons, que se combinaram formando assim núcleos mais pesados.

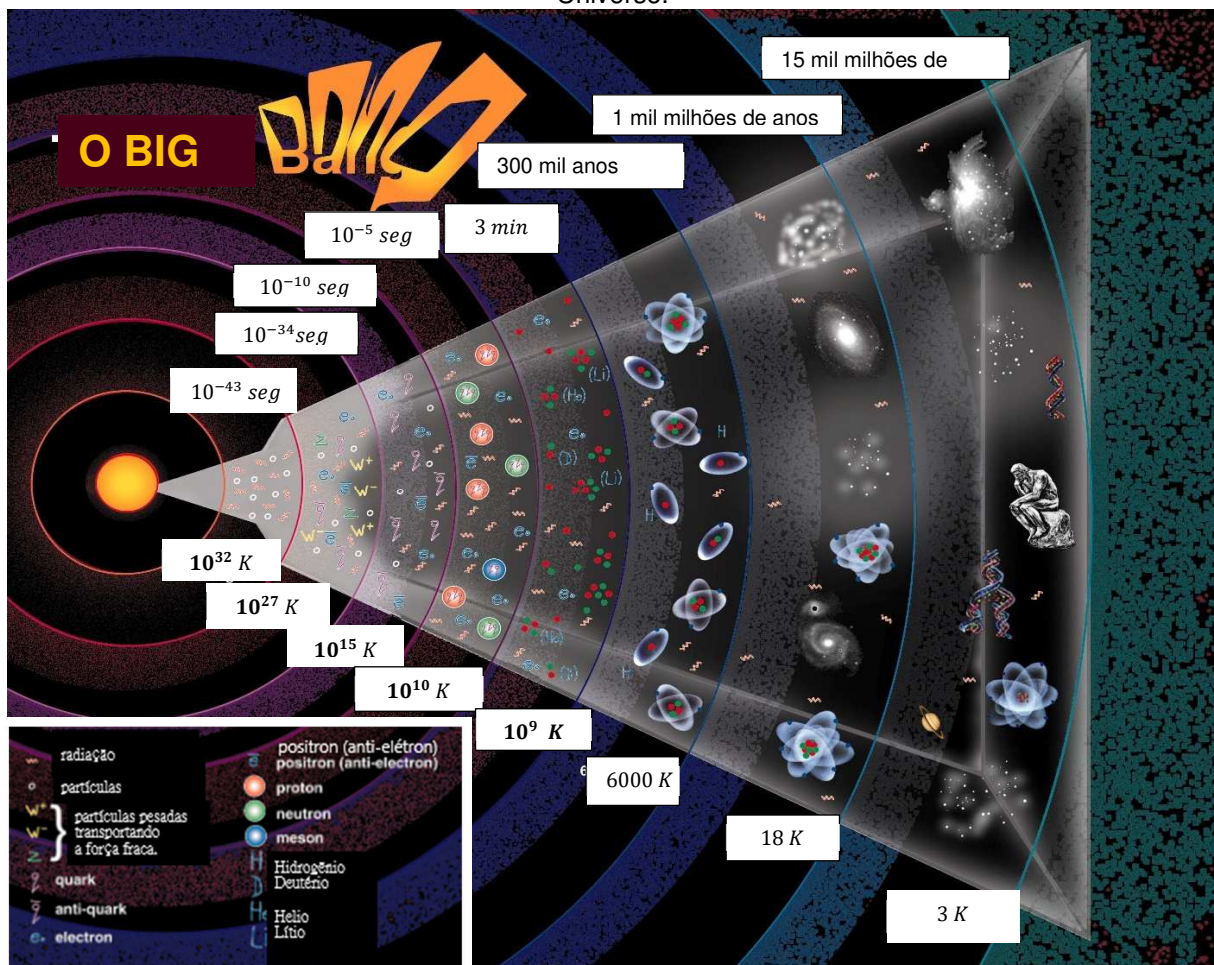
Durante a evolução do Universo, foram surgindo irregularidades na densidade de matéria, evidenciando o seu acúmulo em determinados locais onde o potencial gravitacional era maior. A gravidade moldou a geometria do Universo até a formação das galáxias e estrelas, servindo como fonte de energia para os processos de fusão nuclear estelar. “Dessa maneira, o entendimento dos mecanismos físicos do Universo

é essencial para entendermos a origem e a modificação da matéria-prima para os planetas e para a vida”. (RODRIGUES *et al.*, 2016, p. 31).

2.2.1.2 - Astroquímica

Com a constante expansão e esfriamento do Universo, os núcleos produzidos no *Big Bang* foram se espalhando e capturando elétrons, formando os átomos. Por interação das forças eletrostáticas surgiram as ligações químicas e as moléculas (Figura 2.20). Essas reações aconteceram lentamente em razão da baixa densidade do Universo. Atualmente somos capazes de detectar uma complexidade de assinaturas moleculares, inclusive orgânicas, por meio da análise dos comprimentos de onda das moléculas. “Essas moléculas forneceram a matéria-prima para que a química prebiótica ocorresse em nosso planeta e a vida surgisse”. (BOECHAT-ROBERTY, 2016, p. 32).

Figura 2.20 – Desenho ilustrativo sobre o processo desde o *Big Bang* até o surgimento da vida no Universo.



Fonte: adaptado de <<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/cosmo3.html>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

Identificar a composição química dos planetas, estrelas e de outros objetos encontrados no Universo possibilita a compreensão dos mecanismos de evolução da Terra.

A Astroquímica é dividida em três ramos principais:

- Astroquímica Observacional – área responsável pela análise do comprimento de onda das moléculas.
- Astroquímica Teórica – criação de modelos teóricos com o intuito de tentar descrever diferentes cenários físico-químicos.
- Astroquímica experimental – procura investigar por meio de experiências laboratoriais a formação, sobrevivência e presença de moléculas em determinados meios.

2.2.1.3 - Química prebiótica e origem da vida

A Química prebiótica pesquisa as reações químicas que poderiam ter auxiliado para o surgimento da vida em nosso planeta. Há um interesse em qualquer reação que poderia levar à formação de alguma molécula que seja hoje vital para os seres vivos como as proteínas, lipídios, ácidos nucleicos entre outros ou um metabolismo primitivo. Porém, esse processo de formação de moléculas complexas, com funções biológicas como armazenamento de informação química e de energia, estrutura etc., não está completamente compreendido. O procedimento de como essas moléculas se organizaram em sistemas químicos independentes capazes de se multiplicar e evoluir, é um dos temas mais desafiadores na pesquisa sobre a origem da vida.

Todos esses processos teriam que ser realizados simulando o ambiente da Terra primitiva. Os dados geoquímicos e geológicos de composição da Terra, desde sua formação até o presente momento, são indispensáveis para selecionar os possíveis ambientes em que essas reações teriam ocorrido. Dessa forma, diversas etapas desses processos não foram esclarecidas pela ciência.

2.2.1.4 - Fósseis: a história da vida em nosso planeta

Os fósseis são importantes ferramentas para compreendermos quais foram os primeiros seres vivos que habitaram o planeta e a evolução da vida na Terra.

Encontrar indícios de vida passada é igualmente importante para a busca de vida extraterrestre. Para os astrobiólogos, a maioria dos organismos já se extinguiram,

deixando vestígios, análogos ao que conhecemos como fósseis, relevantes para a busca de sinais de vida fora da Terra. Por mais contraditório que pareça, esses materiais foram encontrados em nosso próprio planeta, porém suas origens não foram totalmente comprovadas, alguns cientistas alegam que no passado, corpos celestes chocaram-se contra Marte, fazendo com que rochas marcianas caíssem na Terra. Essa alegação foi comprovada ao estudarem sua composição, em que perceberam que tais rochas não eram terrestres.

A procura por organismos extraterrestres é sobretudo uma forma de entendermos qual o nosso papel no Universo e por meio dos estudos de fósseis extraterrestres possamos definir melhor o fenômeno conhecido como vida.

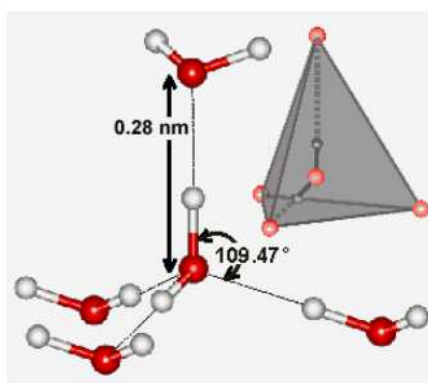
Um dos elementos principais para a existência de vida em um planeta é a presença de água. De forma que a seguir será apresentada uma subseção sobre a água e seus estados físicos. Normalmente é explorada no âmbito da Termodinâmica ou no ensino Fundamental em Ciências, e para evitar quebra no conteúdo das Leis da Termodinâmica optamos por colocar no âmbito da Astrobiologia.

2.2.2 - A Água e seus Estados Físicos

A água é considerada um fluido complexo, pois possui muitas propriedades existindo grupos de pesquisa que se dedicam somente a esse estudo, como por exemplo a da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, liderado pela Profa. Dra. Márcia Barbosa. No “Aprendendo com as esquisitices da água” (BARBOSA, 2015), ela apresenta alguns comportamentos da água, e de como as anomalias existentes em seu comportamento são importantes para a manutenção da Vida no Planeta.

A água é o líquido mais abundante em nosso planeta, essencial para a existência da Vida. Quando pura, é formada por uma molécula de oxigênio e duas de hidrogênio (H_2O). Ocupa 2/3 da superfície de nosso planeta e, dessa quantidade, somente 2,5% é referente a água doce (consumível). As ligações entre a molécula de oxigênio e hidrogênio são do tipo covalentes, cada uma com energia aproximada de $492,148 \cdot 10^3 \frac{J}{mol}$. Lembrando que $1 \text{ mol} \approx 3 \times 10^{23} \text{ moléculas}$. O ângulo entre as ligações é de 104° e só podem ser combinadas a outras moléculas de hidrogênio formando um tetraedro (Figura 2.21) a uma distância de $0,28 \text{ nm}$ ($1 \text{ nano} = 10^{-9}$), com um ângulo de $109,47^\circ$ entre elas. (BARBOSA, 2015).

Figura 2.21 – Ilustração de moléculas de água agrupadas por meio da molécula de Hidrogênio formando um tetraedro.



Fonte: Chaplin M. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tetrahedral-hydrogenbonding-in-water.gif> apud Barbosa, 2015.

A água pode apresentar três fases ou estados físicos: sólido (gelo), líquido (água líquida) ou gasoso (vapor d'água). Esses estados podem sofrer alterações dependendo das variáveis termodinâmicas como a pressão e a temperatura.

Segundo os autores, do Val, Domingues e Matencio: *fase é a parte do sistema de composição e propriedades físicas uniformes. Essa definição incluem os estados físicos da matéria: líquido, gasoso ou sólido.* (do VAL, DOMINGUES e MATENCIO, 2013, p.45).

Na fase gasosa, as moléculas apresentam um alto grau de liberdade de movimentação, conseqüentemente as forças de coesão entre as moléculas são pouco intensas. A substância nessa fase não possui nem forma e nem volumes definidos.

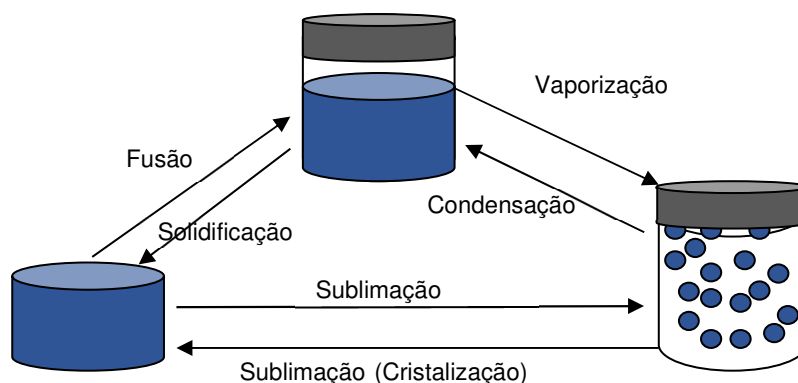
Na fase líquida, a distância média entre as moléculas é menor do que nos gases, considerando a mesma pressão, e ainda apresentam um certo grau de movimentação. A força de coesão intermolecular é maior e assim como os gases, as moléculas do líquido possuem energia cinética vinculada à temperatura. A sua forma é definida pelo recipiente que o contém e o seu volume pela quantidade de substância envolvida.

Na fase sólida, as moléculas estão muito próximas e dispostas com regularidade, inibindo a sua movimentação, formando um arranjo denominado retículo cristalino. Os sólidos possuem formas e volumes constantes devido à força de coesão entre as moléculas, permitindo uma melhor estruturação.

Uma substância pode passar de um estado físico para outro ocorrendo uma mudança de fase ou mudança de estado de agregação. As prováveis mudanças de

estados físicos para a água e seus respectivos nomes estão representadas na Figura 2.22.

Figura 2.22 – Ilustração da nomenclatura dada para cada mudança de fase para a água.



Fonte: cedido por H. Mukai, 2021. Adaptado da referência Ramalho *et al.*, 1977.

As moléculas de uma substância sólida quando recebem calor, passam a se agitar mais intensamente, e se a temperatura de fusão for alcançada, a agitação térmica será suficiente para quebrar a estrutura cristalina e elas terão um maior grau de movimento, característico dos líquidos. Durante esse processo, a temperatura permanece a mesma, pois a troca de calor corresponde à energia necessária para romper o retículo cristalino.

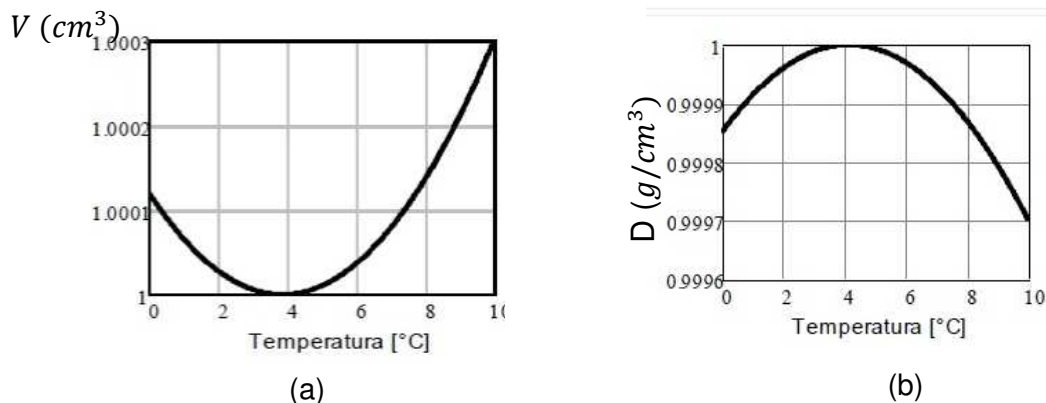
Após o término da fusão, o líquido formado pode ser aquecido, aumentando novamente a sua agitação térmica. Caso a temperatura de ebulição seja atingida, o calor recebido pelo líquido representa a energia necessária para desfazer a força de coesão entre as moléculas, fazendo o líquido ferver. Durante esse processo novamente a temperatura não se altera.

No caso da água, ela apresenta um comportamento diferente (anomalia) dos demais líquidos. Entre 0°C e 4°C, a densidade da água aumenta, devido à diminuição de seu volume, e acima de 4°C seu volume aumenta, conforme citado por Barbosa, 2015:

A maioria dos materiais contraem ao serem resfriados. A água se comporta como um líquido normal, se contraindo com a diminuição da temperatura, em condições atmosféricas somente para $T > 4^{\circ}\text{C}$. Para valores menores de temperatura, a água se expande com a diminuição da temperatura o que é contraintuitivo. A densidade da água tem, portanto, um máximo a $T = 4^{\circ}\text{C}$ e a 1 atm . (Barbosa, 2015, p. 5101-2)

Na Figura 2.23 (a) apresenta-se o comportamento da água em um esboço de gráfico o volume em função da temperatura e em (b) da densidade em função da temperatura, ilustrando a explicação anterior.

Figura 2.23- Esboço do comportamento de gráficos (a) Volume (V) versus temperatura (T) e em (b) da densidade (D) versus temperatura (T), indicando o comportamento anômalo (diferente do normal) para 1 grama de água, a $T = 4^\circ\text{C}$.



Fonte: < <https://www.estudavest.com.br/questoes/?id=46245>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

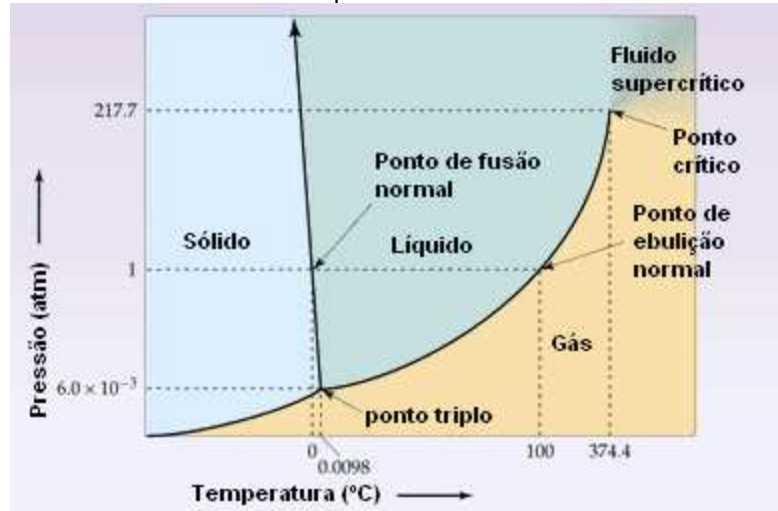
Portanto a água em forma de gelo (0°C) flutua na água líquida a 4°C , pois sua densidade será menor. É desse modo que se mantêm a fauna de peixes e plantas em rios, lagos ou mares em regiões com temperaturas negativas. Pois diminuindo a temperatura ambiente, por convecção, esfriará a água, pois terá uma densidade maior que a água do fundo, que subirá por estar a uma temperatura maior, conforme visto na seção anterior. Essa convecção cessa quando a água atingir os 4°C , pois atinge a densidade máxima, e o meio externo continua diminuindo a temperatura, formando a camada de gelo na parte superior e líquida na parte inferior onde a temperatura continua a 4°C .

Na Figura 2.24, apresenta-se o diagrama de fases para a água mostrando que a água possui um ponto de coexistência denominado de ponto triplo, em que as três fases da água ficam em equilíbrio, que ocorre a pressão de $0,006\text{ atm}$ e temperatura de $0,01^\circ\text{C}$. Há também o ponto crítico que é a maior temperatura no estado de vapor

No ponto triplo, a substância no estado em ebulição faz com que as moléculas subam como um gás, estado em que a temperatura é gradualmente reduzida e o faz congelar. Esse processo continua enquanto a substância permaneça nesta pressão e temperatura. Uma alusão ao ponto triplo da água está disponível no vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=KGyC47CtaFc&t=53s>, em que se mostra o ponto

triplo do Ciclo-Hexano. No ponto triplo a pressão e temperatura são únicas para as três fases, elas se encontram em equilíbrio termodinâmico.

Figura 2.24 – Gráfico da pressão versus temperatura apresentando as fases da água, o ponto triplo, o ponto crítico.



Fonte: <<https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>>; Acesso em: 10 mar. 2023.

Na natureza, a água possui um ciclo (Figura 2.25), em que a água do mar evapora sofre condensação, fica armazenado na atmosfera, precipita, escorre em rios e retorna para o mar.

Figura 2.25 – Desenho esquemático apresentando o ciclo da água.



Fonte: John M. Evans/USGS-USA Gov - <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.htm>>I apud wikipedia 2016. Acesso em: 30 mar. 2023.

Assim, a água dos oceanos após evaporar não é salgada, pois as moléculas de cloreto de sódio não evaporam com as gotículas de água com a incidência de energia solar. Apresentados os conceitos de temperatura e calor, introduzimos a água e suas fases e o seu ciclo no planeta Terra.

2.2.3 - Vida em Ambientes Extremos da Terra

Os ambientes podem ser muito agressivos no Universo: forte incidência de radiação, frio ou calor extremo, ausência de água, condições químicas adversas e pressões milhares de vezes maiores que na superfície da Terra. O nosso planeta possui regiões onde as condições ambientais também são extremas, e podemos estudar esses lugares como modelos de ambientes extraterrestres como ilustrado na Figura 2.26.

Figura 2.26 – Imagens fotográficas de ambientes de temperaturas extremas em nosso planeta (a) quente e (b) frio.



(a)



(b)

Fontes: (a) <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Deserto#/media/Ficheiro:Atacama1.jpg>>. e (b) <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Presseisr%C3%BCcken_am_Nordpol,_April_1990.jpg>. Acessos em: 18 jun. 2022.

Os astrobiólogos estudam esses ambientes extremos, análogos aos extraterrestres, para compreender quais são os tipos de organismos vivos capazes de sobreviver e mesmo crescer sob situações adversas. Devido as condições desses ambientes serem tão rigorosas, apenas micro-organismos – fungos, bactérias, algas – são capazes de sobreviver. Esses seres são chamados de extremófilos e considerados excelentes modelos para organismos extraterrestres, pois apresentam uma resistência aos ambientes mais inóspitos, talvez semelhantes aos da Terra há bilhões de anos quando a vida se originou.

O estudo dos extremófilos pode gerar suposições sobre a origem e evolução da vida em outros planetas e assim, compreendermos as condições de vida da Terra primitiva e no Universo.

2.2.4 - Vida e Habitabilidade no Planeta Terra

A vida no planeta Terra está baseada em dois elementos essenciais, o carbono e o oxigênio. O carbono está presente em todos os compostos orgânicos e é versátil, pois pode estabelecer ligações entre si mesmo, formando compostos estáveis e originando moléculas dos mais variados tamanhos e formas. O oxigênio é o mais abundante e está presente em todos os ambientes do planeta, sendo um elemento de alta eletronegatividade. Ambos se encontram no segundo período da tabela periódica. O carbono e o oxigênio fazem ligação covalente.

Assim, para que haja Vida em planetas, primeiramente, vejamos o que diz a literatura (Farias e Barbosa, 2017) sobre quais parâmetros são necessários para que o mesmo ocorra e o que é uma zona habitável. O que se sabe para que um planeta seja habitável? A chamada habitabilidade instantânea (existência de pelo menos um ser vivo):

- A principal é água líquida, que está relacionada à temperatura do local, e esta, relacionada à fonte de calor.
- Energia disponível para a reprodução, crescimento e manutenção de organismos vivos;
- Existência de pelo menos os seguintes elementos químicos: Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre.

Os planetas que se situam em regiões com condições de abrigar vida, são definidos se pelo menos um ser vivo consiga realizar suas atividades metabólicas. Para manter o local habitável, a distribuição da água líquida deve existir não somente na superfície do planeta, bem como no seu interior também. No caso do planeta Terra o que mantém a água na sua superfície é a combinação da energia solar, em maior grau, (devido a sua distância em relação ao Sol) com o seu aquecimento interno.

Quando um planeta preserva as condições da habitabilidade instantânea é conhecido por habitabilidade contínua, nesse caso leva-se em consideração o tempo da existência de água líquida no corpo celeste (milhões de anos).

Aqui entra a astrobiologia, onde os astrobiólogos trabalham para definir quais fatores permitem a existência de água líquida e fotossíntese, na qual os autores Farias e Barbosa (2017) classificam como planetários e astronômicos:

Fatores planetários: 1. massa/densidade: influência na composição atmosférica, determinando a perda ou a retenção de materiais voláteis; 2. atmosfera: o balanço de energia de um planeta é fortemente influenciado pela composição atmosférica e pelo albedo, que indica a reflexividade de uma superfície; 3. Placas tectônicas: sustentam a temperatura média do planeta e permitem a reciclagem de substâncias como CO_2 ; 4. Campo magnético: atua como um escudo para a atmosfera do planeta protegendo-a contra a radiação solar e fluxos de plasma; Fatores astronômicos: 5. Tipo de estrela: determina a distância adequada para a existência de água líquida na superfície de um planeta; 6. Rotação: determinante para a intensidade do campo magnético do planeta; 7. Presença de satélite: interfere na regulação do clima do planeta; 8. Impactos: podem afetar negativamente a habitabilidade provocando a vaporização de oceanos e extinções de espécies, porém também podem favorecer as condições para a vida aumentando a disponibilidade de nutrientes e energia. (FARIAS e BARBOSA, p. e4402-3, 2017)

Portanto, para a existência de vida em um planeta são necessários diversos tipos de energia. Na próxima seção apresenta-se sobre a energia e suas formas.

2.2.5 - Energia e suas Formas

Não é fácil definir o conceito de energia, pois ele pode estar associado a diversos significados conforme o contexto em que estiver inserido. Pode ser utilizado em várias áreas das Ciências da Natureza, como a física, biologia e química. Na física, podemos relacioná-la com a capacidade de realizar trabalho. Dessa forma, pela perspectiva da Física, trabalho é o processo de transformação de um tipo de energia em outro.

Classifica-se a energia em cinética, àquela relacionada com movimento de corpos como: partículas, moléculas, cargas, entre outros, e energia potencial ao armazenamento de energia dentro do corpo, como por exemplo a energia potencial gravitacional que um corpo possui a uma determinada altura do solo, a elástica que uma mola acumula ao ser comprimida ou distendida.

Em todos os fenômenos da Natureza conhecidos até hoje, a energia permanece constante, ela pode ser transformada em várias formas, ou transferida de um corpo para outro, e a sua quantidade permanece a mesma. Esse fato é conhecido como lei da conservação de energia. Segundo Feynman (2008):

A lei é chamada de conservação da energia. Nela enuncia-se que existe uma certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata, por que é um princípio matemático; ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo. (FEYNMAN, 2008, cap. 4 - p.1).

Assim a lei da conservação de energia pode ser descrita por meio da seguinte equação:

$$\sum \Delta E_{\text{pot}} + \Delta E_{\text{cin}} + E_{\text{int}} + \sum (\text{da variação de outras formas de energia}) = 0, \quad (2.37)$$

em que: E_{pot} energia potencial, E_{cin} é a energia cinética e E_{int} a energia interna.

Conforme citado pelos autores: [...] a energia total [...] não varia. A energia pode transformar-se de uma espécie a outra, e não pode ser criada ou destruída; a energia total é constante. (HALLIDAY e RESNICK, 1983, p. 158).

A energia pode ser classificada em renovável e não renovável, dependendo da fonte que a origina. A que provêm de fontes finitas, ou seja, uma vez esgotadas não são mais repostas, é denominada energia não renovável. É o caso da energia gerada pelos combustíveis fósseis, como o petróleo, carvão mineral e o gás natural. Já a energia gerada por fontes que se regeneram rapidamente ou que são recursos inesgotáveis, é chamada de energia renovável ou limpa e podemos citar como exemplos a energia proveniente da luz solar, do vento e das águas.

A energia também pode se manifestar em diferentes formas, como por exemplo:

- **Energia térmica:** é a energia associada a temperatura absoluta de um sistema, logo associada à energia cinética, agitação, das moléculas que compõem um sistema ou elemento.
- **Energia química:** é a energia liberada ou formada a partir de reações químicas, como a energia produzida por pilhas e baterias.
- **Energia eólica:** é a energia obtida pela força dos ventos. A extração é realizada por meio de um rotor (que transforma a energia cinética em energia mecânica) e de um gerador (que transforma dita energia mecânica em elétrica).

- **Energia hidráulica:** é a energia adquirida pela força das águas, aproveitando o potencial gravitacional das águas dos rios, intercedidas pela construção de usinas hidrelétricas.

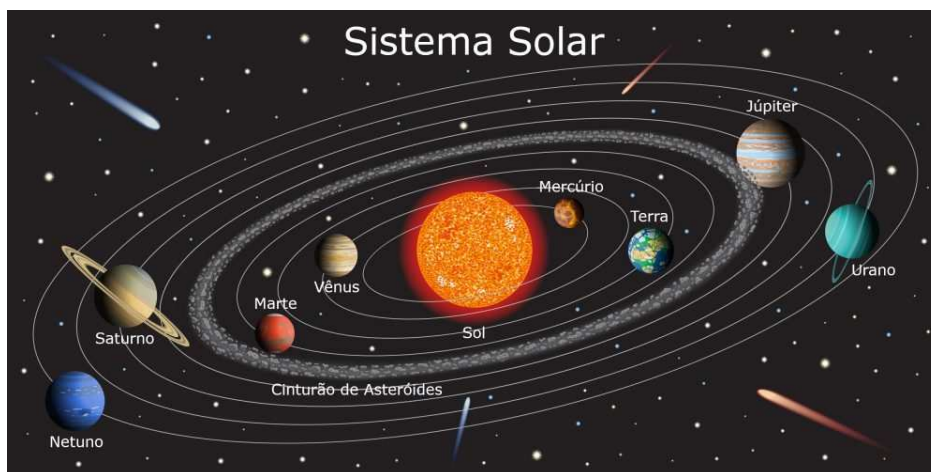
- **Energia solar:** é a energia proveniente da luz do Sol. Essa forma de energia pode ser aproveitada na geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas, por exemplo.

Para que haja vida em um planeta a energia provinda da estrela denominada de Sol é primordial. Dessa forma na próxima seção serão apresentadas as características dessa estrela.

2.2.6 - Sol

O Sol é classificado como uma estrela anã localizada na Via Láctea, e os planetas, cometas, asteroides e corpos celestes que a circundam são ditos pertencer ao sistema solar. Ela não possui superfície sólida, sendo formada por gases incandescentes, emitindo assim luz própria. O Sol está a uma distância de aproximadamente 150 milhões de quilômetros da Terra, essa distância é adotada como uma unidade astronômica (UA). Na Figura 2.27 apresentam-se os planetas que fazem parte do sistema solar, na sequência do mais próximo ao Sol ao mais distante: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

Figura 2.27 – Imagem ilustrativa dos planetas que fazem parte do sistema solar.



Fonte: Ilustração: D1min / Shutterstock.com apud <<https://www.infoescola.com/astronomia/planetas-do-sistema-solar/>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

Ao estudar o Sol, abrange-se toda a Física. Nos aspectos macroscópicos, a mecânica, eletrodinâmica, termodinâmica, ondulatória e óptica são necessárias para

sua compreensão e caracterização. Na Tabela 2.4 estão apresentadas algumas das principais propriedades físicas e químicas do Sol obtidas considerando tais conhecimentos.

Tabela 2.4 – Principais propriedades relacionadas as grandezas físicas e químicas do Sol.

Grandezas Físicas e químicas	Valores
Massa	$M_{\odot} = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$
Raio	$R = 695.500 \text{ km} = 10^9 \times R_{Terra}$
Densidade média	$\rho = 1.409 \text{ kg/m}^3$
Densidade central	$\rho_c = 160.000 \text{ kg/m}^3$
Período rotacional no equador	25,67 dias
Velocidade de Escape na “Superfície”	$v_{escape} = 617,7 \text{ km/s}$
Distância Média Terra-Sol (Unidade Astronômica – UA)	$1 \text{ UA} = 149.597.870 \text{ km} \cong 149.600.000 \text{ km}$
Luminosidade	$3,86 \times 10^{26} \text{ W}$
Temperatura superficial efetiva	$T_{ef} = 5.785 \text{ K}$
Temperatura central	$T_c = 15.000.000 \text{ K}$
Composição química (Nº partículas)	<i>Hidrogênio = 71 %, Hélio = 27%, Oxigênio = 1,2% %, Carbono = 0,6 %</i>
Composição química (massa)	<i>Hidrogênio = 91,2 %, Hélio = 8,7%, Oxigênio = 0,078%; Carbono = 0,043%</i>
Idade	$4,6 \times 10^9 \text{ anos}$
Velocidade orbital	$v = 250 \text{ km/s}$
Período orbital	$250 \times 10^6 \text{ anos}$
Tempo médio da luz ¹⁶ (fóton) atingir a sup. da Terra.	$\sim 8,3 \text{ minutos}$

Fonte: elaborado pela autora dados coletados de diversas fontes bibliográficas.

Estima-se que o Sol tenha sido formado há 4,6 bilhões de anos, em regiões do Universo compostas por nuvens densas de gases (predominantemente Hidrogênio) e poeira. No interior dessas nuvens ocorre a contração gravitacional, a matéria agrupada vai aumentando a atração gravitacional conforme vai crescendo e se concentrando. Além disso, no centro da concentração da matéria, também aumentam gradativamente a pressão e a temperatura até que atinjam pontos altos o suficiente para provocar a fusão de núcleos de Hidrogênio em seus isótopos (Deutério e Trítio)

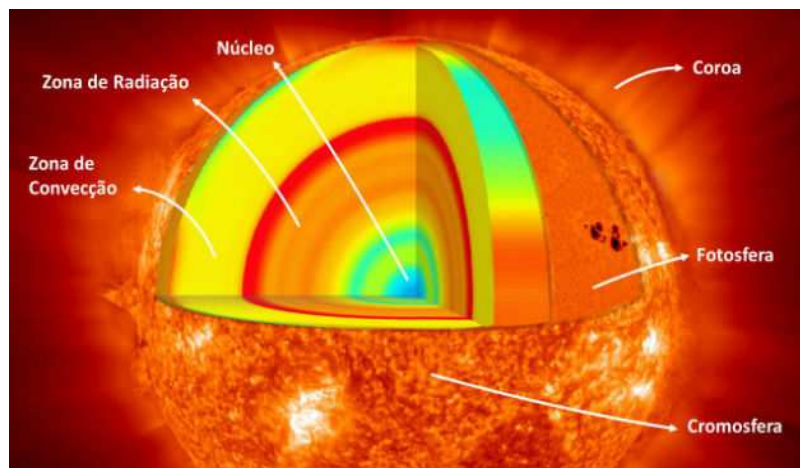
¹⁶ A velocidade da luz no vácuo é de $299\,792\,458 \text{ m/s} \cong 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

e também em núcleos de Hélio. O nascimento de uma estrela ocorre no momento em que a taxa de fusão entre núcleos leves e pesados se estabiliza, caracterizando o início da vida de uma estrela.

A massa do Sol corresponde a 99,8% da massa do nosso sistema solar. Ele é formado por gases, sendo que em número de partículas, a sua composição corresponde a 71% de Hidrogênio e 27% de Hélio. O Sol apresenta seis regiões, conforme indicadas na Figura 2.28:

- **Núcleo** – Nessa região é o local onde ocorre a produção de ENERGIA SOLAR, e é a parte mais quente e com maior quantidade de massa. Tem cerca de $139 \times 10^3 \text{ Km}$ de diâmetro.
- **Zona de radiação** - a propagação da energia do núcleo ocorre por radiação.
- **Zona de convecção** – parte do Sol onde ocorrem as correntes de convecção de calor. Essas correntes levam a energia para a parte externa da superfície solar.
- **Fotosfera** - é a parte visível a Terra.
- **Cromosfera** - é a parte onde ocorre a transição entre a fotosfera e a coroa do Sol.
- **Coroa** – formada por plasma, é a parte luminosa do Sol e a temperatura atinge $2 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Figura 2.28 - Imagem ilustrativa da estrutura do Sol e suas regiões.

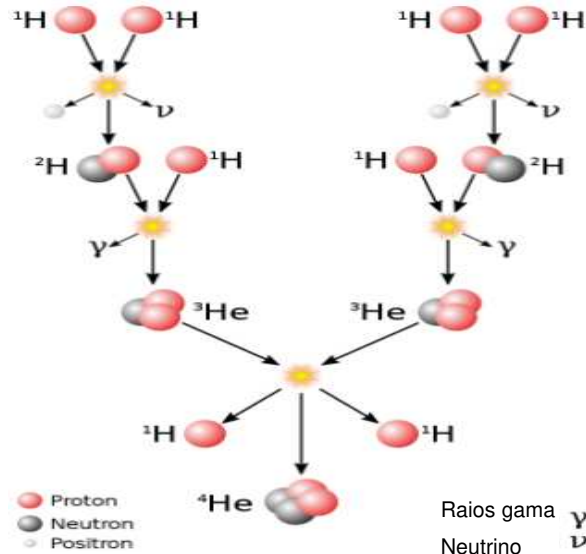


Fonte: <<https://www.todamateria.com.br>> Astronomia. Acesso em: 18 jan. 2021.

A produção de energia solar ocorre por meio do processo chamado fusão nuclear de elementos leves, Hidrogênio e seus isótopos, em Hélio. A Figura 2.29 mostra a sequência de reações que formam a cadeia próton- próton, responsável pela produção de energia. No início temos 2 pares de núcleos de Hidrogênio, que se fundem originando 2 núcleos de Deutério, liberando 2 pósitrons e 2 neutrinos.

Posteriormente, cada núcleo de Deutério se funde com outro núcleo de Hidrogênio, formando 2 núcleos de Hélio³ e 2 raios-gama (γ). Os 2 núcleos de Hélio³ formados se unem originando um núcleo de Hélio⁴ e mais 2 núcleos de Hidrogênio. Os raios-gama formados nessa reação são responsáveis pela radiação eletromagnética presenciadas no Sol.

Figura 2.29 - Ilustração da sequência de reações que formam a cadeia próton- próton. As esferas rosas indicam um próton, os cinzas os nêutrons, os brancos e menores o pósitron, a letra γ os raios gama e a letra ν os neutrinos e H os átomos de Hidrogênio, e He as de Hélio.



Fonte: <https://www.wikiwand.com/pt/Cadeia_pr%C3%B3ton-pr%C3%B3ton>. Acesso em: 20 out. 2022.

Muitas civilizações antigas tratavam o Sol como uma divindade, percebiam a importância do Sol nas suas vidas, relacionando-o com o êxito de suas colheitas, a sequência entre os dias e noites, as estações do ano e a própria manutenção climática, sendo o Sol a sua única fonte de energia. Além dos processos naturais como a fotossíntese realizada pela planta. Com o passar dos tempos, o homem aprendeu a tirar proveito da energia solar que incide sobre a Terra, antes que retorne para o espaço transformando-a em outras formas de energia, como por exemplo, a energia elétrica, conversão realizada por meio de placas de painéis solares que será utilizado no presente trabalho.

Visto que a água e fontes de energia como a luz solar são primordiais para a Vida no Planeta Terra, na próxima seção apresenta-se sobre os exoplanetas, que seria a vida fora do Sistema Solar.

2.2.7 - Vida fora da Terra - Exoplanetas

Alguns elementos como água líquida, fontes de energia e uma combinação bastante específica de componentes químicos são essenciais para a existência da vida como a conhecemos, ou seja, a vida no planeta Terra. Todavia, não podemos descartar a existência de vida em outros planetas a partir de combinações diferentes das que aconteceram por aqui.

Por meio de ferramentas e métodos da ciência contemporânea, a Astrobiologia tenta não apenas detectar a presença de vida fora da Terra, bem como também compreender a sua origem e evolução. Para isso, há a necessidade de pesquisar planetas com condições de habitabilidade - termo científico para uma área de um sistema estelar, planetário ou galáctico que reúne as condições físico-químicas necessárias para o desenvolvimento da vida.

Para que ocorra a possibilidade de desenvolvimento de vida fora da Terra, algumas condições devem ser satisfeitas:

- Presença de uma estrela de longa vida capaz de fornecer energia luminosa de forma contínua durante vários bilhões de anos, proporcionando o surgimento e evolução da vida. Na Figura 2.30 é apresentada a zona de habitabilidade para estrelas de diferentes massas em função do raio da órbita em unidades astronômicas (UA);

Figura 2.30 – Imagem ilustrativa da zona de habitabilidade para estrelas de diferentes massas no Sistema Solar.

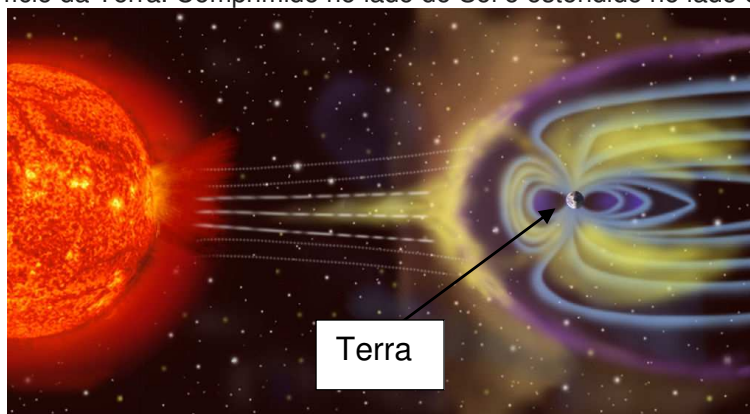


Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/vida_ET/vet.htm>. Acesso em: 10 set. 2022.

- A composição rochosa do planeta, que seja capaz de manter água líquida na superfície durante os bilhões de anos;

- O campo magnético, que, no caso da Terra, é de extrema importância para a proteção da sua superfície contra ataques de partículas energéticas do vento solar e dos raios cósmicos. Sendo comprimida durante o período diurno devido às forças das partículas que a atingem e estendida no lado noturno, como ilustrado na Figura 2.31.

Figura 2.31 – Imagem ilustrativa indicando a magnetosfera que protege das partículas energéticas a superfície da Terra. Comprimido no lado do Sol e estendido no lado oposto.

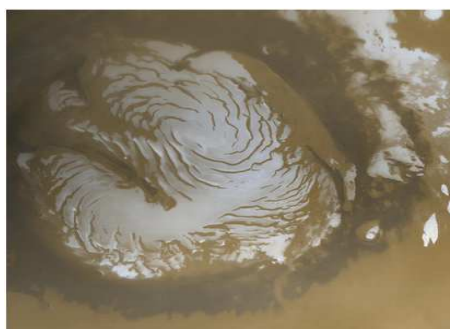


Fonte: Por NASA - <http://sec.gsfc.nasa.gov/popscise.jpg>, Domínio público, apud <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=192450>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

Apesar de nenhuma evidência concreta de vida extraterrestre ter sido detectada até agora, os elementos básicos para sua existência parecem existir em outros lugares. No sistema solar há outras luas congeladas como as denominadas de Titã (maior satélite natural de Saturno) descoberto por Christiaan Huygens em 1655, e a Europa (uma das 79 luas/satélites de Jupiter) descoberta por Galileu Galilei em 1610. Já foram identificados materiais orgânicos na atmosfera de Titã e da Europa, e apresenta elementos essenciais para a vida como calor, água e compostos orgânicos.

As observações do relevo de Marte, aparentemente composto por leito secos de rios e a presença de uma calota de gelo na superfície, Figura 2.32, indicam que esse planeta tenha tido água no estado líquido no passado.

Figura 2.32 – Imagem fotográfica de uma calota de gelo do planeta Marte.



Fonte: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_\(planeta\)#/media/Ficheiro:Martian_north_polar_cap.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_(planeta)#/media/Ficheiro:Martian_north_polar_cap.jpg)> Acesso em 25 jan. 2021.

O satélite Europa está localizado em uma região muito fria do sistema solar, possuindo uma superfície coberta de gelo com extensas fendas, Figura 2.33, provavelmente originadas da presença de água líquida abaixo da sua superfície. Apesar do frio, Europa possui calor gerado pelas forças de maré produzidas por Júpiter, o que possibilita a existência de organismos do tipo extremófilos, formas de vida primitiva que sobrevivem em ambientes extremos, vivendo nas profundidades desse corpo celeste.

Figura 2.33 – Imagem registrada pela sonda Galileo da superfície congelada e trincada do satélite Europa.



Fonte: Nasa/jplCaltech/seti Institute. <<https://www.nasa.gov/image-article/europas-stunning-surface/>> Acesso em: 25 mar. 2023.

A busca por vida fora da Terra pode ir muito além do sistema solar. Já são conhecidas bilhões de estrelas, cada uma com probabilidade de ter um sistema planetário, assim a possibilidade de existência de vida nesses mundos pode ser muito grande. Partindo dessa premissa, muitos astrônomos voltaram as suas pesquisas pela procura por planetas que orbitam outras estrelas, os chamados exoplanetas, distantes muito anos-luz da Terra e que teriam condições de abrigar vida, mesmo que suas características ambientais sejam diferentes daquelas existentes em nosso planeta.

A maioria dos exoplanetas descobertos são gasosos como Júpiter, ou possuem composição de gelo, como Urano. Todavia, alguns parecem possuir constituição rochosa, como a Terra, e outros, estão a uma distância que possibilitaria a existência de água líquida, oportunizando a vida como a conhecemos.

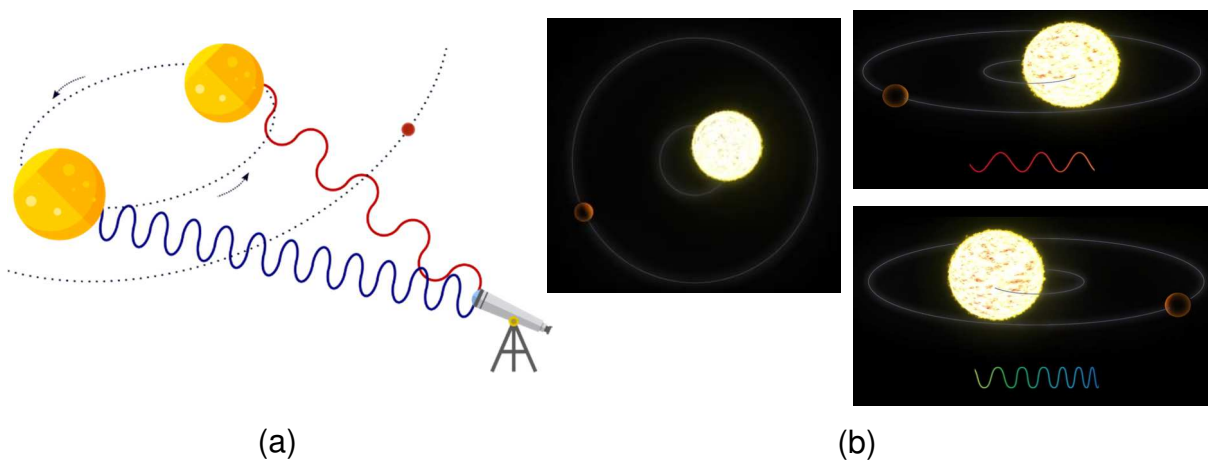
Por não emitirem luz própria e devido à sua grande distância até a Terra, os exoplanetas são muito difíceis de serem detectados. Recentemente, por meio de métodos alternativos ou indiretos tornou-se possível a detecção de exoplanetas (Farias, 2022). Os 4 métodos utilizados estão descritos a seguir.

- Método da velocidade radial

O método de velocidade radial é uma técnica de detecção indireta, pois consiste na medição da velocidade com o qual a estrela se afasta ou se aproxima do planeta, variando a sua posição. Esse fenômeno é resultado dos efeitos gravitacionais que o exoplaneta exerce sobre sua estrela.

Quando a estrela está se aproximando, ocorre o efeito conhecido como *blueshift*, que em português significa desvio para o azul, em que a luz é deslocada para comprimentos de onda menor - mais próxima do azul ($\lambda = 440$ a 485 nm). E quando ela está se afastando acontece o *redshift*, desvio para o vermelho, pois a luz é transportada para comprimentos de onda maior - mais próximo do vermelho ($\lambda = 625$ a 740 nm). Figura 2.34 (a). Essa variação só ocorre quando existe a presença de um ou mais exoplanetas orbitando a estrela. No *site* da NASA se refere a “Observando Oscilações”, na Figura 2.34 (b) a posição do exoplaneta em relação a sua estrela os deslocamentos para o vermelho e o azul.

Figura 2.34 – (a) Ilustração do método da velocidade radial., indicando o deslocamento para o azul e para o vermelho. A onda azul indica que o planeta está aproximando do observador e a vermelha afastando do observador. (b) Cópias de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar esse método.



Fontes: (a) autoria de Raquel Farias (2022) -< <http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos>> e (b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/1>>. Acessos em: 04 abr. 2023.

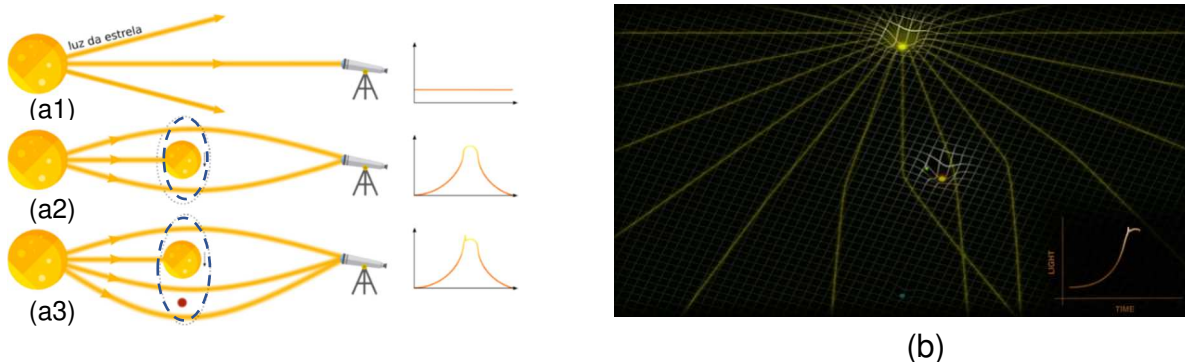
Um sistema composto por apenas uma estrela, possui o centro de massa coincidindo com o centro da estrela. Porém, quando o sistema possui outros corpos, como exoplanetas, a gravidade desses corpos muda o centro de massa do sistema planetário. A presença de um exoplaneta altera a velocidade da estrela hospedeira, ela passa a girar em torno do centro do sistema que não coincide mais com o seu centro.

Isso se deve ao efeito Doppler¹⁷, no qual ocorre a variação dos comprimentos de onda da radiação. Ao observarmos uma estrela com exoplanetas, conforme ela rotaciona o centro de massa do sistema, sua órbita provoca o afastamento ou aproximação do observador.

- Método de detecção por microlente gravitacional

Essa técnica é baseada na Teoria da Relatividade geral de Albert Einstein. Para que esse evento ocorra, é necessário que duas estrelas estejam alinhadas com a Terra, de forma que o campo gravitacional da estrela intermediária provoque uma deformação no espaço-tempo. Assim, a gravidade de um objeto maciço, como uma estrela e seu exoplaneta, interferem na trajetória da luz emitida por objetos mais distante, produzindo um efeito de lente convergente para o observador na Terra, ampliando a imagem da estrela ao fundo. Geralmente esse fenômeno de microlente produz uma imagem em forma de anel, conhecida como “anel de Einstein”, como ilustrado na Figura 2.35 (a). No *site* da NASA se referem como “luz na lente da gravidade” (Figura 2.35 (b)).

Figura 2.35 – Desenho ilustrativo do efeito da microlente gravitacional (MLG). (a1) luz da estrela em linha reta; (a2) efeito da MLG e o anel de Einstein e (a3) detecção por meio da MLG do brilho da estrela por meio do alinhamento de uma estrela e seu exoplaneta (ponto em vermelho). Em (b) cópia de tela de uma simulação disponibilizado no *site* da NASA.

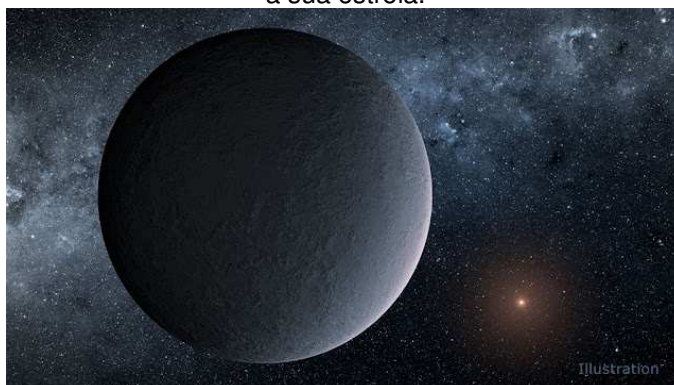


Fontes: autoria de Raquel Farias (2022) - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> e (b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/4>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

¹⁷ “Efeito Doppler é um fenômeno físico observado nas ondas quando emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimento com relação ao observador. Foi-lhe atribuído este nome em homenagem a Christian Doppler, que o descreveu teoricamente pela primeira vez em 1842.” (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Doppler).

Em 2016 o telescópio OGLE (acrônimo de *Optical Gravitational Lensing Experiment*¹⁸) desenvolvido pela Universidade de Varsóvia da Polónia, situado no deserto do Atacama, utilizou o método da microlente gravitacional para detectar o exoplaneta OGLE-2016-BLG-1195Lb, que é uma “Terra de Gelo”, ilustrado na Figura 2.36, quando sua estrela mãe produziu o efeito de microlente gravitacional numa estrela mais distante. (CARDIAL, 2017)

Figura 2.36 – Ilustração artística do exoplaneta OGLE-2016-BLG-1195Lb. Ao fundo o ponto brilhante a sua estrela.



Fonte: <<https://www.galeriadometeorito.com/2017/05/microlente-gravitacional-revela-Terra-de-Gelo.html>>- Créditos: NASA/JPL-Caltech. Acesso em: 06 abr. 2023.

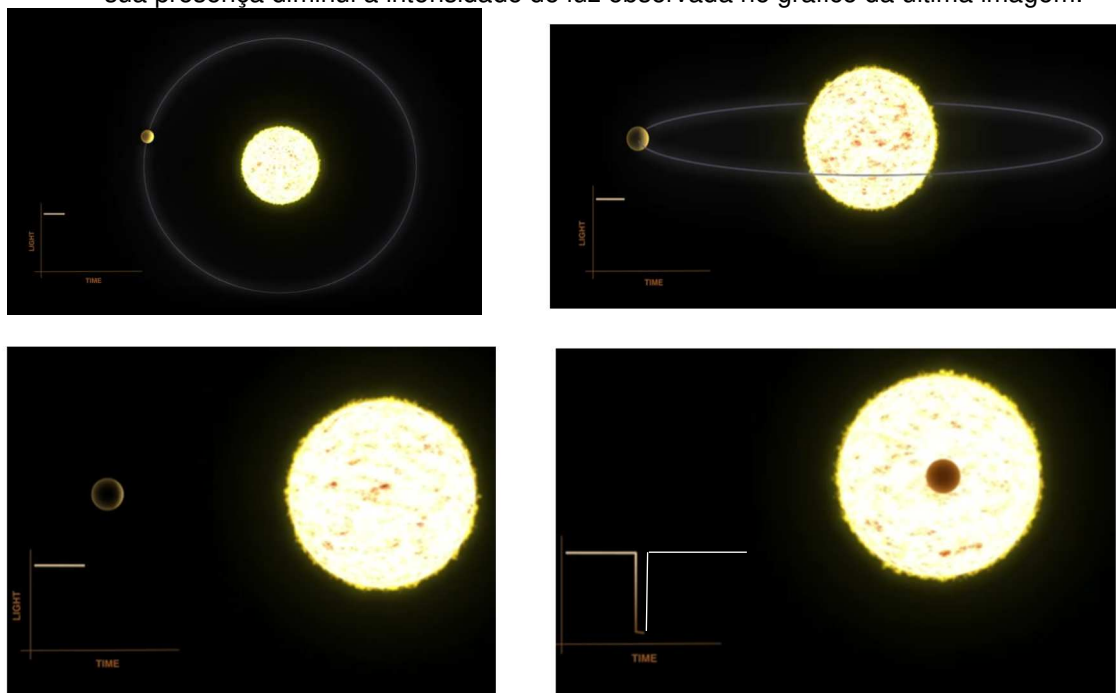
A desvantagem desse método é que ocorre de maneira aleatória, sendo muito raro, pois é necessário que uma estrela e o seu exoplaneta cruzem a frente de uma outra estrela mais distante que está sendo observada. Por isso, a utilização dessa técnica se concentra em regiões centrais da galáxia, onde as chances de alinhamento ocorrer são maiores.

- Método de trânsito

O método de trânsito é uma forma indireta de detecção de exoplanetas, também chamado de eclipse ou ocultamento. Ocorre quando o exoplaneta passa diretamente na frente da sua estrela hospedeira, criando um efeito de eclipse, diminuindo a sua luz. Essa alteração na curva de luz da estrela, com pequenas diminuições do seu fluxo, denunciam a presença de um exoplaneta, conforme ilustrado nas imagens da Figura 2.37 das etapas do simulador disponibilizado pela NASA em seu *site*. A NASA se refere como “procurando por sombras”.

¹⁸ Tradução da autora: Experimento de Lentes Gravitacionais Ópticas.

Figura 2.37 –Cópia de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar o método de trânsito, do brilho versus tempo na presença de exoplaneta criando um efeito de eclipse, em que na sua presença diminui a intensidade de luz observada no gráfico da última imagem.



Fonte: <http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>, (b) <https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/2> . Acesso em: 04 abr. 2023.

A intensidade e frequência dessas diminuições irão indicar o tamanho e o período da órbita do exoplaneta, pois exoplanetas maiores bloquearão mais luz. Devemos considerar que os planetas são muito pequenos em comparação com a sua estrela e que estão muito distantes, então, a quantidade de luz bloqueada é muito pequena, largura da barreira indicada na última imagem da Figura 3.25, geralmente inferior a 1% do total emitido.

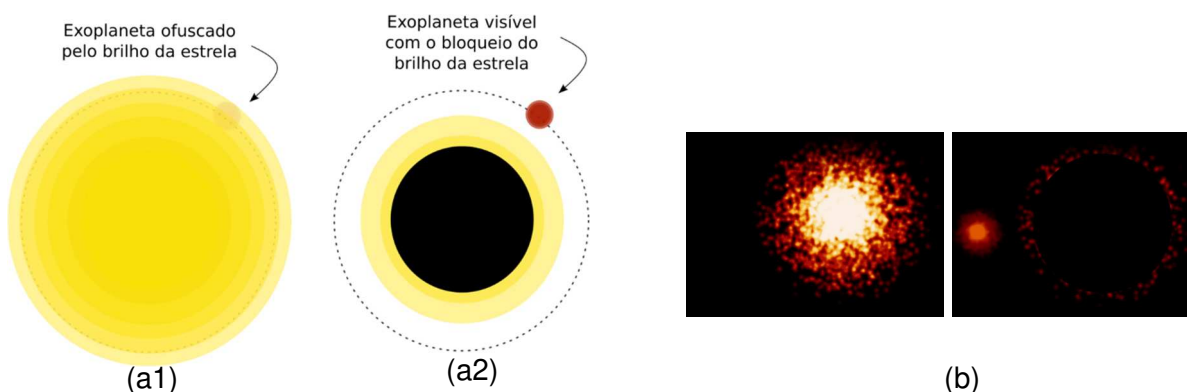
Esse método é considerado muito eficiente, e é necessário que a estrela seja observada por longos períodos com um telescópio de alta precisão e que o planeta cruze à frente da estrela, limitando muito o número de observações por meio dessa técnica.

- Método de Imagem direto

Esse método, a NASA se refere a “tirando fotos” e é o menos utilizado, pois as estrelas normalmente apresentam-se com grande intensidade de luz, o que dificulta observar um exoplaneta, pois nessa técnica, o observador bloqueia a luz da estrela para

observar se a sua volta há um exoplaneta, como ilustrado na Figura 2.38 (a) e em (b) cópia de telas do simulador disponibilizado pela NASA.

Figura 2.38 – desenho ilustrativo do método de Imagem direto. Em (a1) a luz da estrela reflete no planeta impedindo a observação da existência de um exoplaneta. Em (a2) a técnica bloqueando a luz da estrela e observando em volta. Em (b) apresentam-se as mesmas situações de (a) sendo cópias de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar o método.



Fonte: (a) autoria de Raquel Farias (2022) - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> e (b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/3>>. Acesso em: 04 abr.2023.

Na Tabela 2.5 apresentam-se o número de exoplanetas detectados por cada método para os exoplanetas com massa e período orbital medido ou estimado.

Tabela 2.5 – Censo de exoplanetas - Método e os dados dos números de exoplanetas descobertos.

Método	Nº Exoplanetas	Porcentagem (%)
Trânsito	3.955	74,8
Velocidade radial	1.023	19,4
Microlentes	9	1,2
Imagem	16	3,4
<i>Pulsar Timing (Astrometria – Movimentos minúsculos)</i>	6	-
Outros	50	-

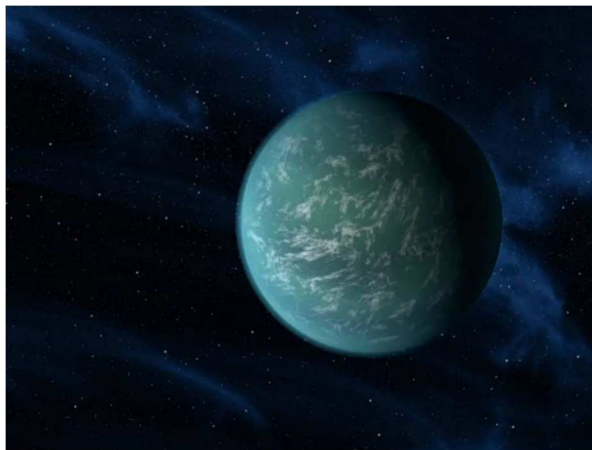
Fonte: elaborado com os dados da NASA, disponíveis em: <<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/discoveries-dashboard/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

O primeiro exoplaneta que orbita a uma distância de 7 milhões de quilômetros, a estrela 51 Pegasi, foi detectado em 1995, por meio da técnica de variação de velocidade radial. E foi descoberto por Michel Mayor e Didier Queloz da Universidade de Genebra.

Segundo a NASA (<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/exoplanet-catalog/>), em 09/04/2023 informam que já foram descobertos 5.322 exoplanetas e há ao menos

9.418 candidatos. Na Figura 2.39 apresenta-se uma ilustração feita pela NASA do exoplaneta Kepler 22b.

Figura 2.39 - Ilustração do exoplaneta Kepler 22b.



Fonte: Reprodução Nasa apud <<https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/como-os-astronomos-descobrem-exoplanetas-que-estao-fora-do-nosso-sistema-solar/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

A nomenclatura seguindo o apresentado por Faria (2022),

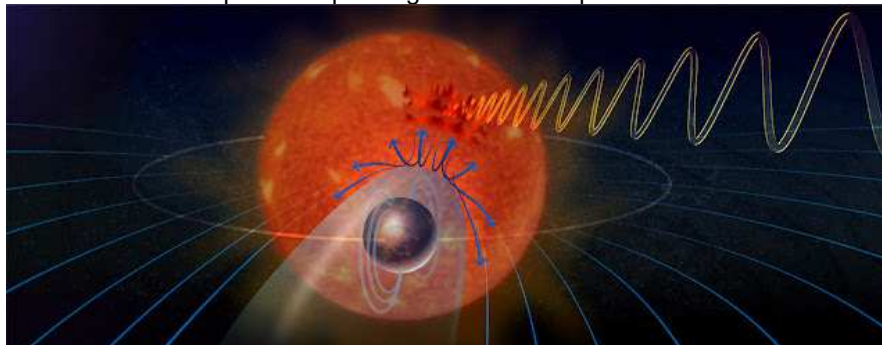
Vamos supor que a Sociedade Brasileira de Astrobiologia construiu um telescópio, deu um nome para ele (vamos chamá-lo de telescópio **SBA**) e o apontou para cima em busca de sistemas planetários nunca descobertos. A primeira estrela que esse telescópio detectasse se chamaria **SBA-1**, a segunda **SBA-2**, a vigésima **SBA-20**, e assim por diante. Caso fossem detectados exoplanetas ao redor da primeira estrela, ela deixaria de ser uma estrela isolada e passaria a ser considerada como *a estrela hospedeira daquele sistema planetário*. Por conta disso, ela é chamada de **SBA-1 a**. Como a letra “a” é a primeira letra do alfabeto, a estrela é nomeada dessa forma por ser a **primeira integrante descoberta** daquele sistema. O primeiro exoplaneta descoberto orbitando essa estrela será, portanto, chamado de **SBA-1 b**, o segundo exoplaneta descoberto será chamado de **SBA-1 c** e assim sucessivamente, até quem sabe um dia chegar na detecção do exoplaneta **SBA-1 z**. (Faria, 2022, p. s/n)

Assim, para o caso do exoplaneta citado na Figura 2.40 é dada pelo telescópio detector no caso o observatório espacial Kepler (da Nasa), o número do exoplaneta detectado que foi o 22, e b indica o primeiro exoplaneta orbitando uma referida estrela de identificação Kepler-1a.

Foi publicado pela revista *Nature Astronomy* em 03/04/2023 por Sebastian Pineda e Jackie Villadsen que um sinal de rádio foi detectado vindo do exoplaneta YZ Ceti b, descoberta em 2017, que é um planeta rochoso que orbita uma estrela anã vermelha próxima ao nosso planeta. Esse sinal de rádio foi emitido por essa estrela e refletida por ele, indicando que há um campo magnético em torno desse exoplaneta,

conforme a ilustração artística apresentada na Figura 2.40. Para detectar as ondas de rádio, são usados os radio telescópios.

Figura 2.40 -Ilustração artística das ondas de rádio emitidas pela estrela anã vermelha sendo refletidas pelo campo magnético do exoplaneta YZ Ceti b.



Fonte:<<https://www.galeriadometeorito.com/2023/04/um-sinal-de-radio-diferente-de-tudoque.html#more>> – créditos: NASA/divulgação. Acesso em: 09 abr. 2023.

Lembrando que ter um campo magnético é uma das condições para a existência de vida em um planeta. Conforme Richard Cardial, 2023: “Descobrir um campo magnético em um planeta rochoso distante é empolgante, pois apesar deste em específico não estar na zona habitável de sua estrela, futuras descobertas como essa podem trazer notícias intrigantes, sobretudo com grandes telescópios e antenas sendo inaugurados todos os anos”. (CARDIAL, 2023, p. s/n.).

Segundo a NASA, em notícias de 10/01/2023 (<https://exoplanets.nasa.gov/news/1720/second-earth-sized-world-found-in-systems-habitable-zone/>), dados do satélite de pesquisa de exoplanetas em trânsito identificaram mais um exoplaneta:

Usando dados do *Transiting Exoplanet Survey Satellite* da NASA, os cientistas identificaram um mundo do tamanho da Terra, chamado TOI 700 e, orbitando dentro da zona habitável de sua estrela – a faixa de distâncias onde a água líquida pode ocorrer na superfície de um planeta. O mundo tem 95% do tamanho da Terra e provavelmente é rochoso. (NASA, 2023)

Todas essas descobertas tornam o tema Astrobiologia cada vez mais interessantes e desafiadores. Só os métodos de detecção já permitem explorar o conhecimento sobre a Física que vai desde a mecânica até a relatividade geral. Portanto, no conjunto geral apresentado até o momento, pode-se trabalhar com muitos conceitos importantes da Física relacionados às condições existência e manutenção de Vida em um planeta. Além dos citados que envolvem a Física há também o efeito estufa necessário para que se mantenha a temperatura habitável em

nosso planeta, como abordado por exemplo no trabalho de Junges *et al.* (2019) e que não será apresentado nessa parte da teoria. O texto utilizado está disponível no Capítulo 3 na descrição da Aula 5 desta dissertação. Um trabalho de mestrado já defendido no Polo 20 (UEM) é o da Profa. Gisseli Lovinson Costa, que trata do efeito estufa (COSTA, 2023).

Uma aplicação no âmbito do MNPEF como um PE pode ser vista na referência Silva (2019) também no tema Astrobiologia como citado na revisão teórica (seção 1.3) do presente trabalho.

Na sequência, apresentamos o capítulo sobre o Produto Educacional e a metodologia da aplicação do mesmo.

3 - PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO

Este capítulo, tem por finalidade apresentar as etapas e a organização de uma sequência didática (SD), cuja finalidade é utilizar a Astrobiologia como tema motivador para o processo ensino-aprendizagem em Termodinâmica. As seções a seguir estão divididas entre a descrição do PE e o relato da aplicação do PE.

3.1 - Produto Educacional

A estrutura geral é a apresentada na Figura 3.1 em que o docente tem o papel de mediador e o foco está no aluno.

Figura 3.1 – Ilustração da forma estrutural do PE em que o foco é o discente/aprendiz/aluno(a) e o mediador é o(a) Docente/Professor(a).



Dessa forma, esse capítulo apresenta orientações para a realização da prática pedagógica, baseado na Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS).

O público alvo são os alunos do ensino fundamental, e com as devidas adaptações, esse PE também pode ser aplicado nas aulas do ensino médio ou de nível superior. Levou-se em consideração a realidade do aluno e o desenvolvimento de um tema que englobe um conteúdo capaz de despertar tanto a curiosidade do discente quanto a sua motivação em entender o assunto.

Assim, selecionou-se do conteúdo apresentado na seção 2.1 os conceitos fundamentais presentes nas Leis da Termodinâmica, que são: temperatura, calor, energia interna, e equilíbrio térmico para que compreendessem a importância de tais conceitos no apresentado na seção de Astrobiologia (seção 2.2). E, sempre que necessário, utilizar os organizadores prévios conectados com o que o aluno tem conhecimento do cotidiano. Por exemplo, ao se trabalhar calor como energia térmica transitando de um corpo de maior temperatura para um de menor temperatura, explora-se a fonte de energia, o Sol; no caso da habitabilidade no Planeta Terra, a sua importância; bem como um experimento envolvendo essa energia (energia solar) sendo transformada em energia elétrica, e posteriormente em energia cinética (mecânica).

A teoria escolhida para o desenvolvimento, aplicação e análise deste PE foi a teoria de Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel na década de 60. Como visto na seção 1.4 essa teoria considera o conhecimento prévio do estudante, que denominou de subsunçores, para o futuro aprendizado. Leva-se em consideração o uso dos organizadores prévios. No caso do 9º ano do ensino fundamental, as Leis da Termodinâmica não são abordadas, e achamos importante introduzir para que os alunos saibam que por trás dos conceitos básicos há uma lei física associada. Além disso, mostrar que esses conceitos são importantes em outras áreas como na Astrobiologia.

Os conteúdos selecionados e as formas de atuação ajudarão o (a) estudante a compreender o assunto, levando assim a uma construção do conhecimento em concordância no sentido de que o aprendizado deva ser construído. A TAS embora proposta na década de 60 é ainda uma teoria de aprendizagem atual, pois concorda com os dizeres de Paulo Freire, que devemos aprender a aprender, aprender a viver e aprender a conviver.

A seguir, segue a sequência didática elaborada seguindo ao apresentado na seção 1.5.

3.2 - Sequência Didática (SD)

Seguindo Zabala (seção 1.5) os conteúdos foram assim considerados:

- **Factuais:** utilizar fatos do cotidiano, bem como o tema Astrobiologia para despertar nos alunos o interesse pela Física, mais precisamente pela Termodinâmica.
- **Conceituais:** compreender os conceitos e leis envolvidos na Termodinâmica como: Temperatura, Calor, Equilíbrio Térmico, a Lei Zero e Primeira Lei, por meio do Tema Astrobiologia.
- **Procedimentais:** utilizar simuladores de uso livre disponíveis na internet, três experimentos relacionados ao tema, e um jogo lúdico por meio de um *quiz*, para relacionar o conteúdo teórico com a experimentação (por simuladores e *in loco*, neste caso trabalhar os dados experimentais em um deles)
- **Atitudinais:** possibilitar uma reflexão sobre a importância da termodinâmica no cotidiano e em temas científicos e do papel da experimentação na aprendizagem de Física.

Ressaltando que o produto educacional foi elaborado em tempos de pandemia da COVID-19 (a doença causada pelo vírus SARs-CoV-2) e implementado quando ainda havia a incerteza da permanência do ensino presencial. Os casos da doença já haviam sido amenizados com a chegada da vacina (a primeira aplicada em 17/01/2021) quando realizada a primeira implementação. Na segunda implementação, a grande maioria da população se encontrava vacinada com a segunda dose que havia sido obrigatória aos docentes e discentes, e ainda restavam as consequências causadas pela pandemia que ainda permanecem sendo resolvidas conforme detectadas.

Diante do exposto, a SD aqui proposta é a descrita no Quadro 3.1, considerando um total de 13 aulas, sendo necessário aproximadamente 4 semanas com 3 aulas semanais de 50 minutos cada, possibilitando aplicar nas formas remota ou presencial. Ressaltando que a forma remota somente seria utilizada se continuasse a excepcionalidade, de forma que ficou aqui como sugestão, pois o MNPEF exige que a aplicação do PE seja presencial. Caso seja muito tempo, sugere-

se aplicar em contraturno, ou ainda selecionar conteúdos que se deseja trabalhar de forma independente de acordo com o assunto que se queira abordar, pois as ferramentas e a abordagem sugerida fazem parte de uma sequência como um todo, e cada aula pode ser entendida como uma unidade didática.

Quadro 3.1 – Sequência Didática da aplicação do PE para explorar os conceitos da Termodinâmica.

Dados de identificação da Instituição Concedente	
Nome da escola: Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.	
Docente responsável: Profa. Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira	
Série – 9º ano EF e 1º ano EM	
Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos). Período: matutino e vespertino	
Nº da aula – 01	
Conteúdo – Termodinâmica e Astrobiologia	
Objetivos	Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Astrobiologia e Termodinâmica.
Recursos -	- Se presencial: Folhas impressas com um questionário diagnóstico sobre Astrobiologia e Termodinâmica. - Via acesso remoto: Questionário diagnóstico via <i>google form</i> sobre Astrobiologia e Termodinâmica.
Metodologia -	1º momento: Explicar o questionário que será entregue. 2º momento: Entregar/Enviar para cada aluno um questionário diagnóstico sobre Astrobiologia e Termodinâmica..
Avaliação –	Análise do questionário e também por meio de observação do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 02 e 03	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira individual e coletiva, por meio da construção de terrários e dessalinizadores, para que possam observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.
Recursos	- Se presencial: Folhas impressas com instruções para a montagem dos experimentos. - Via acesso remoto: Arquivo disponibilizado pelo <i>Google</i> sala de aula.
Metodologia	1º momento: Explicar o método científico para cada experimento. 3º momento: Leitura das instruções para a montagem dos experimentos. 3º momento: Explicar sobre a entrega da conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do método científico.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 04	
Conteúdo – Astrobiologia	
Objetivos	Apresentar a Astrobiologia como uma disciplina promotora da prática multidisciplinar.
Recursos	- Se presencial: Apresentação em slides via <i>datashow</i> . - Via acesso remoto: Apresentação <i>slides</i> via <i>google meet</i> . O material ficará disponibilizado para <i>download</i> no <i>google</i> sala de aula.
Metodologia	1º momento: Apresentar os textos sobre Astrobiologia. 2º momento: Leitura e discussão dos textos.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Continua...

Nº da aula – 05	
Conteúdo – Cosmologia: Origem do Universo	
Objetivos	Compreender a teoria <i>Big Bang</i> para origem do Universo. Conhecer os planetas do Sistema Solar.
Recursos	- Se presencial ou Via acesso remoto: Data show e vídeos: <i>O Universo - Além do Big Bang</i> –History Channel e <i>Viajando pelo Sistema Solar</i> . Simuladores computacionais via <i>datashow</i> ou <i>google meet</i> .
Metodologia	1º momento: Visualização de uma parte do vídeo: O Universo – além do Big Bang – <i>Historychannel</i> – disponível em: < https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD > (dublado em português). Tempo total do vídeo: 1h30min51s. 2º momento: Visualização do vídeo – <i>Viajando pelo Sistema solar</i> – disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=zLFvurSef8 > em português -Tempo total do vídeo: 14min45s. 3º momento: Discussão sobre os vídeos. 4º momento: Atividade com o uso de simulador <i>Física na Escola</i> , https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 06	
Conteúdo – Termodinâmica/Termologia	
Objetivos	Conceituar temperatura (Lei zero da Termodinâmica), calor, equilíbrio térmico. Compreender as mudanças de estado físico da água. Relacionar tais conceitos com a habitabilidade em um Planeta.
Recursos	- Se presencial: Quadro de giz e livro didático - Via acesso remoto: Editor de texto e livro didático.
Metodologia	1º momento: Leitura do texto sobre calor, temperatura e as mudanças de estado físico da água presentes no livro didático. 2º momento: Explanar sobre os conteúdos: a Lei zero da Termodinâmica e Escalas termométricas. 3º momento: Atividades com o uso de simuladores: <i>Física na Escola</i> https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt e PhET (Universidade de Colorado - https://phet.colorado.edu/pt_BR/) .
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 07	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Compreender os principais aspectos sobre o conceito de Energia no âmbito da Termodinâmica, sabendo relacionar com a Primeira lei da Termodinâmica.
Recursos	- Se presencial: Folhas impressas com textos sobre energia e suas formas. - Via acesso remoto: Arquivo disponibilizado pelo Google sala de aula. Simuladores computacionais via <i>datashow</i> ou <i>google meet</i> .
Metodologia	1º momento: Leitura do texto - Energia e suas formas. 2º momento: Explanar o conceito de trabalho e energia, presentes na Primeira Lei da Termodinâmica e sua associação com o Princípio da conservação de energia. 3º Atividade com o uso de simulador PhET (Universidade de Colorado - https://phet.colorado.edu/pt_BR/).
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Nº da aula – 08	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Diferenciar as formas de propagação de calor.
Recursos	- Se presencial: Folhas impressas com textos sobre as formas de propagação de calor. - Via acesso remoto: Arquivo disponibilizado pelo Google sala de aula. Simuladores computacionais via <i>datashow</i> ou <i>google meet</i> .
Metodologia	1º momento: Leitura do texto sobre as formas de propagação de calor. 2º momento: Atividade com o uso do aplicativo Kahoot® (https://kahoot.com/). 3º momento: Atividades com o uso de simuladores: <i>Física na Escola</i> https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt .
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 09	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Compreender a produção e emissão de energia solar e a sua importância para a conservação da vida na Terra.
Recursos	- Se presencial: Folhas impressas com textos sobre produção e emissão de energia solar. - Via acesso remoto: Arquivo disponibilizado pelo Google sala de aula. Simuladores computacionais via <i>datashow</i> ou <i>google meet</i> .
Metodologia	1º momento - Leitura dos textos 2º momento - Discussão sobre os conteúdos apresentados.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 10	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira coletiva, por meio da construção de carrinho movido a energia solar, para que possam observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.
Recursos	- Se presencial: Folhas impressas com instruções para a montagem do experimento. - Via acesso remoto: Arquivo disponibilizado pelo <i>Google</i> sala de aula.
Metodologia	1º momento: Montagem do carrinho movido a energia solar pelo professor. 2º momento: Apresentação do funcionamento do experimento. 3º momento: Conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do “método científico”.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 11	
Conteúdo – Astronomia: Exoplanetas.	
Objetivos	Discutir a existências de exoplanetas e o futuro do planeta Terra.
Recursos	- Se presencial ou Via acesso remoto: <i>Data show</i> e vídeos: 7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos e Detectando Exoplanetas.
Metodologia	1º momento- Visualização do vídeo: 7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos, por Stephen Hawking. https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8 Tempo total: 11min58s. 2º momento – Visualização do vídeo: Detectando Exoplanetas. https://www.youtube.com/watch?v=upKY2QqxPLI Tempo total: 9min35s.

	3º momento - Discussão sobre os vídeos.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 12	
Conteúdo – Termodinâmica e Astrobiologia	
Objetivos	Verificar o aprendizado dos conteúdos trabalhados
Recursos	- Se presencial: Folhas impressas com um questionário avaliativo sobre Astrobiologia e Termodinâmica. - Via acesso remoto: Questionário avaliativo via <i>google form</i> sobre Astrobiologia e Termodinâmica.
Metodologia	1º momento: Escrever um texto sobre os conteúdos trabalhados durante a aulas. 2º momento – Reaplicação do Questionário.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 13	
Conteúdo – <i>Feedback</i> aos alunos.	
Objetivos	Receber um <i>Feedback</i> dos alunos sobre o PE aplicado e também dar um retorno a eles.
Recursos	- Se presencial: Folhas sulfites para o <i>Feedback</i> . Apresentação em slides via <i>datashow</i> . - Via acesso remoto: <i>Feedback</i> via google form. Apresentação <i>slides</i> via <i>google meet</i> . O material ficará disponibilizado para <i>download</i> no <i>google</i> sala de aula.
Metodologia	1º momento: Receber um retorno dos alunos sobre o PE. 2º momento – Dar um retorno aos alunos da evolução dos mesmos, em relação a comparação dos questionários diagnóstico e avaliativo, e também por meio de observações do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: a autora, 2021.

A presente proposta, em relação a BNCC (Brasil, 2018), apresenta como base as seguintes habilidades:

EM13CNT101 - Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

EM13CNT102 - Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, com base na análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas e da composição dos sistemas naturais e tecnológicos.

EM13CNT103 - Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

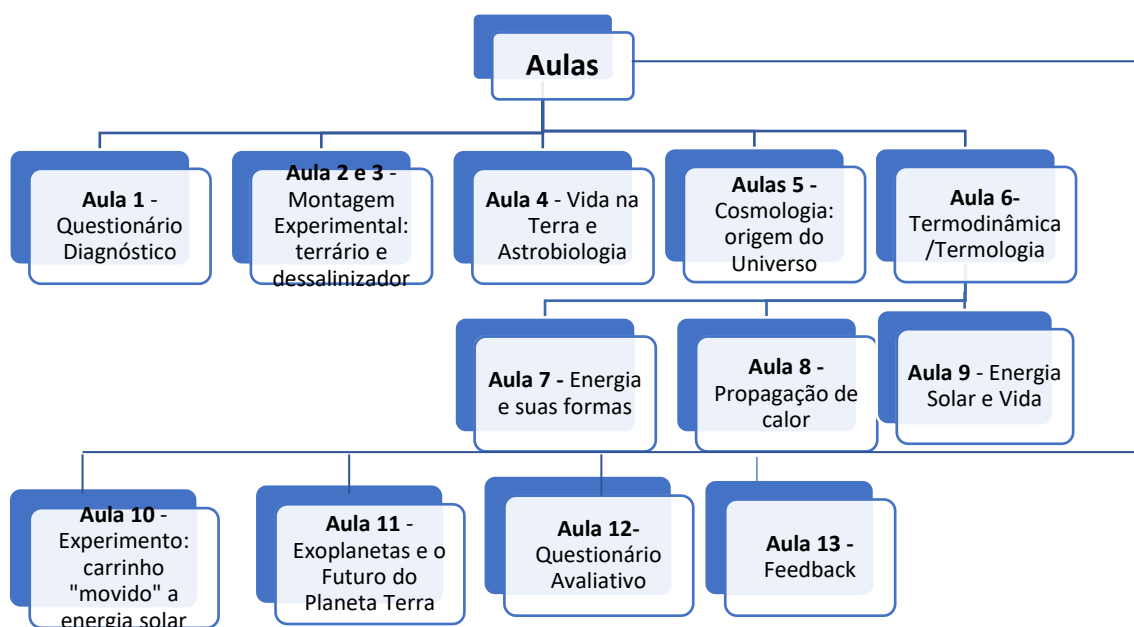
(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.

(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências. (BRASIL, 2018, p.541 e 543).

3.2.1 – Metodologia por aula

Nesta seção estão apresentadas cada aula e o conteúdo a ser trabalhado de forma detalhada. A sua estrutura é a apresentada na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Organograma da estrutura do conteúdo a ser abordado em cada aula da aplicação do PE.



Fonte: a autora e H. Mukai, 2021.

Aula 01 – Aplicação do Questionário Diagnóstico

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo - Astrobiologia e Termodinâmica

Objetivos - Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Astrobiologia e Termodinâmica.

Recursos - Folhas impressas com um questionário diagnóstico sobre Astrobiologia e Termodinâmica.

Metodologia:

1º momento - Explicar o questionário que será entregue.


2º momento - Entregar para cada aluno um questionário investigativo sobre Astrobiologia e Termodinâmica.

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 01

Nesta aula aplica-se o questionário diagnóstico, descrito no Quadro 3.2, a fim de avaliar os conteúdos prévios (subsunçores) que os alunos possuem sobre os temas: Termodinâmica e Astrobiologia.

Quadro 3.2 – Questionário diagnóstico com a finalidade de avaliar os conteúdos prévios sobre Termodinâmica e Astrobiologia. As respostas estão apresentadas na cor azul.


Mestranda: Profa. Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira Projeto de mestrado - “ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA”
Nome completo _____
Idade _____
Série _____
<ul style="list-style-type: none">• INSTRUÇÕES – Questionário Diagnóstico• Esta atividade será utilizada para fazer um levantamento do conhecimento prévio de cada um;• Leia com atenção o enunciado e escolha somente uma.

01) A Astrobiologia estuda a origem, evolução e futuro da vida no Universo.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

02) Atualmente a teoria do Big Bang é a mais aceita pela comunidade científica para explicar a origem do Universo.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

3) Exoplanetas são planetas que se encontram dentro do Sistema Solar.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

4) O Sol é a fonte primária de energia responsável por gerar luz e calor necessários para a manutenção da vida na Terra.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

5) A energia solar é um dos fatores que permitem que a água esteja em um estado líquido aqui na Terra, o que é vital para o nosso planeta.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

6) Quando a água passa do estado líquido para o estado gasoso suas moléculas ficam mais agitadas, aumentando a desordem das partículas.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

7) Calor é definido como uma forma de energia em trânsito. Esta energia em trânsito tem um sentido único: é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

8) A energia produzida pelo Sol (calor) é transmitida para a Terra por meio de um processo chamado condução.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

O processo é chamado de radiação.

9) A energia proveniente do Sol pode ser convertida em outros tipos de energia como a energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas.

- a) sim.
- b) não.
- c) não sei.

10) A energia que chega à Terra vinda do Sol pode assumir diferentes formas durante esse fluxo, mas ela nunca é criada ou destruída, apenas transformada. A sua quantidade total permanece constante.

a) sim.

b) não.

c) não sei.

A quantidade total de energia que é transformada não provém somente do Sol, e envolve outras fontes cósmicas. (Roque, A., Aula 22 – USP: <http://sisne.org/Disciplinas/Grad/Fisica2FisMed/aula22.pdf>).

11) Um objeto A, à temperatura de 200°C e um objeto B, à temperatura de 20°C são postos em contato, com o passar do tempo, a temperatura do objeto A diminui enquanto que a temperatura do objeto B aumenta, até que ambos atinjam a mesma temperatura.

a) sim.

b) não.

c) não sei.

12) Um copo de água gelada e um copo de água quente colocados sobre a bancada da cozinha por algumas horas, atingirão o equilíbrio térmico com o ambiente, quando todos os 3 atingirem a mesma temperatura. E, esse conceito (Eq. Térmico) está relacionado a lei zero da termodinâmica.

a) sim.

b) não.

c) não sei.

13) A primeira lei da Termodinâmica é uma espécie de Lei de conservação de Energia, esta relaciona o trabalho, calor e energia interna em um sistema termodinâmico.

a) sim.

b) não.

c) não sei.

Fonte: a autora.

O docente após sua correção, poderá diagnosticar quais são os subsunçores que os alunos possuem ligados ao tema, para direcionar as próximas aulas.

Esse processo é importante, pois mesmo com os planos de aula prontos, dependendo do resultado, o professor pode auxiliar os alunos com o uso de organizadores prévios conforme previsto na Teoria de Aprendizagem de Ausubel.

Aulas 02 e 03 – Montagem Experimental: terrário e dessalinizador

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 2 horas – aula (50 minutos cada aula).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo - Termodinâmica e manutenção da vida

Objetivos - Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira individual e coletiva, por meio da construção de terrário e dessalinizador (destilador solar), para que possam observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.

Recursos - Folhas impressas com instruções para a montagem dos experimentos e materiais para a sua construção.

Metodologia:

1º momento - Explicar o método científico para cada experimento.

3º momento - Leitura das instruções para a montagem dos experimentos.

3º momento - Explicar sobre a entrega da conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do método científico.

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento das Aulas 02 e 03

Explicar o que é o “método” científico, conforme apresentado na seção 1.2. A montagem e exploração do terrário e do dessalinizador favorecem as etapas do “método” científico como um guia de orientação.

Experimento 3.1 – Terrário

Materiais Utilizados:

- Mudas de plantas (suculentas) e sementes (alpiste, feijão).
- Terra vegetal, areia, cascalho, carvão vegetal triturado (evita odor e que as raízes deteriorem) e água.
- Termômetro (para medir a temperatura).
- 1 pote de vidro ou garrafa PET de 2 litros (recipiente para o terrário) com tampa.

Objetivos:

- Simular uma mini biosfera, possibilitando a observação e a análise dos fatores abióticos presentes e essenciais a sobrevivência dos seres vivos, como: o solo, a água, o ar e a luz.
- Reproduzir um ambiente natural que será observado por um determinado período, e proporcionar a verificação do desenvolvimento de seres vivos em seu interior, enfatizando a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.

Metodologia

Os alunos farão a montagem dos terrários, Figura 3.3, em suas casas/sala de aula de forma individual seguindo os procedimentos e deverão deixar expostos em um ambiente que tenha incidência solar para que possam observar o seu desenvolvimento por 10 dias.

Procedimentos:

- a) Primeiramente cortar a garrafa PET próxima a extremidade do topo.
- b) Colocar uma camada de aproximadamente três centímetros de cascalho, em seguida cobrir com 1 cm de carvão vegetal, 2 cm de areia e por último uma camada de 4 cm de terra vegetal.
- c) Plantar a muda ou sementes, regar o suficiente sem encharcar o solo.
- d) Fixar o termômetro dentro do pote e tampar o terrário.
- e) Aguardar a adaptação e o desenvolvimento das plantas por 10 dias.

Figura 3.3 – Imagem fotográfica da montagem experimental do experimento terrário.



Fonte: arquivos da autora,2021.

Experimento 3.2 – Dessalinizador ou Destilador Solar

Materiais Utilizados:

- Água filtrada
- Sal
- Filme plástico
- 1 Garrafa PET 2 litros

Objetivos

- Obter água doce a partir de água salobra, por meio da energia solar, utilizando materiais de baixo custo e de fácil acesso para obtenção
- Compreender o processo do ciclo da água na natureza;

Metodologia

Os alunos farão a montagem dos dessalinizadores, Figura 3.4, em suas casas de forma individual seguindo os procedimentos e deverão deixar expostos em um ambiente que tenha incidência solar para que possam observar o seu desenvolvimento por 2 horas.

Procedimentos:

- a) Fazer um pote a partir da garrafa PET de 2 L, cortando a extremidade perto do topo;
- b) Preencher o conteúdo da garrafa com 750 ml de água filtrada;
- c) Dissolver uma colher de sal na água;
- d) Vedar a garrafa com o filme transparente, de forma que não haja entrada de ar (se for preciso, prenda com elástico);
- e) Expor a garrafa ao Sol por 2 horas;
- f) Observar a superfície do filme plástico
- g) Recolher a água do filme plástico
- h) Experimentar o líquido da superfície do filme plástico.

Figura 3.4 – Imagem fotográfica da montagem experimental do experimento dessalinizador.



Fonte: arquivos da autora, 2021.

Após a primeira aplicação, foi introduzido o instrumento de coleta de dados a ser utilizado como relatório, baseado nas etapas do procedimento científico que muitos autores denominam de “método científico” conforme exposto na subseção 1.2.1. Este roteiro foi entregue aos alunos para que durante a execução experimental pudessem ir preenchendo e está apresentado no Apêndice B.

Aula 04 – Vida na Terra e Astrobiologia

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo – Astrobiologia

Objetivos – Apresentar a Astrobiologia como uma disciplina promotora da prática interdisciplinar e transdisciplinar.

Recursos - Apresentação em slides via *Datashow*.

Metodologia:

1º momento - Apresentar os textos sobre Astrobiologia.

2º momento - Leitura e discussão dos textos.

Avaliação – A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 04

Nesta aula, primeiramente faz-se uma explanação dos parâmetros principais para ter vida na Terra.

Vida na Terra

Para que haja vida em planetas, primeiramente vejamos o que diz a literatura (Farias e Barbosa, 2017), sobre quais parâmetros são necessários para que o mesmo ocorra e o que é uma zona habitável.

O que se sabe para que um planeta seja habitável? A chamada habitabilidade instantânea (existência de pelo menos um ser vivo), requer alguns parâmetros como:

- A principal é água líquida, que está relacionada à temperatura do local, e esta, relacionada à fonte de calor.
- Energia disponível para a reprodução, crescimento e manutenção de organismos vivos;
- Existência de pelo menos os seguintes elementos químicos: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre.

Para manter o local habitável, a distribuição da água líquida deve existir não somente na superfície do planeta, nem como no seu interior também. No caso do planeta Terra, o que mantém a água na sua superfície é a combinação da energia solar em maior grau (devido a sua distância em relação ao Sol) com o seu aquecimento interno.

Quando um planeta preserva as condições da habitabilidade instantânea é conhecido por habitabilidade contínua, nesse caso leva-se em consideração o tempo da existência de água líquida no corpo celeste (milhões de anos).

Assim, os astrobiólogos trabalham para definir quais fatores permitem a existência de água líquida e fotossíntese, na qual Farias e Barbosa (2017) classificam como planetários e astronômicos:

Fatores planetários: 1. Massa/densidade: influencia na composição atmosférica, determinando a perda ou a retenção de materiais voláteis; 2. Atmosfera: o balanço de energia de um planeta é fortemente influenciado pela composição atmosférica e pelo albedo, que indica a reflexividade de uma superfície; 3. Placas tectônicas: sustentam a temperatura média do planeta e permitem a reciclagem de substâncias como CO_2 ; 4. Campo magnético: atua como um escudo para a atmosfera do planeta protegendo-a contra a radiação solar e fluxos de plasma; Fatores astronômicos: 5. Tipo de estrela: determina a distância adequada para a existência de água líquida na superfície de um planeta; 6. Rotação: determinante para a intensidade do campo magnético do planeta; 7. Presença de satélite: interfere na regulação do clima do planeta; 8. Impactos: podem afetar negativamente a habitabilidade provocando a vaporização de oceanos e extinções de espécies, porém também podem favorecer as condições para a vida aumentando a disponibilidade de nutrientes e energia. (FARIAS e BARBOSA, p. e4402-3, 2017)

Na sequência, apresentam-se aos alunos, dois textos (Texto 1 – Quadro 3.3. e Texto 2 – Quadro 3.4) para leitura em aula, conjuntamente com o professor.

Quadro 3.3 – Texto proposto aos alunos sobre o que é e o que trata a Astrobiologia.

Texto 1 – Astrobiologia – do que se trata?

Fonte: <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-daterra/>> e-book-gratuito-reune-textos-sobre-astrobiologia/

“A Astrobiologia é uma área recente de pesquisa científica que procura entender o fenômeno da vida em nosso Universo, não se restringindo apenas à vida na Terra, ou mesmo à vida como a conhecemos.

Ela aborda algumas das questões mais complexas sobre os sistemas biológicos, como sua origem, evolução, distribuição e futuro na Terra e, possivelmente, em outros planetas e luas.

Por ser multi e interdisciplinar é, acima de tudo, uma ferramenta para facilitar a comunicação e interação entre especialistas de diferentes áreas, e também com a população em geral, já que trata de temas que despertam o interesse geral.

Pela primeira vez, estão disponíveis as ferramentas tecnológicas e o rigor científico à disposição para lidar com alguns dos problemas mais complexos e antigos da humanidade. De onde viemos? Para onde vamos? Estamos sozinhos no Universo?

A Astrobiologia procura responder essas perguntas baseando-se na história da vida na Terra e suas relações com o planeta, extrapolando esse conhecimento para o desenvolvimento de metodologias para o estudo de outros mundos, seja com robôs, missões tripuladas ou técnicas astronômicas.

Os cientistas dessa área estão desbravando novas fronteiras do conhecimento humano, e esse é apenas o início desse esforço interdisciplinar e internacional, que já está se estabelecendo também no Brasil.”

Fonte: <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-daterra/>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

Sugestões de Discussões

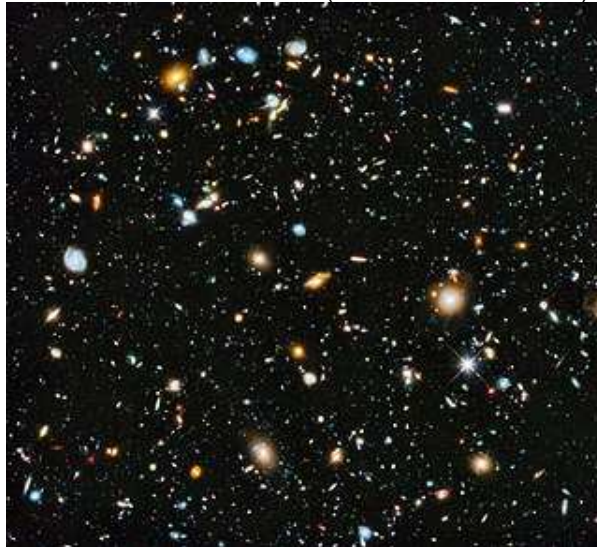
O tema Astrobiologia é algo interessante? Por qual motivo?

Nesta abordagem, caso o aluno diga sim ou não, será possível detectar a motivação dos alunos perante o assunto e texto apresentado. Se a resposta for sim, siga com o assunto; se for não, então questione o motivo e como pode trabalhar o assunto. Nesse caso, apresente uma imagem, pois talvez o motivo seja por falta de visualização do que está sendo abordado. Aqui entram os organizadores prévios. Exemplo: Vocês imaginam o que é o Universo?

Segundo a enciclopédia Britânica, “Universo é todo sistema cósmico de matéria e energia na qual a Terra, e desta forma a raça humana, faz parte”. É uma composição das mais variadas formas existentes em uma imensa dimensão contendo, planetas, estrelas, galáxias, componentes intergalácticos, entre outros.

O que foi possível ser observado é o que está em um raio de 46 bilhões de anos-luz ($1 \text{ ano-luz} = 9,461 \cdot 10^{15} m$), chamado de Universo observável. A Figura 3.5. apresenta uma imagem registrada pelo telescópio Hubble, mostrando uma grande variedade de galáxias, sendo que as distâncias são avaliadas pelas cores, as mais distantes são as vermelhas. Cada galáxia é composta por bilhões de estrelas. Em nossa galáxia, o Sol é uma das estrelas.

Figura 3.5– Imagem registrada pelo telescópio Hubble, ilustrando uma parte do Universo em um raio de 46 bilhões de anos-luz (Universo Observável).



Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Universo#/media/Ficheiro:NASA-HS201427a-HubbleUltraDeepField2014-20140603.jpg>> Acesso: 20 mar. 2021.

Nessa imensidão, encontra-se a nossa galáxia e dentro dela o sistema solar. Como é composto em termos de planetas o nosso sistema solar? A Figura 3.6 apresenta essa composição: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, apresentados da esquerda para a direita do Sol.

Figura 3.6 – Imagem ilustrativa dos planetas que compõem o sistema solar.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar#/media/Ficheiro:Planets2013-unlabeled.jpg>. Acesso em: 20 mar. 2021.

Portanto (As ilustrações dos ícones utilizados neste trabalho são os disponíveis no editor de texto da *Microsoft*),

A Astrobiologia é uma área recente de pesquisa científica, que procura entender o fenômeno da vida em nosso Universo, não se restringindo apenas à vida na Terra, ou mesmo à vida como a conhecemos.



O que envolve seu estudo?

Ela aborda algumas das questões mais complexas sobre os sistemas biológicos, como sua origem, evolução, distribuição e futuro, na Terra e, possivelmente, em outros planetas e luas.



O que é interdisciplinar e multidisciplinar???

O primeiro aborda interação aos pares entre conteúdos de componentes curriculares (disciplinas) diferentes, e o segundo entre várias disciplinas.



O que tem essa área de tão interessante? Imaginem um dia poder responder:

De onde viemos? Para onde vamos? Estamos sozinhos no Universo?

E, o principal, o laboratório de estudo é a vida em nosso planeta!

A Astrobiologia procura responder essas perguntas baseando-se na história da vida na Terra e suas relações com o planeta, extrapolando esse conhecimento para o desenvolvimento de metodologias para o estudo de outros mundos, seja com robôs, missões tripuladas ou técnicas astronômicas.

Logo, nós fazemos parte desse aprendizado. Dando continuidade ao entendimento desse assunto segue-se com o Texto 2 (Quadro .3.4).

Quadro 3.4 – Continuação do texto sobre Astrobiologia.

Texto 2 – Astrobiologia

Fonte: Yara Laiz Souza, [s.d.] Disponível em: <https://www.infoescola.com/ciencias/astrobiologia/> “Sobre a astrobiologia”. Autorizada a reprodução pelo Editor do InfoEscola Lucas Martins em 22/11/2023.

“Sempre nos perguntamos acerca de como a Vida surgiu em nosso planeta. A astronomia é o campo que cuida dos saberes sobre o Universo: sua origem, leis e curiosidades. Entretanto, para responder a muitas perguntas, esse campo precisou se desmembrar em outras áreas complementares. Para responder sobre a questão do surgimento da vida, a Astrobiologia surgiu como uma forma de reunir os estudos e pesquisa sobre o assunto.

A Astrobiologia é uma área de pesquisa recente; o departamento de astrobiologia da Agência Espacial Americana NASA completou 50 anos em 2015. De modo geral, a Astrobiologia busca compreender a origem, evolução, futuro e distribuição da vida tanto na Terra como em outras partes do Universo.

Ao longo dos anos, pesquisadores vêm encontrando indícios de como a vida se estabeleceu e evoluiu na Terra, e algumas dicas de como ela sobreviveria em outras partes do Universo.

Algumas espécies terrestres, chamados de extremófilos, vivem em condições de ambientes extremos e quase insuportáveis como à beira de vulcões ou debaixo de extensas calotas de gelo. Esses animais ajudam os pesquisadores a entender como seria a adaptação da vida em planetas muito quentes como Mercúrio ou a locais muito gelados como Plutão.

Muitas pessoas confundem astrobiologia com exobiologia. Apesar da definição quase semelhante, uma é mais abrangente e a outra é mais específica e limitada, respectivamente. Exobiologia diz respeito à busca da vida fora da Terra e como os ambientes extraterrestres surtem efeitos em tais seres vivos, enquanto que a Astrobiologia busca as origens da Vida na Terra e busca compreender a ligação da vida com o Universo, além de se perguntar como encontrar e entender a vida em outros planetas e luas.

Para estudar todas as questões referentes à Vida e sua origem e adaptação na Terra e no Universo, a Astrobiologia conta com a ajuda de diversas áreas como, biologia, astronomia, física, geografia, ciências planetárias, entre outras. Além de cálculos teóricos especialmente criados para responder a essas perguntas e a simulação experimental de diversos ambientes. A simulação pode ocorrer tanto em laboratórios especiais quanto em ambientes da própria natureza como as áreas mais geladas do Planeta.

Até agora, as pesquisas têm encontrado grandes respostas para o surgimento de Vida na Terra, e continua buscando por similares do tipo de vida terrestre em outros locais ou por coisas totalmente novas. A NASA é uma das agências que lidera esses esforços e sempre traz resultados incríveis.”

Fonte: extraído do site infoescola - disponível em: <<https://www.infoescola.com/ciencias/astrobiologia/>>. Acesso em: 25 mar. 2021. Autorizado para publicação em 22 nov. 2023:

Discussão

Nesta discussão o professor deve ser o mediador da troca de informações, para a construção do aprendizado, e detectar por partes o que já compreenderam e o que não, para que se possa buscar outras estratégias metodológicas a auxiliar nessa compreensão.

Sugestão de questões:

Compreenderam o que se estuda nesse novo ramo da ciência?

...Astrobiologia busca as origens da Vida na Terra e busca compreender a ligação da vida com o Universo, além de se perguntar como encontrar e entender a vida em outros planetas e luas.



**O que mais chamou a atenção nesse estudo? O que acharam de interessante?
Será algo ligado com a NASA?**

Após anotar o que é necessário reforçar, abrir via google sala de aula um espaço para esclarecimentos, antes da próxima aula.

Aula 05 - Cosmologia: origem do Universo e o Sistema Solar

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo – Cosmologia: origem do Universo e o Sistema Solar

Objetivos:

- Compreender a teoria *Big Bang* para origem do Universo.
- Conhecer os planetas do Sistema Solar.

Recursos - Data show, Simulador computacional e vídeos - O Universo - Além do *Big Bang* – *History Channel* e *Viajando pelo Sistema Solar*.

Metodologia:

1º momento - Visualização dos 10 primeiros minutos do vídeo: o Universo - Além do Big Bang – HistoryChannel - disponível em: <
<https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD>> (dublada em português)

Tempo total do vídeo - 1h30min51s

2º momento - Visualização do vídeo - *Viajando pelo Sistema Solar*. - <
<https://www.youtube.com/watch?v=zLFvrrSef8>> em português - Tempo total do vídeo: 14min45s.

3º momento - Discussão sobre os vídeos.

4º momento - Atividade com o uso de simulador Física na Escola (*Physics at school*):

<<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>.

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da aula 05

Após a introdução do que se trata o tema Astrobiologia e sabendo que o mesmo trata do estudo da origem, evolução e futuro da vida na Terra e no Universo, escolheu-se por apresentar aos alunos um tema que muitos ouvem falar, que é sobre o *Big Bang*. Como metodologia optou-se a apresentação de parte de um vídeo disponível na *internet* de forma que se os alunos quiserem rever, podem fazê-lo pelo celular.

A escolha do segundo vídeo - Viajando pelo Sistema Solar, tem por objetivo analisar as condições de habitabilidade em outros planetas desse sistema.

1º momento - Visualização dos primeiros 10 minutos do vídeo: O Universo - Além do *Big Bang* – *HistoryChannel* - disponível em: <<https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD>> (dublado em português)

Tempo total do vídeo: 1h30min51s. Caso não encontre o vídeo, digite o título no sistema de busca da *internet* e terá outros endereços disponibilizando-o como por exemplo: < <https://vimeo.com/90826347>> acessado em 21/11/2023.

Discussões:

- O *Big Bang* realmente aconteceu?
- Como era a temperatura antes e depois do *Big Bang*?

Para as respostas utilizar caso seja necessário o Texto auxiliar 1 – Quadro .3.5.

Quadro 3.5 – Texto auxiliar sobre o *Big Bang*.

Texto auxiliar 1 - *Big Bang* – A teoria do *Big Bang*

“A busca pela compreensão sobre como foi desencadeado o processo que originou o Universo atual, proporcionou – e ainda proporciona – vários debates, pesquisas e teorias. Até

o momento, a explicação mais aceita sobre a origem do Universo é baseada na teoria da Grande Explosão, em inglês, *Big Bang*.

Ela apoia-se, em parte, na teoria da relatividade do físico Albert Einstein (1879-1955) e nos estudos dos astrônomos Edwin Hubble (1889-1953) e Milton Humason (1891-1972), os quais demonstraram que o universo não é estático e se encontra em constante expansão, ou seja, as galáxias estão se afastando umas das outras. Portanto, no passado elas deveriam estar mais próximas que hoje, e, até mesmo, formando um único ponto.

Segundo o cientista russo, George Gamow (1904-1968) e o padre e astrônomo belga Georges Lemaître (1894-1966), o Universo teria surgido após uma grande explosão cósmica, entre 10 e 20 bilhões de anos atrás.

O termo explosão refere-se a uma grande liberação de energia, criando o espaço-tempo.

Ao expandir-se, o Universo também se resfriou e os elementos químicos começaram a se unir dando origem às galáxias.

A teoria do Big Bang (Figura 1) é aceita pela maioria dos cientistas, entretanto, muito contestada por alguns pesquisadores.”

Fonte do texto: “Big Bang”; Brasil escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>. Acesso em: 09 set. 2021.

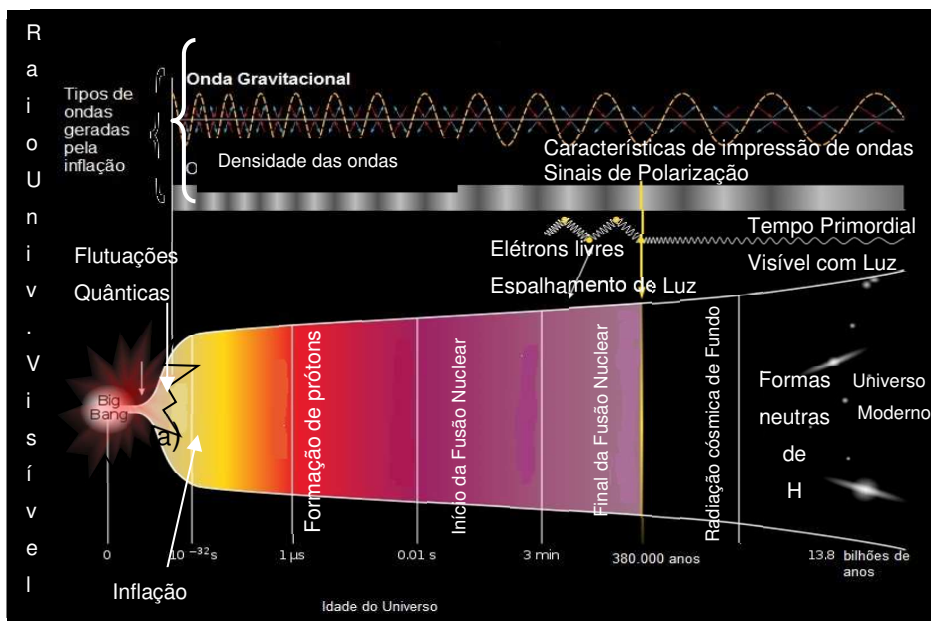
Figura 1 - Imagem ilustrando a possível “explosão” que deu origem ao Universo.



Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>. Acesso em 09/07/2021.

A temperatura do Universo na sua origem (há 13,7 bilhões de anos) era da ordem de $10^{39} K$. Estudos relatam que este se expandiu e esfriou quando há 10^9 anos atingiu a temperatura $3 K$ e se mantém na média atualmente (Figura 2).

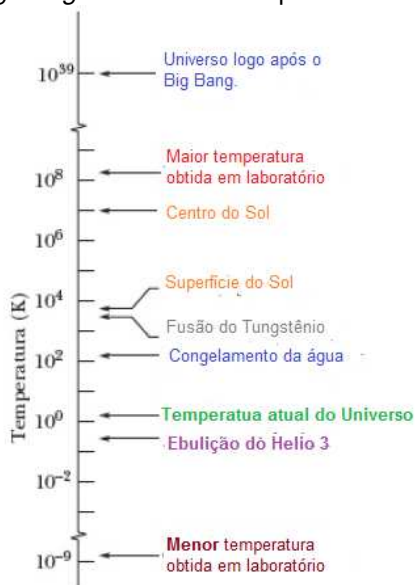
Figura 2– Imagem ilustrando de forma geral a ordem cronológica desde o *Big-Bang* à época atual.



Fonte: tradução e adaptação de H. Mukai, extraído de Wikipedia. Original: DrbogdanVector: Yinweichen - Obra do próprio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31825049>. Acesso em 09/07/2021.

Na Figura 3 está apresentada uma escala da Temperatura logo após o *Big Bang*, até a menor temperatura obtida em laboratório (Halliday e Resnick, 2016). Como a escala apresentada é a logarítmica não aparece a temperatura de 0 K, pois não existe.

Figura 3 – Desenho esquemático indicando as temperaturas T (K) em escala logarítmica desde instantes após o *Big Bang* até a menor temperatura obtida em laboratório.



Fonte: adaptado da Fig.18-1 da referência (Halliday e Resnick, 2016).

Fontes: Brasil escola (2021), wikipedia (2021) e Halliday e Resnick (2016).

Caso os alunos questionem sobre **a evidência da existência do Big Bang**, pode-se citar: a expansão do Universo; a escuridão da noite; a radiação cósmica de fundo, e a abundância de Hélio no Universo. Sobre cada uma pode ser visto no *site*: <<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/cosmo3.html>>.

2º Momento - Iniciar com o vídeo: Viajando pelo Sistema Solar

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=zLFvrurSef8>> - Tempo total do vídeo: 14min45s.

Discussões (Os ícones de imagens utilizados como ilustração neste trabalho são do editor de texto da *Microsoft*):

1) Todos os planetas do Sistema Solar podem ser considerados habitáveis?

Não, somente o Planeta Terra pertence a Zona habitável (como foi ilustrado na Figura 2.30), pois devem satisfazer alguns fatores.



2) Quais fatores influenciam na habitabilidade de um planeta?

- Presença de uma estela de longa vida capaz de fornecer energia de forma contínua por vários bilhões de anos de forma a proporcionar o surgimento e a evolução da vida;
- Água doce;
- Composição rochosa do planeta tal que seja capaz de manter água limpa na superfície durante bilhões de anos;
- Campo magnético em seu entorno para proteção da sua superfície de ataques de partículas energéticas do vento solar e dos raios cósmicos;



Portanto, é importante conhecer informações do nosso sistema solar, e sugerimos além do vídeo, o texto auxiliar 2 (Quadro 3.6).

Quadro 3.6 – Texto auxiliar 2 com informações sobre os planetas do sistema solar.

Texto auxiliar 2- Informações sobre os Planetas do Sistema Solar

Para saber sobre a questão da vida e habitabilidade em um planeta, é importante partirmos do que já conhecemos, que é o nosso sistema solar, e o que os demais planetas são diferentes de nosso planeta Terra.

Uma imagem ilustrativa do Sistema Solar foi apresentada como a da Figura 2.2 ou 3.9, e no Quadro.1 apresentam-se as principais características de cada planeta. Entre as grandezas apresentadas, pode-se observar que a temperatura nos planetas que compõem o nosso sistema varia de acordo com a sua distância em relação a uma estrela, que é o Sol, fator importante para a existência e habitabilidade em um planeta.

Quadro 1 – Informações sobre os planetas de sistema solar.

Planeta	Características	Rotação em torno de seu próprio eixo	Ano (Translação) Giro ao redor do Sol	Distância Planeta-Sol (km)	Temperatura
Mercúrio	Rochoso, com crateras, sem satélite, atmosfera rarefeita, 8º em tamanho	58 dias e 16 horas terrestres	87,97 dias terrestres	57.910.000	400°C lado voltado ao Sol, e -180°C lado oposto ao Sol
Vênus	Rochoso e Vulcânico. Atmosfera composta por gás carbônico e ácido sulfúrico, não possui satélite, 6º em tamanho. Mais brilhante conhecida como Estrela D'ÁLVA	243,01 dias terrestres	224,7 dias terrestres	108.200.00	460°C
Terra	Atmosfera: rico em Oxigênio e Nitrogênio, relevo rochoso, possui água líquida, Satélite: Lua; 5º em tamanho.	23 horas e 56 minutos	365 dias e 6 horas (ano bissexto)	149.600.00	-70°C a 55°C Temperatura média de 14°C
Marte	Montanhoso, vulcânico, deserto e possui calotas polares. Atmosfera rarefeita. Satélites: Fobos e Deimos	24 horas e 37 minutos	686,98 dias terrestres	227.940.000	-120°C a 25°C
Júpiter	Gigante gasoso, Satélites: 39; 3 anéis de poeira e pedaços de rochas 1º em tamanho.	9 horas e 56 minutos	11 anos e 315 dias terrestres	778.330.000	-150°C
Saturno	Gasoso, 7 anéis maiores e outros muitos menores formados de rochas e cristais de gelo. Ventos de 1500 Km/h, 23 satélites, 2º em tamanho.	10 horas e 15 minutos	29 anos e 6 meses terrestres	1.429.400.000	-150°C
Urano	Atmosfera: Hidrogênio e Hélio e um pouco de metano. Possui 21 satélites e 10 anéis. Descoberto em 1781.	12 horas e 14 minutos Eixo de rotação quase horizontal.	84 anos e 4 dias terrestres	2.880.990.000	-216°C
Netuno	4º em tamanho Atmosfera: Hidrogênio, e em menor grau Hélio e Metano Possui 8 satélites naturais e 5 anéis. Sua cor é azulada. Tempestades de ventos de até 2.000 Km/h	16h e 7 m	165 anos terrestres	4.504.3000.000	-214°C
"Plutão"	Desde 2006 – planeta anão – composta de rochas e gelo. Bola de neve gigante de metano e água.	6 dias e 9 horas terrestres	248 anos e 6 meses	-----	-220°C

Fonte: SOUSA, Rafaela. "Sistema Solar"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sistema-solar.htm>. Acesso em: 30 jun. 2021; Pedagogia&educação, 2013. "Sistema Solar: planetas e características". Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/sistema-solar-planetas-e-caracteristicas.htm>. Acesso em: 18 jan. 2021.

Assim, é importante também conhecer a atmosfera terrestre, conforme apresentado no texto auxiliar 3 (Quadro 3.7).

Quadro 3.7 – Texto auxiliar 3 – Atmosfera da Terra.

Texto auxiliar 3 - Atmosfera da Terra

Fonte: <https://www.iag.usp.br/siae98/estufa/estufa.htm>

“A atmosfera da Terra é constituída de gases que permitem a passagem da **radiação** solar, Figura 1, e absorvem grande parte do calor (a **radiação** infravermelha térmica), emitido pela superfície aquecida da Terra. Esta propriedade é conhecida como **efeito estufa**. [..]

Figura 1 – Desenho ilustrativo do processo que ocorre da radiação recebida do Sol na atmosfera.



Fonte: Estufa, disponível em: <https://wwwp.fc.unesp.br/~lavarda/procie/dez14/luciana/index.htm> . Acesso em: 30 jun. 2021.

[...]. Graças a ela, a **temperatura** média da superfície do planeta mantém-se em cerca de 15°C. Sem o efeito estufa, a **temperatura** média da Terra seria de 18°C abaixo de zero, ou seja, ele é responsável por um aumento de 33°C. Portanto, é benefício ao planeta, pois cria condições para a existência de vida, quanto maior for a concentração de gases, maior será o aprisionamento do calor, e conseqüentemente mais alta a **temperatura média** do globo terrestre.”

Fonte: Texto – Estufa. Disponível em: < <https://www.iag.usp.br/siae98/estufa/estufa.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

Essa parte é importante no experimento do terrário, que é uma mini estufa, introduzido para que os alunos compreendam a manutenção da vida em um planeta, controlando a “atmosfera” no seu interior, além de poder completar com o esclarecimento sobre o problema do aquecimento global. Que o efeito estufa é

necessário para a sobrevivência em um planeta, e caso a camada de gases emitidos interiormente se tornar muito espessa, haverá o aquecimento interno indevido, e isso sim é prejudicial para a manutenção de vida no planeta, ocasionando vários desequilíbrios na natureza. E em relação ao conteúdo de termodinâmica, tem-se o conceito de temperatura e a introdução de forma indireta o conceito de calor.

Neste texto ainda é informado que:



“as descargas de gases na atmosfera por parte das indústrias e das frotas de veículos, contribuem para aumentar o problema, e naturalmente ainda continuarão a ser objeto de muita discussão entre os cientistas e a sociedade”.



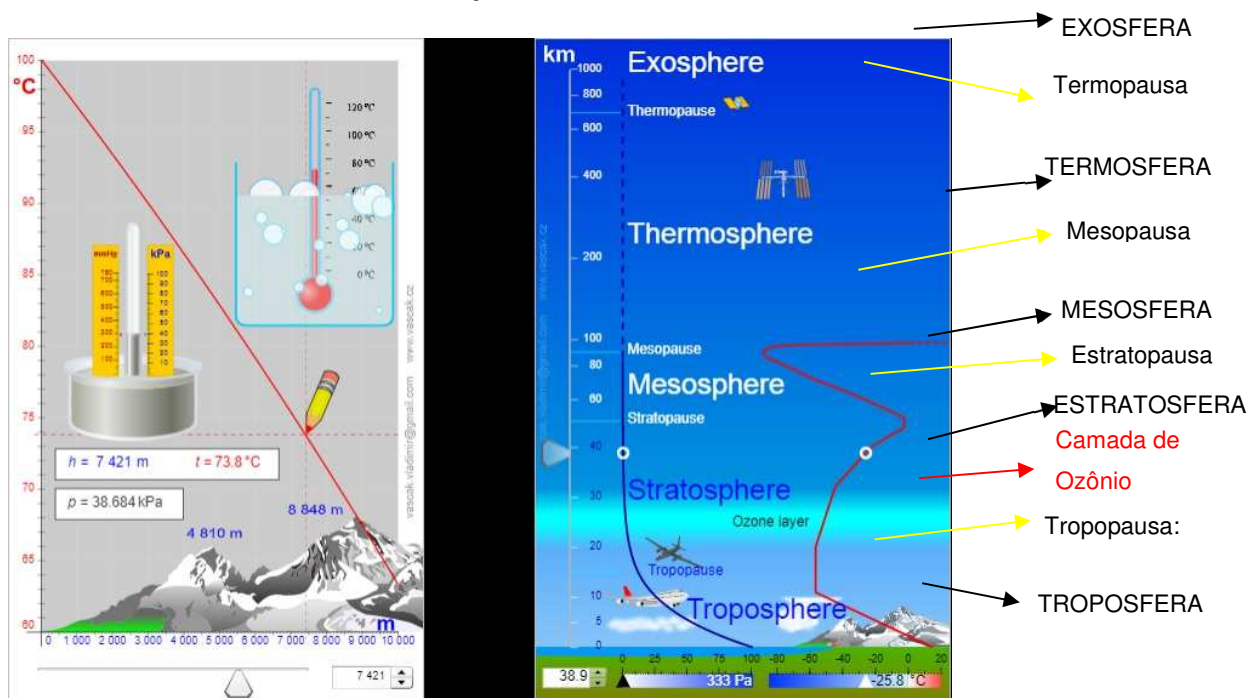
Algo para os alunos refletirem.

Continuando a importância **da temperatura e termômetro** para a próxima aula, utilizar os simuladores (Figura 3.7) disponíveis nos links: “Ponto de ebulição da água” <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplota_varu_vyska&l=en> “atmosfera terrestre” <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=mf_atmosfera&l=pt> que tratam de:

- (a) variação da **pressão** conforme aumenta a altura e como fica a **temperatura**, ainda compara com uma **água em ebulição**, e em
- (b) a variação da altura pela **pressão** e **temperatura** para a atmosfera.

No primeiro, basta deslocar para a direita o cursor situado na parte inferior da janela com o *mouse*, e o lápis virtual se movimenta indicando os valores de pressão, altura e temperatura. No Becker virtual também é possível observar a temperatura de ebulição da água no termômetro virtual. No segundo simulador variando o cursor do lado esquerdo do quadro, de baixo para cima, é possível observar a variação da pressão e temperatura indicando que quanto maior a altitude, menor a pressão e a temperatura. Para se ter uma ideia da altitude é apresentada a região em que voam os aviões, os satélites, que os balões estouram, entre outros.

Figura 3.7 – Cópia de tela da variação de temperatura e pressão (a) com gráfico, e (b) na atmosfera terrestre. A tradução na lateral é da autora deste trabalho.



Fonte: Vladimir Vascak – simulador, disponível em: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplota_varu_vyska&l=en e https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=mf_atmosfera&l=pt. Acesso em: 30 jun. 2021.

Encerrar a aula com duas questões de vestibular sobre o último assunto abordado, e observar se o uso de simulador ajudou na compreensão do conteúdo.

Questões (Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/geografia/termosfera> - acesso em: 15 jul. 2021):

01. [MACKENZIE 01/2011- Questão 28] - A respeito das camadas que compõem a atmosfera terrestre, considere as afirmações I, II, III e IV:

I. A Troposfera é a camada mais baixa da atmosfera e, é nela, que os principais fenômenos meteorológicos ocorrem, tais como tempestades, chuvas, precipitações de neve ou granizo e formação de geadas.

II. A camada de ozônio (O_3) concentra-se na Termosfera. Formada a cerca de 400 milhões de anos, protege a Terra dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol, nocivos à vida. Porém sabemos que, devido à emissão crescente de CO_2 pelas sociedades modernas, abriram-se buracos enormes nessa camada, permitindo a entrada de tais raios.

III. A Mesosfera se estende da Estratosfera a até aproximadamente 80 quilômetros acima do nível do mar. É a faixa mais fria, porque nela não há nuvens nem gases capazes de absorver a energia do Sol. A temperatura varia de $-5^\circ C$ a $-95^\circ C$.

IV. O efeito estufa é um fenômeno natural que mantém o planeta aquecido nos limites de temperaturas necessárias para a manutenção da vida. Nos últimos dois séculos, vem aumentando, na camada atmosférica que recobre a Terra, a concentração de dióxido de carbono, do metano, do óxido nitroso e de outros gases. Esse aumento anormal provoca a aceleração do aquecimento global.

Estão corretas:

- a) I e II, apenas.
- b) I, II e III, apenas.
- c) II, III e IV, apenas.
- d) I, III e IV, apenas. (item II errado, a camada de ozônio pertence estratosfera)
- e) I, II, III e IV

02. [UNIFEI] - A maior parte dos fenômenos meteorológicos, como, as chuvas, os ventos e os deslocamentos de massas de ar, ocorre na:

- a) Estratosfera
- b) Troposfera
- c) Mesosfera
- d) Termosfera

Aula 06 - Termodinâmica/Termologia

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo - Termodinâmica – Temperatura (Lei zero da Termodinâmica), Calor, Estado Físico da água

Objetivos:

- Conceituar temperatura (Lei zero da Termodinâmica), calor, equilíbrio térmico.
- Compreender as mudanças de estado físico da água.
- Relacionar tais conceitos com a habitabilidade em um Planeta.

Recursos - Quadro de giz (ou textos em apresentação), simuladores e livro didático.

Metodologia:

1º momento - Leitura do texto sobre calor, temperatura e as mudanças de estado físico da água presentes no livro didático.

2º momento - Explicar sobre os conteúdos: a Lei Zero da Termodinâmica e Escalas termométricas.

3º momento - Atividades com o uso de simuladores: Física na Escola (*Physics at school*) Link:

<https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplotni_st_upnice&l=pt> – para trabalhar sobre termômetro e as escalas termométricas, e o PhET - Universidade de Colorado - <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>> para trabalhar os conceitos de calor, equilíbrio térmico e Lei Zero da Termodinâmica..

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 06

O que vem a ser temperatura? Nos conteúdos abordados até o momento foi citado essa palavra muitas vezes. Iniciando assim o conteúdo da termodinâmica apresentada no Capítulo 2, na seção 2.2.

Conceito de temperatura

Para responder o que é temperatura introduz-se dois simuladores, um para trabalhar com o que é chamado de termômetro e as escalas de temperaturas, e outro com o conceito de calor e equilíbrio térmico.

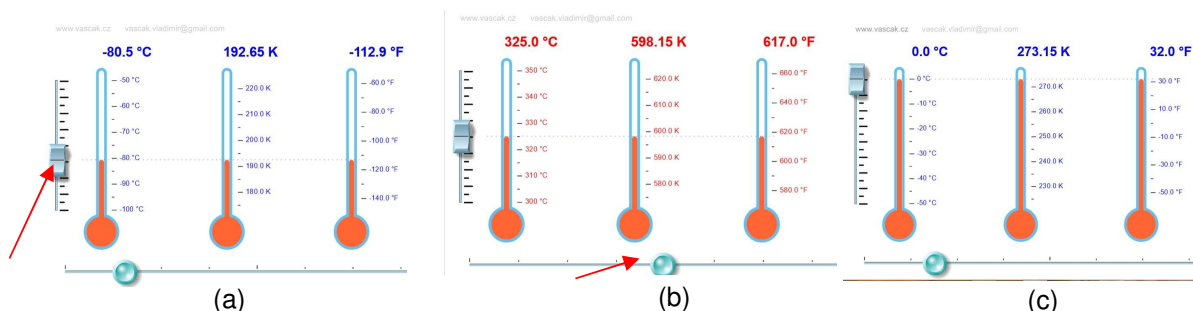
Escalas de Temperatura

Para trabalhar as escalas de temperaturas em três principais unidades - usar o simulador disponível no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplotni_st_upnice&l=pt>, ilustrado na Figura 3.8.

Varie as escalas na vertical, indicado com as setas vermelhas, clicando sobre o “botão” lateral, mantendo apertado o botão do “mouse”, e variando para cima e para baixo, veja o valor equivalente nas três unidades termométricas (Figura 3.8 (a)); faça o mesmo depois na horizontal (Figura 3.8 (b)) movimento para a esquerda e para a

direita. Pode também mostrar quanto vale o zero grau Celsius¹⁹ nas escalas em Kelvin²⁰ e em Fahrenheit²¹ (Figura 3.8 (c)). Para isso, mova o cursor vertical no máximo e o horizontal próximo a segunda marca, indicando na parte superior do termômetro a temperatura de 0°C.

Figura 3.8 – Cópia da tela do Simulador de escalas de temperatura, graus Celsius (°C), Kelvin (K) e graus Fahrenheit (°F). (a) indicando o cursor lateral que informa o valor equivalente nas 3 escalas; (b) o cursor inferior movimentando na horizontal mostra os valores sem variar o nível do líquido. (c) Variando ambos os cursores.



Fonte: Vladimir Vascak, Simulador Física na escola, disponível no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplotni_stupnice&l=pt>. Acesso em: 21 set. 2021.

E se mover o botão da vertical é possível mostrar quanto vale o zero absoluto (0 K) na escala Celsius e Fahrenheit.

Sugestão - Nesse ponto pode-se trabalhar com as equações de transformação das escalas termométrica (usando a Equação. (2.3)) e comparar com o resultado fornecido pelo simulador.

$$T_{\text{°C}} = \frac{5}{9}(T_{\text{°F}} - 32) \quad \text{ou} \quad T_{\text{°F}} = 1,8 T_{\text{°C}} + 32 \quad (3.1(a))$$

$$T_{\text{K}} = T_{\text{°C}} + 273,15 \quad \text{ou} \quad T_{\text{°C}} = T_{\text{K}} - 273,15 \quad (3.1(b))$$

Observação – A menor temperatura que se pode existir é aquela em que a agitação térmica das moléculas seria nula, ou seja, as moléculas estariam em repouso. (Deixando claro que isso não ocorre). A essa temperatura, denominada de **zero absoluto**, em 1848, Lord Kelvin (William Thompson) estabeleceu uma escala

¹⁹ Em 1742 o astrônomo e físico Anders Celsius criou a escala Celsius, usou o ponto de fusão da água como 0°C e o ponto de ebulição 100°C.

²⁰ A escala Kelvin, proposta pelo Lord Kelvin, foi baseada na agitação molecular, considerando que a 0 K, não há agitação, chamado de zero absoluto;

²¹ Já a escala Fahrenheit é foi proposta pelo físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit, em que considerou o 0°F à mistura de água líquida, gelo e cloreto de amônia, e a 32°F à mistura gelo e água, tendo um terceiro ponto de 96°F a temperatura do corpo humano;

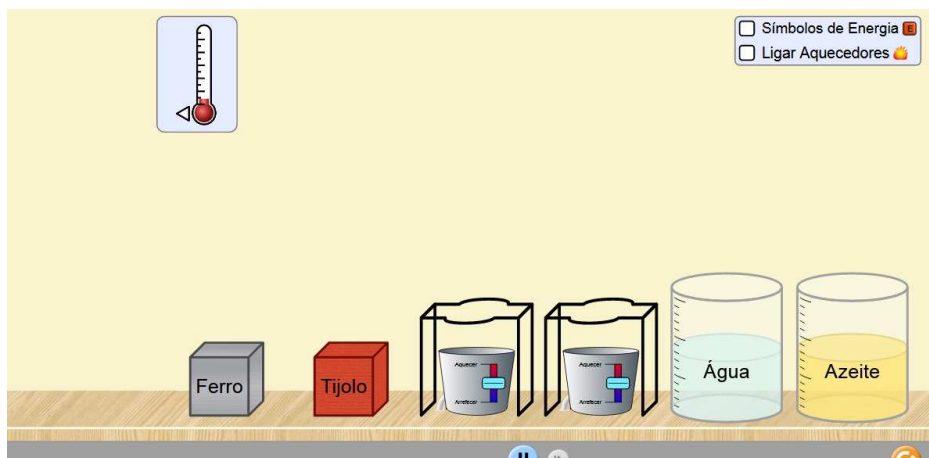
absoluta. Tal que o zero absoluto dado por zero Kelvin $0K$ equivale a $273,15^{\circ}C$, $273,15 K$ ao ponto de fusão da água $0^{\circ}C$ e $373,15 K$ a $100^{\circ}C$ (ponto de ebulição da água). (RAMALHO *et al.*, 1976).

Calor e Formas de Energia

Calor (Q) é a energia que transita de forma espontânea de um corpo de maior temperatura para uma de menor temperatura. Essa energia é a energia térmica.

Para mostrar como a energia transita de um corpo para outro use o simulador: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. A página inicial do simulador “formas e mudanças de energia” é a apresentada na Figura 3.9.

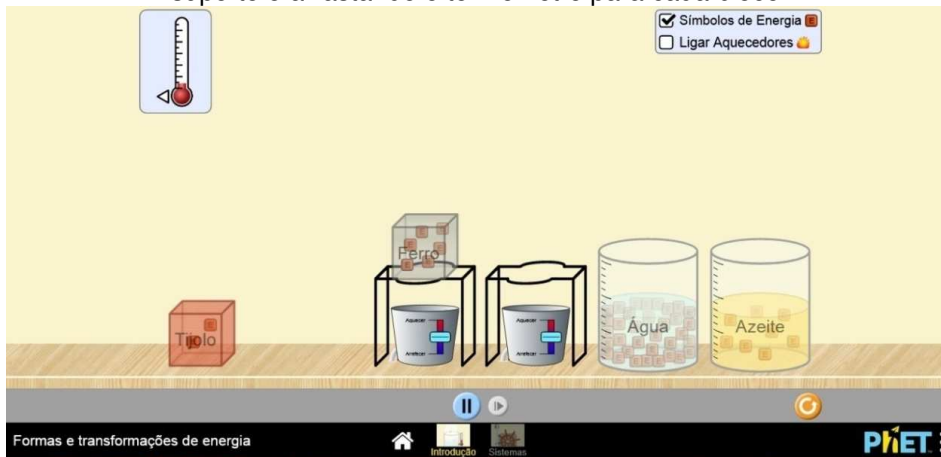
Figura 3.9 - Cópia da tela do simulador PhET da primeira página do experimento “formas e mudanças de energia”.



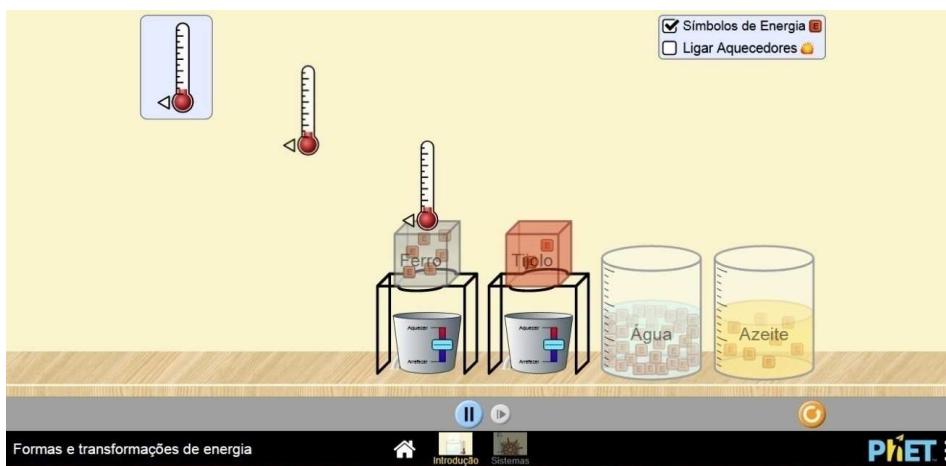
Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>. Acesso em: 23 set. 2021.

Esse simulador demonstra que o calor flui do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Para isso, primeiro arraste o bloco de ferro para cima do suporte, usando o *mouse*, conforme indicado na Figura 3.10 (a) e em (b) coloque um “tijolo” (material feito de barro tipo argila) sobre o outro suporte, e arraste um termômetro com o *mouse* sobre cada material.

Figura 3.10 - Cópia da tela do PhET Formas e Mudanças de Energia. Indicando (a) o bloco de Ferro sobre o suporte e assinalado os símbolos de energia, e em (b) o bloco de tijolo em cima de outro suporte e arrastando o termômetro para cada bloco.



(a)

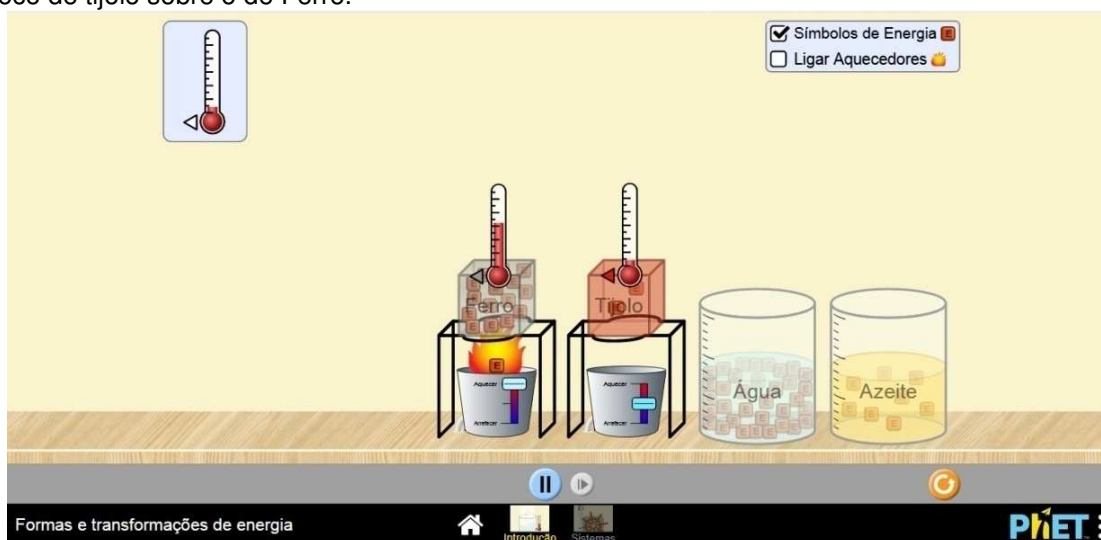


(b)

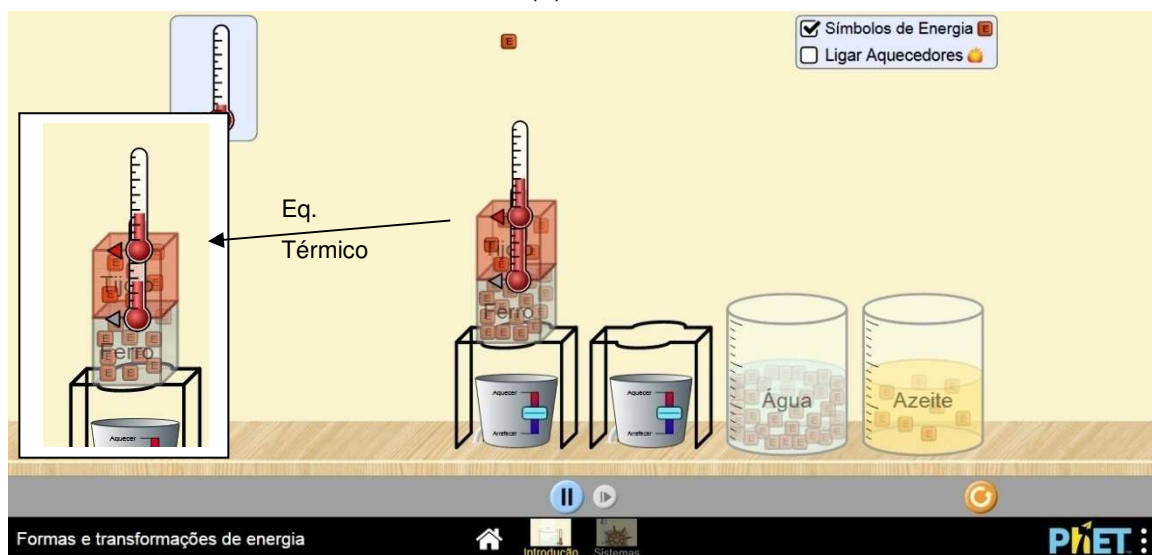
Fonte:< <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em:23 set. 2021.

Após colocar um termômetro sobre cada bloco, simule o aquecimento do bloco de ferro, deslocando para cima o botão, aparecerá a imagem da chama. Mantenha segurado e observe a elevação da temperatura no termômetro (Figura 3.11(a)). Desloque rapidamente o bloco de tijolo sobre o bloco de ferro, e observe os termômetros, verá que o calor flui do corpo de maior temperatura, no caso o bloco de ferro que foi aquecido, para o de tijolo que não foi aquecido, até atingir o equilíbrio térmico (Figura 3.11(b)).

Figura 3.11 - Cópia da tela do PhET Formas e Transformações de Energia. Indicando (a) o bloco de Ferro sobre o suporte e simulando o seu aquecimento, e em (b) o equilíbrio térmico quando se coloca o bloco de tijolo sobre o de Ferro.



(a)



(b)

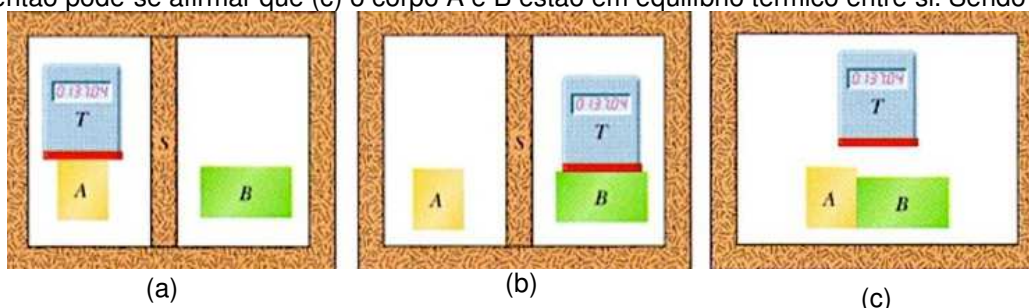
Fonte: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Sugestão: retire os blocos de cima dos suportes e coloque os béqueres com água, óleo e os termômetros, e aqueça os dois simultaneamente, para isso assinale “ligar aquecedores”. Observe qual a temperatura eleva mais rapidamente. Depois aqueça novamente, coloque um termômetro sobre um dos blocos e mergulhe em um dos béqueres, veja o que acontece com a temperatura.

Portanto, **temperatura** é a medida do grau de agitação térmica de moléculas de um determinado material (sólido, líquido ou gás).

Na sequência, reforçar que o conceito de temperatura, calor e equilíbrio térmico, está ligado diretamente com a **lei zero da termodinâmica**²²: “Se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C (o termômetro), eles também estarão em equilíbrio térmico entre si.” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2016, p.415). A Figura 3.12, apresenta uma ilustração dessa Lei. Sendo o terceiro corpo o termômetro²³.

Figura 3.12 - Desenho ilustrando a lei zero da termodinâmica: Em um sistema isolado termicamente, (a) o corpo A em equilíbrio térmico com o corpo C, e (b) o corpo B também em equilíbrio térmico com C, então pode-se afirmar que (c) o corpo A e B estão em equilíbrio térmico entre si. Sendo $C=T$.



Fonte: Halliday e Resnick, 2016 p. 416.

Esse processo foi apresentado por meio do simulador representadas nas Figuras 3.10 e 3.11, e os valores das temperaturas podem ser transformadas em outro sistema de unidades usando o simulador ilustrado por meio da Figura 3.8.

Discussões:

- 1) O que você entendeu entre a diferença entre calor e temperatura?
- 2) Qual a relação entre os conceitos apresentados até o momento e o vídeo do *Big Bang*?
- 3) Como os conceitos vistos influenciam na vida de um planeta?
- 4) Qual a relação entre os conceitos apresentados até o momento e o vídeo sobre o sistema solar?

Estados Físicos da Água

²² Essa lei foi denominada de Lei Zero, por já terem sido enunciadas a Primeira e a Segunda Leis da Termodinâmica, e ela possui conceitos anteriores a da primeira lei. Essa denominação foi dada pelo Físico inglês Ralph H. Fowler (1889-1944) em meados do século XX. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_zero_da_termodin%C3%A2mica>

²³ O primeiro termômetro foi inventado por Galileu Galilei em 1593 em Florença na Itália.

Conforme apresentado na seção 2.2.2 a água possui três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. O que influencia na transformação de um estado para o outro são as variáveis termodinâmicas como a pressão e a temperatura.

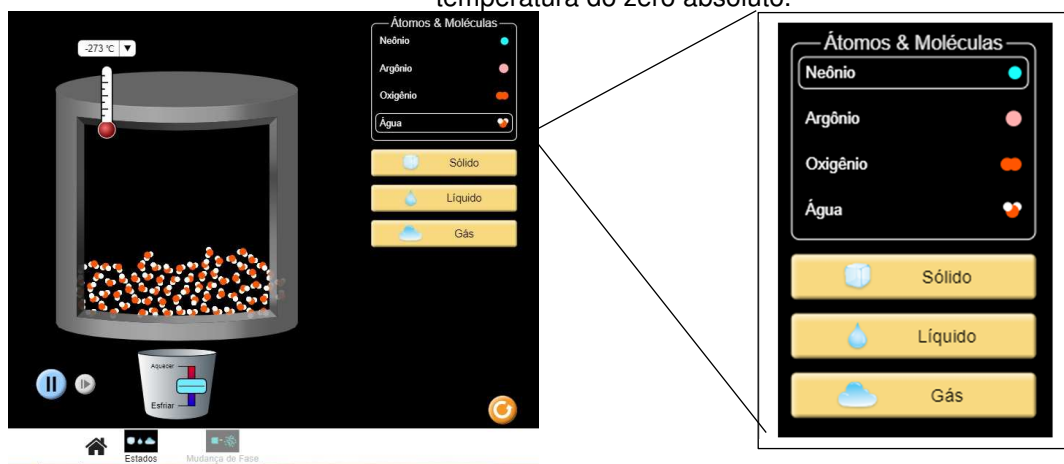
Segundo os autores, do Val, Domingues e Matencio: *fase é a parte do sistema de composição e propriedades físicas uniformes. Essa definição incluem os estados físicos da matéria: líquido, gasoso ou sólido.* (do VAL, DOMINGUES e MATENCIO, 2013, p.45). Portanto, neste texto, serão referidos como fases da matéria, os estados, sólido, líquido e gasoso da água.

Diferença entre cada fase (RAMALHO *et al.*, 1977):

- Gasosa: alto grau de liberdade de movimentação das moléculas, a energia cinética depende da temperatura. A substância não possui nem forma e nem volumes definidos.
- Líquida: o grau de liberdade é menor do que a fase gasosa, a energia cinética depende da temperatura. A sua forma é definida pelo recipiente que a envolve e seu volume pela quantidade de substância envolvida;
- Sólida: o grau de liberdade de movimentação é bem menor do que nas outras fases, dependendo da temperatura. Além disso as moléculas possuem regularidades na sua disposição em um arranjo denominado de retículo cristalino, tal que a forma e volume são bem definidas.

Essas três fases podem ser vistas no simulador do PhET, Figura 3.13, disponível no site: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>.

Figura 3.13 - Cópia da tela do PhET – estados da matéria. Análise para a água na fase líquida a uma temperatura do zero absoluto.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>. Acesso em: 24 set. 2021.

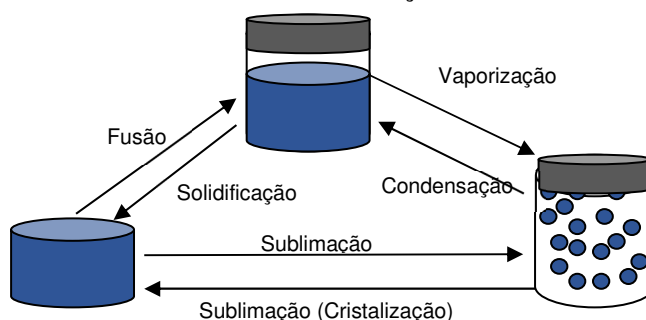
Procedimento para uso do simulador:

- 1) Escolha básico na parte inferior;
- 2) Escolha na lateral direita a opção “água”.
- 3) Clique sobre a fase que se quer analisar, sólido, líquido ou gás (gasoso);
- 4) Varie a temperatura, ou colocando “gelo” ou a chama em contato com o recipiente;
- 5) Observe a variação da temperatura

TRANSIÇÃO de FASES

Na Figura 3.14 apresenta-se a mudança (transição) de fase de uma substância e a nomenclatura para cada mudança (RAMALHO *et al.*, 1977).

Figura 3.14 – Nomenclatura de cada mudança de fase. Ilustrada para a água.



Fonte: cedido por H. Mukai, 2021, adaptado da referência Ramalho et al., 1977.

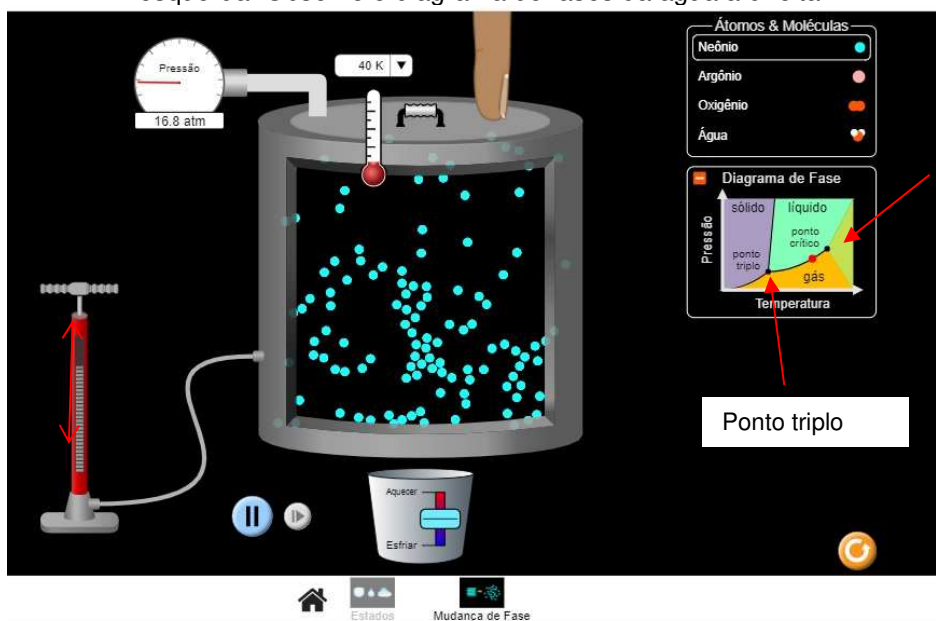
As temperaturas de fusão (ponto de equilíbrio, a pressão constante, entre as fases sólido-líquido), e ebulição para a água são, 0°C e 100°C, respectivamente.

Usando ainda o mesmo simulador do PhET, para apresentar a transição de fase (Figura 3.15):

- a) Escolha a opção “Mudança de Fase” na parte inferior;
- b) Novamente selecione água. E clique em diagrama de fase;
- c) Para inserir mais moléculas ao sistema use a bomba, elevando e abaixando a para superior usando o mouse, para isso, coloque o cursor sobre a parte superior, aperte o mouse com o botão esquerdo e faça o movimento de subir e descer;
- d) Altere a temperatura do sistema e acompanhe no diagrama de fases por meio de uma bolinha vermelha qual ponto está.

Observar que a água possui um ponto triplo, o ponto onde as três fases coexistem a mesma pressão²⁴ (4,58 mmHg) e temperatura. (0,01°C). Na figura à direita do diagrama de fases no simulador (Figura 3.15), do zero até o ponto triplo equivale ao processo de sublimação (curva que separa as fases sólido e vapor), a curva da fusão é a que separa as fases sólido e líquido, e a curva da vaporização é a que separa as fases líquido e vapor.

Figura 3.15 - Cópia da tela do PhET – “Mudança de fase”. Aumente a pressão usando a bomba a esquerda. Observe o diagrama de fases da água a direita



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html. Acesso em: 24/09/2021.

A água possui uma anomalia: a 4°C o seu volume atinge um ponto de mínimo, logo a sua **densidade** atinge um ponto de **máximo** ($\cong 1\text{g/cm}^3$), e entre 0°C e 4°C a sua densidade é menor do que acima de 4°C o que faz com que o gelo flutue por ter uma densidade menor do que a água. Em um lago, por exemplo, é assim que os peixes sobrevivem no inverno em locais onde neva: na parte superior situa a camada de gelo que torna um isolante térmico e impede que o restante da água congele. Pois é, o gelo é isolante térmico, como as moradias feitas de blocos de gelo, os iglus. Além disso, no processo de congelamento, a água se expande (pois o volume aumenta) e devido

²⁴ $1\text{ mmHg} = 133,322\text{ Pa}$. Pascal (Pa) = Newton/metro², ou seja, no SI $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

a essa expansão, muitos danos são causados no inverno com o rompimento de canos, por exemplo, de sistemas de aquecimentos solares.

Sugestão: trabalhar as equações da termodinâmica

Associada a definição de calor está a de **Capacidade Térmica (C)**, que é o quanto de calor é necessário fornecer a um corpo para elevar a sua temperatura de uma unidade:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Sua unidade é dada por cal/K ou cal/°C; ou no SI, J/K ou J/°C; no sistema gaussiano. ergs/K. ergs/°C. Além do conceito de **calor específico (c)** que é a capacidade térmica por massa:

$$c = \frac{C}{m}$$

Sua unidade é dada por cal/gK ou cal/g°C; ou no SI, J/KgK ou J/Kg°C; no sistema gaussiano. ergs/gK e ergs/g°C. Portanto, a equação do calor para sólidos e líquidos é dada por:

$$Q = mc\Delta T.$$

E para gases, considerando n o número de moles, dada por:

$$Q = nc_V\Delta T, \quad \text{para processos a volume constante;}$$
$$Q = nc_P\Delta T, \quad \text{para processos a pressão constante.}$$

Após anotar o que é necessário reforçar, referente às aulas 5 e 6, abrir via *Google* sala de aula (tanto presencial quanto remoto), um espaço para esclarecimentos, antes da próxima aula.

Aula 07 – ENERGIA e Suas Formas

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo – Termodinâmica – Energia e suas formas

Objetivos:

– Compreender os principais aspectos sobre o conceito de trabalho, energia no âmbito da Termodinâmica, sabendo relacionar com a primeira lei da Termodinâmica.

Recursos - Folhas impressas com textos sobre energia e suas formas, ou um arquivo disponibilizado pelo Google sala de aula. Simuladores computacionais via *datashow* ou *google meet* e *Quiz* por meio do *Kahoot*.

Metodologia:

1º momento - Leitura do texto - Energia e suas formas (Quadro 3.8).

2º momento - Explanar o conceito de trabalho e energia, presentes na Primeira Lei da Termodinâmica e sua associação com o Princípio da conservação de energia.

3º momento - Atividade com o uso de simulador PhET (Universidade de Colorado - <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>).

Avaliação: A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 07

Iniciou-se com a leitura do texto 3 sobre a energia e suas formas.

Quadro 3.8 – Texto 3 – Energia e suas formas.

Texto 3 - Energia e suas formas

Não há uma definição exata para **energia**, e podemos dizer que ela está associada à capacidade de produção de ação e/ou movimento e manifesta-se de muitas formas diferentes, como movimento de corpos, calor, eletricidade etc. Por isso, ela está relacionada com a capacidade de realizar trabalho.

No caso da Mecânica surge a definição de energia cinética e energia potencial, relacionadas ao conceito de energia mecânica. Em Eletrodinâmica tem-se a energia potencial elétrica, e na Termodinâmica, a energia térmica.

Ainda na Mecânica quando somente forças conservativas atuam em um sistema (ou as forças dissipativas são desprezíveis em relação às outras forças) temos o conceito de conservação de energia mecânica e o trabalho independe da trajetória, bem como o trabalho total realizado pelo corpo é nulo.

Na Termodinâmica o trabalho depende da trajetória, pois resulta do processo realizado, e está associado à **primeira lei da termodinâmica**, sendo uma versão do princípio da conservação da energia para os sistemas termodinâmicos:

$$\Delta Q - \Delta W = \Delta E_{int} \quad (1)$$

Em que ΔQ variação do calor, ΔW a variação do trabalho, a energia interna (E_{int}) depende somente da temperatura e dos estados iniciais e finais do processo termodinâmico envolvido. Todas as grandezas na equação (1) possuem no SI a unidade em Joules (J). Observa-se ainda que calor e trabalho dependem das etapas do processo e a energia interna não depende e ela é dita ser uma variável de estado.

Além disso, a maioria dos sistemas da natureza sempre há a presença de forças dissipativas, e nesse caso continua sendo válido uma Lei mais geral a da conservação de energia total (HALLIDAY e RESNICK, 1983):

$$\sum W_{fnc} = \sum \Delta E_{pot} + \Delta E_{cin} + E_{int} \cdot \quad (2)$$

Em que: W_{fnc} trabalho realizado por forças não conservativas, E_{pot} energia potencial, E_{cin} é a energia cinética e E_{int} a energia interna. A equação (3) pode ser escrita como:

$$\sum \Delta E_{pot} + \Delta E_{cin} + E_{int} + \sum (da \text{ variação de outras formas de energia}) = 0. \quad (3)$$

Conforme citado pelos autores: [...] a energia total.....- não varia. A energia pode transformar-se de uma espécie a outra, e não pode ser criada ou destruída; a energia total é constante. (HALLIDAY e RESNICK, 1983, p. 158).

Energia renovável e não renovável

Os tipos de energia provenientes de fontes finitas (fontes de energia que terão um fim) são denominados de **energias não renováveis**. Esse é o caso da energia gerada a partir dos combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão. Já a energia gerada a partir de fontes que possuem capacidade de reposição natural são denominadas de energias renováveis ou limpas. Esse é o caso da energia proveniente da luz do Sol e da energia oriunda da força dos ventos (energia eólica).

Energia térmica (Calor): o calor é a energia térmica associada à energia cinética das moléculas que compõem um elemento. A manifestação do calor só ocorrerá caso exista uma diferença de temperatura entre dois corpos

Energia química: é a energia liberada ou formada a partir de reações químicas, um exemplo é a energia produzida por pilhas e baterias.

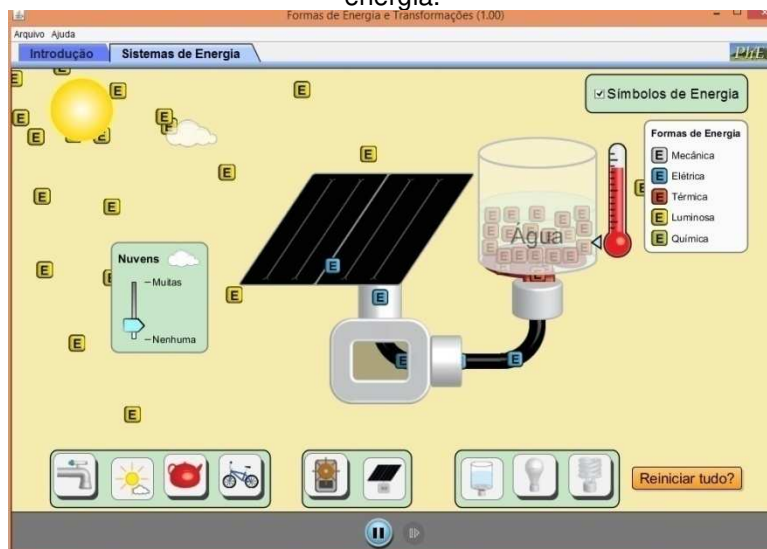
Energia solar: é a energia proveniente da luz do Sol. Essa forma de energia pode ser aproveitada na geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas, por exemplo.

Fonte: a autora, 2021.

Apresentado as formas de energia, utilizar o simulador do PhET: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes para

demonstrar a transformação de energia, como escolha selecione o Sol como fonte e uma placa de fotovoltaica, como apresentado na Figura 3.16.

Figura 3.16 – Cópia da tela do simulador “formas de energia e transformações” – sistemas de energia.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>. Acesso:25 set. 2021.

Observe a transformação de energia solar em energia elétrica, a “perda” de energia luminosa (solar) para o ambiente. Coloque nuvens elevando o cursor e observe o que acontece com a energia. Troque o recipiente com água pelo ventilador e observe a transformação da energia elétrica em mecânica.

Encerre a aula com questionamentos sobre a transformações usando os aparatos disponíveis no simulador.

Sugestão: no eixo do ventilador aparece dissipação em forma de energia térmica, por qual motivo aparece esse tipo de energia? (Resposta: devido ao atrito nos componentes do eixo conforme gira).

O uso desse simulador é importante para a atividade experimental com o uso do carrinho movido a painel solar. Para a compreensão do que ocorre durante a transformação, e o aproveitamento da energia vinda das transformações de energia.

Aula 08 – Formas de Propagação de Calor

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo – Termodinâmica – Formas de Propagação de Calor

Conceitos – Condução, Convecção e Radiação

Objetivos:

– Diferenciar as formas de propagação de calor.

Recursos - Folhas impressas com textos sobre as formas de propagação de calor, ou um arquivo disponibilizado pelo Google sala de aula. Simuladores computacionais via *datashow* ou *google meet*.

Metodologia:

1º momento - Leitura do texto sobre as formas de propagação de calor (Quadro 3.8).

2º momento - Atividades com o uso de simuladores: *Física na Escola*

<<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>.

3º momento -: Atividade com o uso do aplicativo Kahoot® (<<https://kahoot.com/>>)

Avaliação – Ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 08

Leitura do Texto 4 (Quadro 3.9) sobre as formas de propagação de calor.

Quadro 3.9 – Texto 4 sobre as formas de propagação de calor.

Texto 4 - Formas de Propagação de Calor

Como visto na aula 6, o calor é definido como uma forma de energia em trânsito. Nenhum corpo pode ter calor, pois a partir do momento em que a energia terminou de ser transferida, já não é mais calor. O que está no corpo depois de terminada a transmissão é a energia interna do próprio corpo.

Esta energia em trânsito tem um sentido único: é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

Assim, se em um dia frio você colocar suas mãos em um metal com temperatura menor que a temperatura de sua mão, a sensação de frio que você sente é seu corpo perdendo energia, que está sendo transferida para o metal. Do mesmo modo, quando queimamos a mão, o objeto tocado perde energia, esfriando, e esta energia é transferida para a mão, esquentando-a.

O **fluxo de calor** ϕ através de uma superfície de área A é dada por (RAMALHO et al, 1977):

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \quad (1)$$

em que, ΔQ é a quantidade de calor que atravessa a área A no intervalo de tempo Δt . Sua unidade é dada por cal/s ; ou $kcal/s$, bem como Watts, $W = J/s$, visto que calor é uma forma de energia a energia térmica.

A **propagação de calor** ocorre de três maneiras: condução, convecção e radiação. Apresenta-se cada uma delas.

- **Condução**

A transferência de calor ocorre por meio da agitação molecular, em um corpo ou entre mais corpos, quando estão em contato. Nesse processo, há um choque das partículas mais energéticas com as menos energéticas, na vizinhança, transferindo energia cinética. Exemplo: a panela de metal da sua casa. O fogo está só embaixo, e a panela toda aquece.

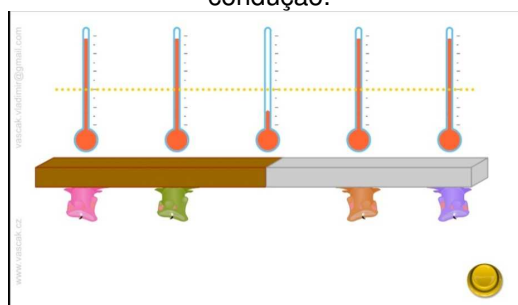
O processo de condução necessita de um meio material para ocorrer, portanto não ocorre no vácuo. E lembrando que é **a energia que se propaga** e não o meio material. Ainda no exemplo da panela, caso o cabo seja de metal, verá que após um tempo não só a panela é aquecida, e o cabo também, por isso normalmente os cabos são cobertos com algum material de baixa condutividade térmica.

Continua...

Por meio do simulador proposto por Vladimir Vascak no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_vedeni_energie&l=pt>, é possível demonstrar de forma lúdica o processo de condução aos alunos.

Na Figura 3.17 ao “apertar” o botão aparecerá uma simulação de uma chama e o calor sendo conduzido ao longo da barra.

Figura 3.17 – Cópia da tela do simulador do Física na Escola – Processo de propagação de calor: condução.



Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_vedeni_energie&l=pt> Acesso em: 25 set. 2021.

Poderá ser observado, conforme o calor se propaga ao longo da barra, a temperatura variando nos termômetros e cada vela desgrudando da barra e caindo na superfície virtual.

Continuar a leitura do texto 4.

.....continuação Texto 4 - condução

Quando em regime estacionário, conforme apresentado por Ramalho *et al.*, 1977: [...] fluxo de calor por condução num material homogêneo é diretamente proporcional à área da seção transversal atravessada e à diferença de temperatura entre os extremos e inversamente proporcional à espessura da camada considerada. (RAMALHO *et al.*, 1977, p. 106).

Conhecida pela Lei de Fourier:

$$\phi = K \frac{A\Delta T}{e}, \quad (2)$$

em que K é a constante de condutividade térmica e depende da natureza do material (Tabela 1), e a espessura da camada do material com área de seção transversal A , e ΔT a diferença de temperatura.

Tabela 1 – Valores de condutividade térmica de alguns materiais.

Materiais	$K \left(\frac{\text{cal}}{\text{s cm } ^\circ\text{C}} \right)$
Alumínio	0,99
Ferro	0,16
Água	$1,4 \times 10^{-4}$
Lã	$8,6 \times 10^{-5}$
Ar-seco	$6,1 \times 10^{-5}$

Fonte: adaptado de Ramalho *et al.*, 1977.

Conforme se observa na Tabela 1, é possível compreender algumas situações do cotidiano, como por exemplo:

- Uma panela de ferro demora mais para aquecer do que a de alumínio;
- A lã por ter uma baixa condutividade térmica torna-se um isolante de perda de calor, por isso quando se usa uma blusa, ela mantém o calor gerado pelo corpo e nos sentimos aquecidos, e não é que a blusa aquece. O mesmo ocorre com cobertores, eles nos mantêm aquecidos, não são fontes de calor.

Continua...

Sugestão – Colocar um problema envolvendo o assunto e a equação (6) e os dados da Tabela 1 - Considerando uma blusa de lã de malha fechada com 0,5 cm de espessura, quantas calorias são transmitidas por metro quadrado durante uma hora, considerando que a pele da pessoa está a 34°C e o ambiente a 0°C? (adaptado de (RAMALHO *et al.*, 1977).

$$\phi = K \frac{A\Delta T}{e} = 8,6 \times 10^{-5} \left(\frac{\text{cal}}{\text{s cm}^\circ\text{C}} \right) \frac{(1 \times 10^4 \text{ cm}^2) (34 - 0)(^\circ\text{C})}{0,5 \text{ cm}} = 58,48 \frac{\text{cal}}{\text{s}} = 244,8 \text{ J/s}$$

Em que foi considerado que 1 cal = 4,186 J. Em uma hora, a quantidade de calor transmitida Q é de 21.052,80 cal ou 88.127,02 J. Para comparar vamos supor que se coloque uma folha de alumínio com a mesma espessura e temperatura de contato: $340.000 \frac{\text{cal}}{\text{s}}$, ou 1224×10^6 cal a cada hora. A folha de alumínio tem um fluxo de calor de quase 10 vezes maior.

Continuação.....Texto 4 - Formas de Propagação de Calor

- **Convecção**

No caso da convecção ocorre TRANSPORTE DE MATÉRIA no processo de transporte da energia térmica entre regiões. Portanto é um fenômeno que só ocorre em fluidos como, líquidos, gases e vapores.

Nesses casos, o movimento de suas massas troca de posição até que o sistema entre em equilíbrio térmico com o ambiente. E essa movimentação ocorre pela diferença de densidade que surge devido ao aquecimento ou resfriamento do fluido em questão.

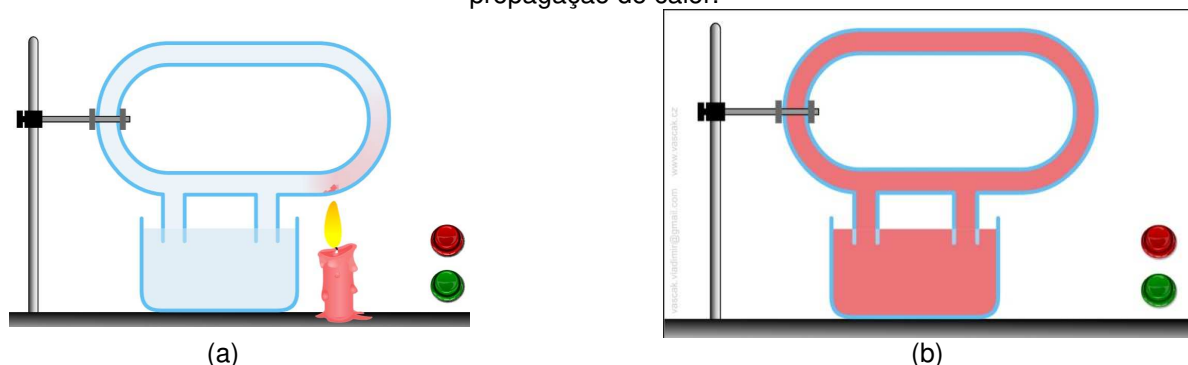
A temperatura é inversamente proporcional a densidade de massa. Logo, quanto mais quente menor a densidade e essa quantidade de massa se posiciona numa região superior em relação à massa de menor temperatura que desce por estar com uma maior densidade, recebendo calor sobe, e assim continua o ciclo, formando a corrente de convecção no caso de líquidos.

Para observar esse processo, coloque um pouco de pó de serra em um recipiente transparente que possa ir ao fogo e observe a formação dessa corrente de convecção. (RAMALHO *et al.*, 1977).

Continua.....

Utilizar o simulador proposto por Vladimir Vascak, Figura 3.18, no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_proudeni_energie&l=pt>.

Figura 3.18 – Cópia da tela do simulador do: Física na Escola – convecção (a) início e (b) final da propagação de calor.



Fonte: Vladimir Vascak, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_proudeni_energie&l=pt>. Acesso em: 25 set. 2021.

Observe neste simulador que o fluxo de calor “sobe” (ponto de maior temperatura) e somente depois preenche a parte inferior (menor temperatura).

.....continuação Texto 4 - Convecção

O processo de convecção não ocorre em sólidos e nem no vácuo, pois precisa de um meio material fluido (líquido ou gás). A transferência de energia ocorre pelo deslocamento do meio material por meio das correntes que se formam, e esse deslocamento se dá pela diferença de densidade. Quando está sujeito a uma maior temperatura a densidade é menor, pois, devido ao aumento da agitação térmica as moléculas ocupam um volume maior, e quando sujeito a uma menor temperatura, a sua densidade é maior, as moléculas ocupam um menor volume.

Exemplos de aplicações de consequências do cotidiano (baseado na referência Ramalho *et al.* (1977)):

Churrasqueira – Os gases aquecidos resultantes da combustão (fumaça) sobem (caso não tenha vento) e ao redor da chama do carvão cria-se uma região de baixa pressão que suga o ar externo que mantém a combustão. Esse efeito é visto mais claramente quando há uma chaminé, uma vez que é possível observar a fumaça saindo na parte superior.

Radiador de automóveis – O processo de convecção ocorre na água do radiador, quando quente ela sobe e quando fria ela desce, evitando o aquecimento do motor. Alguns radiadores possuem uma bomba d'água para forçar o processo de convecção.

Refrigerador – o fluido na tubulação sobe quando está quente e desce quando resfria. Por isso o congelador está situado na parte superior da geladeira.

Ar condicionado ou Split – ambos são instalados em um ambiente na parte superior, mais perto do teto.

Refrigeração de bebidas – para refrigerar bebidas em caixas térmicas o ideal é colocar o gelo na parte superior. Normalmente é visto em barril de chope em que o gelo é colocado sobre ele.

Continua.....

Sugestão – colocar imagens sobre cada situação e solicitar que os alunos expliquem como ocorre o processo de convecção. Posteriormente a resposta dos alunos, discutir cada situação e esclarecer o processo.

Continuação.....Texto 4 - Formas de Propagação de Calor

- **Irradiação**

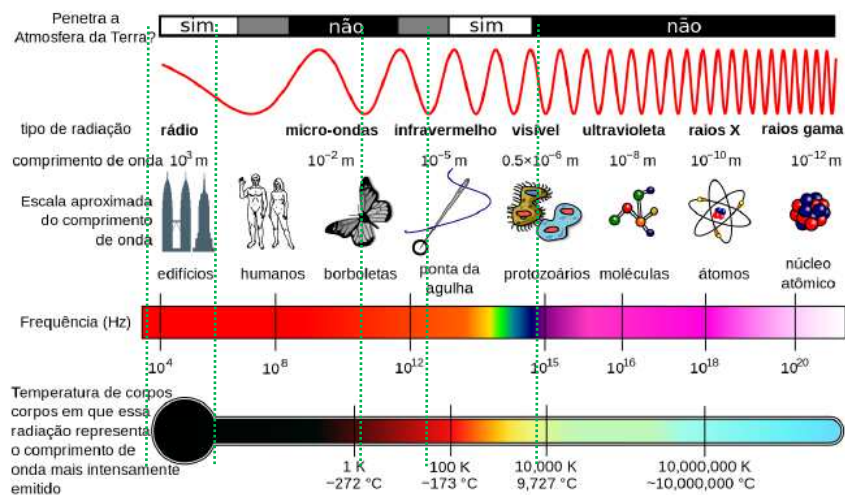
Irradiar significa emitir a partir de um ponto, propagar, espalhar. Assim, **ao processo** de emissão, propagação e espalhamento de um conjunto ou de uma radiação é denominado de irradiação. No processo de irradiação térmica só ocorre transporte de energia, não necessitando de um meio material para se propagar, portanto podem se propagar no vácuo.

A luz que o Sol emite é uma onda eletromagnética, em que a onda provinda de um campo elétrico propaga perpendicularmente a uma onda provinda de um campo magnético, a equação que a descreve é a composição destas duas ondas.

Na Figura 3.18, pode-se observar os comprimentos de onda das radiações que a onda eletromagnética transporta.

A transferência de calor ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, que se propagam no vácuo, predominando a **radiação infravermelha** como a que transmite calor. Desta forma, não necessita de um meio para ocorrer, podendo estar os corpos separados. Todo corpo com temperatura maior que 0 K (zero Kelvin, o zero absoluto) pode emitir radiação, mesmo que imperceptível. Exemplo - Os raios de Sol que incidem na Terra.

Figura 1 - Imagem ilustrativa das faixas dos comprimentos de onda das radiações de uma onda eletromagnética, inclusive a faixa da luz visível. E as faixas que penetram na atmosfera.



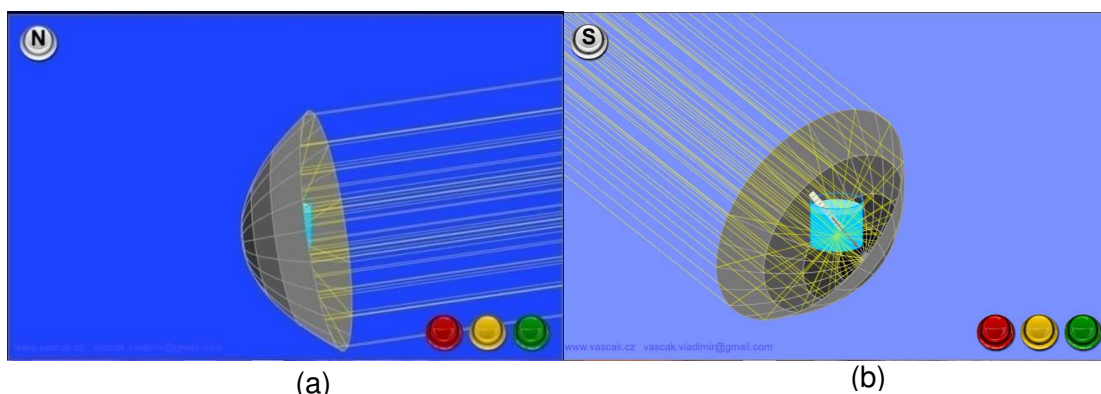
Fonte: Villati, ondas. Disponível em: <<https://def.fe.up.pt/eletricidade/ondas.pdf>>. Acesso: 25 out. 2021.

Fonte: a autora, 2021.

Utilizar o simulador disponível no “Física na Escola” (escolher a versão em Português de Portugal, é só clicar sobre a bandeira: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_zareni_energie&l=pt>).

Conforme Figura 3.19, escolha, N – norte ou S – sul e acompanhar o que ocorre com a temperatura no interior da antena dentro de um *Becker* com água e um termômetro, a antena irá girar e verifique os raios do Sol (radiação solar) conforme a antena gira.

Figura 3.19 – Cópia da tela do simulador do: Física na Escola – Radiação (a) início voltado para o Norte e (b) início voltado para o Sul.

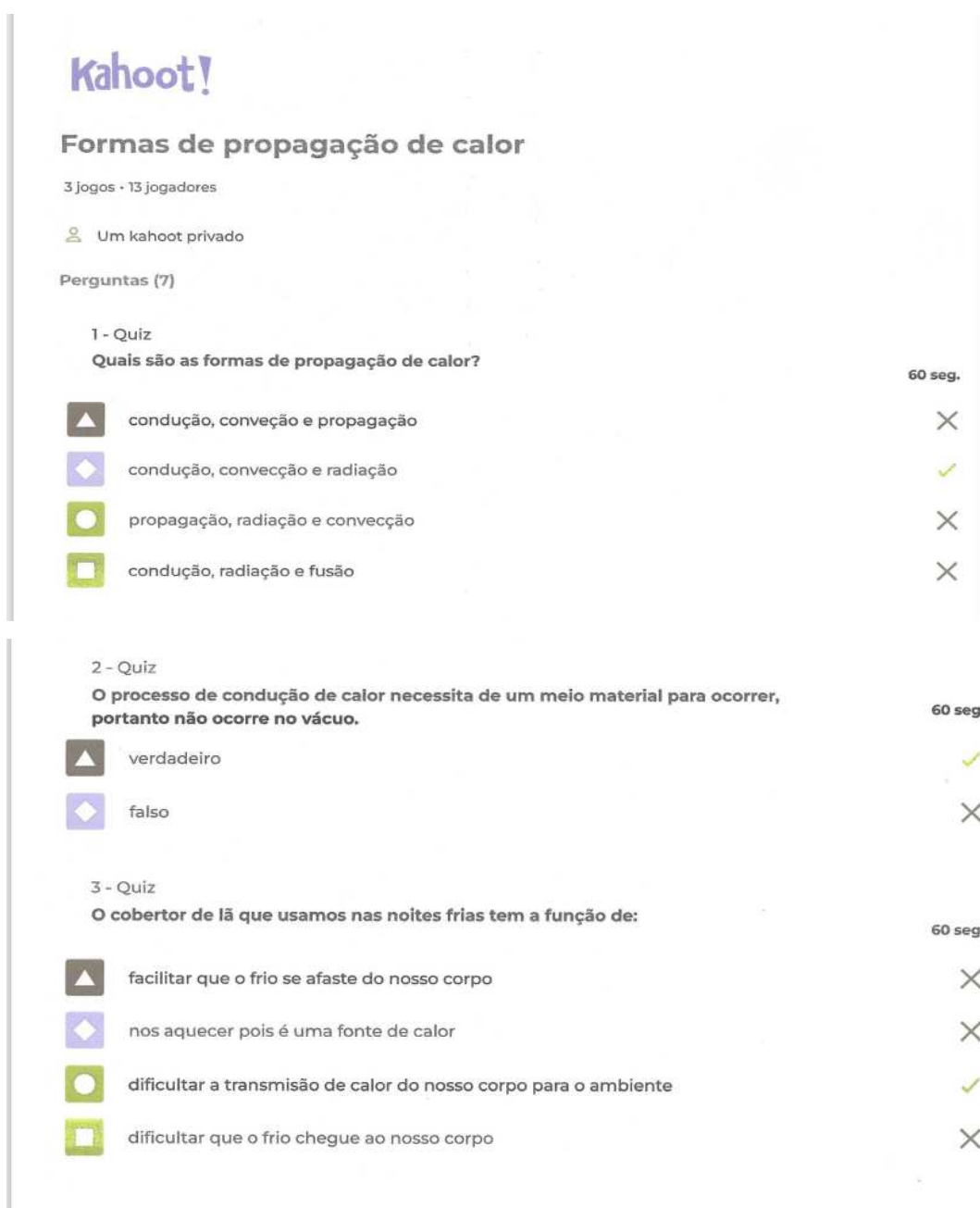


Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_zareni_energie&l=pt> Acesso em: 25 set. 2021.

Após, anotar as observações feitas no simulador, a temperatura no termômetro atinge um máximo quando os raios incidentes, captados pela antena, tem uma máxima intensidade. Reforçar o conteúdo abrindo um espaço para esclarecimentos, antes da próxima aula.

Fechamento por meio de um Quiz por meio do *Kahoot*. As questões são as indicadas nas imagens da Figura 3.20.

Figura 3.20 – Cópia de tela do aplicativo *Kahoot* com as questões a serem respondidas.



4 - Quiz		
A convecção é um fenômeno que só ocorre em fluidos como, líquidos, gases e vapores.	60 seg.	
<input checked="" type="checkbox"/> verdadeiro		✓
<input type="checkbox"/> falso		✗
5 - Quiz		
O calor do Sol chega ao planeta Terra por meio do processo chamado:	60 seg.	
<input checked="" type="checkbox"/> condução		✗
<input type="checkbox"/> propagação		✗
<input type="checkbox"/> convecção		✗
<input checked="" type="checkbox"/> irradiação		✓
6 - Quiz		
O aparelho de ar condicionado deve ser instalado em um ambiente na parte superior, mais perto do teto.	60 seg.	
<input checked="" type="checkbox"/> verdadeiro		✓
<input type="checkbox"/> falso		✗
7 - Quiz		
A irradiação é um processo de transmissão de calor que não ocorre no vácuo.	60 seg.	
<input checked="" type="checkbox"/> verdadeiro		✗
<input type="checkbox"/> falso		✓

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Para elaborar um *Quiz* no *Kahoot* pode ser utilizado o formato gratuito no próprio site que explica como: <https://support.kahoot.com/hc/pt-br/articles/115002884788-Como-criar-kahoots-e-perguntas>.

Aula 09- Energia Solar e a Vida no Planeta Terra

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos cada aula).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo - Termodinâmica – Energia Solar

Conceitos - Temperatura, Calor, Radiação e Convecção

Objetivos:

- Compreender a produção e emissão de energia solar e a sua importância para a conservação da vida na Terra.

Recursos - Folhas impressas com textos sobre produção e emissão de energia solar.

Metodologia:

1º momento - Leitura dos textos

2º momento - Discussão sobre os conteúdos apresentados

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 09

Iniciou-se com a leitura do Texto 5 “Fonte de Energia Solar” (Quadro 3.10).

Quadro 3.10 – Texto sobre o Sol como uma fonte de energia.

Texto 5 - Fonte da Energia Solar

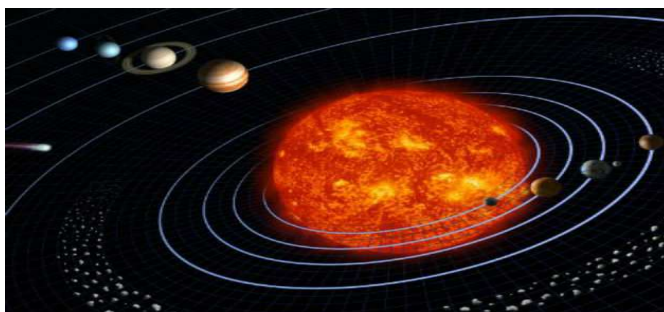
Este texto é baseado ao publicado por Rosimar Gouveia, em Característica do Sol, no site: <<https://www.todamateria.com.br/caracteristicas-do-sol/>>, que será indicado para os alunos terem acesso ao conteúdo. Acesso em: 15/01/2021.

Características do Sol

No interior do Sol são produzidas enormes quantidades de energia, por meio de reações de fusão do hidrogênio em hélio. Essa intensa energia é a nossa fonte de luz e calor e sem ela não existiria vida na Terra.

O Sol é uma estrela anã amarela e sua idade é de cerca de 4,6 bilhões de anos. Estima-se que levará em torno de 6,5 bilhões de anos até se transformar em uma anã branca. Na Figura 1 está apresentada no âmbito do sistema solar em que os planetas giram a sua volta

Figura 1– Imagem do sistema solar, apresentando o Sol no centro e os planetas a sua volta.



Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

Conhecendo o Sol

A superfície do Sol tem a **temperatura** de $5,5 \times 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$ e aumenta em direção ao núcleo onde atinge cerca de $15 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$;

O seu campo gravitacional é 0,06% do campo gravitacional da Terra;

O período de rotação no equador é de 25 dias terrestres e nos polos aumenta para 36 dias.

Ele está distante da Terra cerca de $149,6 \times 10^6 \text{ Km}$ o que equivale a 1 unidade astronômica (UA).

O Sol é tão grande que caberiam dentro dele $1,3 \times 10^6$ de planetas do tamanho da Terra.

As interações entre o Sol e a Terra produzem as estações do ano, o tempo, o clima e as correntes oceânicas terrestres, bem como todos os fenômenos semelhantes que ocorrem nos demais corpos celestes do Sistema Solar. Ele não possui uma superfície sólida, é formada por gases. **A luz solar demora cerca de 8,3 min. para chegar a Terra.**

Composição e estrutura

A massa do Sol corresponde a 99,8% da massa do nosso sistema solar. Ele é formado por gases, sendo que em número de partículas, a sua composição corresponde a 71% de Hidrogênio e 27% de Hélio. O Sol apresenta seis regiões, Figura 2:

Núcleo – Nessa região é o local onde ocorre a produção de ENERGIA SOLAR, e é a parte mais quente e com maior quantidade de massa do Sol. Tem cerca de $139 \times 10^3 \text{ Km}$ de diâmetro.

Zona de radiação - a propagação da energia do núcleo ocorre por radiação.

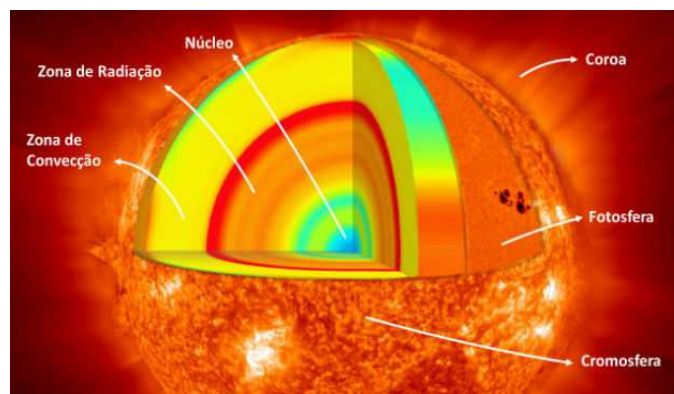
Zona de convecção – parte do Sol onde ocorrem as correntes de convecção de calor. Essas correntes levam a energia para a parte externa da superfície solar.

Fotosfera - é a parte visível a Terra.

Cromosfera - é a parte onde ocorre a transição entre a fotosfera e a coroa do Sol.

Coroa – formada por plasma, é a parte luminosa do Sol e a temperatura atinge $2 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Figura 2 - Imagem ilustrativa da estrutura do Sol e suas regiões.



Fonte: <<https://www.todamateria.com.br>> Astronomia. Acesso em: 18 jan. 2021.

Explosões Solares

As reações de fusão termonucleares que ocorrem no interior do Sol produzem uma enorme quantidade de energia. Essa energia é levada para fora pela zona de convecção. Esse escape ocorre com a explosão de gigantes bolhas de plasma quente compostas por átomos ionizados que se movem para cima.

Na fotosfera, que é composta por cerca de 500 quilômetros de espessura, é de onde se escapa a maior parte da **radiação** do Sol.

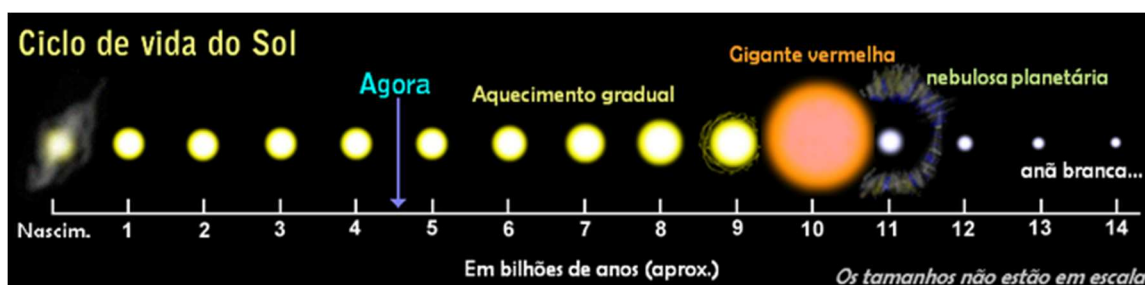
As atividades solares ocorrem em ciclos de aproximadamente 11 anos. Elas acontecem em virtude da mudança de polaridade dos seus polos geográficos. Nos períodos de maior atividade solar ocorrem tempestades solares (manchas solares, erupções solares e ejeções de massa coronal), que liberam uma enorme quantidade de energia e partículas.

O efeito da tempestade solar pode ser visto no vídeo Solar Storm on August 1, 2010.ogv disponível em: no site do Wikipédia (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol>) em manchas solares.

Futuro do Sol

Na Figura 3 está representado o ciclo de vida do Sol, indicando no ponto atual e para qual direção a leva. O futuro do Sol será transformar em uma anã branca (ZUCCO, 2012).

Figura 3 – Desenho ilustrativo representando o ciclo de vida do Sol.



Fonte: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol> >. Acesso em: 22 jan. 2021.

Fonte: a autora, 2021.

Fechar a aula com o tema: **Sol e a Vida na Terra**. E colocar questionamentos e discussões no meio.

Como apresentado até o momento, o Sol é o centro do Sistema Solar. À sua volta giram os planetas e entre eles a Terra. **O que faz com que na Terra exista vida e nos outros não? A sua composição e equilíbrio desta composição é a indicação mais provável. Mas qual o papel do Sol neste cenário?**

O Sol nos fornece diretamente dois tipos de energia, a térmica e a luminosa.

Em relação a energia térmica, o primeiro ponto a se refletir é o que ocorreria com a água do nosso planeta caso não existisse a energia solar? A água não estaria no seu estado líquido e sim no sólido. A Terra seria um planeta de gelo, pois o Sol fornece energia suficiente para que a água se mantenha no estado líquido, sendo vital para a vida neste planeta.

No que se refere a energia luminosa, do ponto de vista biológico, é necessária para que os seres autótrofos realizem a fotossíntese, fornecendo oxigênio e glicose, imprescindível para a manutenção da vida na Terra. Além disso, precisamos da luz solar para ativar a absorção de vitamina D nos ossos.

Aula 10 – Montagem do experimento “Carrinho movido a energia Solar”

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo – Termodinâmica – Uso da Energia Solar,

Objetivos:

- Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira individual e coletiva, por meio da construção de carrinho “movido” a energia solar, para que possam observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.
- Análise do movimento percorrido pelo carrinho.

Recursos - Folhas impressas com instruções para a montagem do experimento e materiais para a sua construção.

Metodologia:

1º momento - Montagem do carrinho “movido” a energia solar pelo professor.

2º momento - Apresentação do funcionamento do experimento.

3º momento - Conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do procedimento científico (Apêndice B).

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 10

A montagem e exploração do carrinho “movido” a energia solar favorece as etapas do procedimento científico:

Experimento 3.3 – Carrinho “movido” a energia solar

Materiais Utilizados

- 2 rodinhas de carrinho de brinquedo, com o eixo.
- 1 rodinha de carrinho de brinquedo solta.
- 1 Palito de sorvete.
- 1 cartão de crédito não utilizável.
- 1 mini motor DC.
- 1 Placa fotovoltaica (11 x 6 cm, 6 V).
- Pistola de cola quente
- Super cola
- Tesoura
- Régua

Objetivos - Observar a transformação de energia solar em energia cinética (energia mecânica).

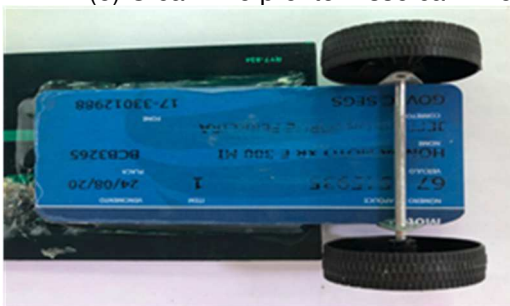
Metodologia - Os alunos observarão a montagem do carrinho “movido” a energia solar pelo professor.

Procedimentos:

- a) Cortar o cartão de crédito com 3,5 cm de largura.
- b) Colar com super cola os dois encaixes do eixo no cartão (aproximadamente a 1 cm de distância da ponta).
- c) Passar o eixo pelos encaixes e colocar as rodinhas.
- d) Centralizar o cartão em uma das extremidades da parte inferior da placa fotovoltaica.
- e) Colar com cola quente o cartão de modo que as rodinhas fiquem próximas à placa (Figura 3.21 (a)).
- f) Cortar o palito de sorvete com 8 cm de comprimento.

- g) Colar com cola quente o motor na ponta do palito de sorvete e encaixar a rodinha solta no motor (Figura 3.21(b)).
- h) Colar o palito com o motor na outra extremidade da parte inferior da placa fotovoltaica, de modo que a rodinha fique no centro e próxima à placa (Figura 3.21 (c)).
- i) Soldar os fios do motor na placa, positivo com positivo e negativo com negativo. (Figura 3.21 (d)).
- j) O carrinho está pronto (Figura 3.21(e)).

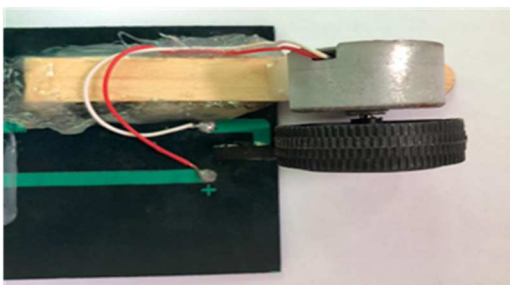
Figura 3.21 – Imagem fotográfica da montagem experimental do experimento carrinho movido a energia solar – (a) placa fotovoltaica com o cartão e as rodinhas. (b) palito de sorvete com o motor DC e a rodinha. (c) placa fotovoltaica de 6V com o palito colado. (d) parte inferior do carrinho pronto (e) O carrinho pronto. Esse carrinho foi confeccionado pela autora do presente trabalho.



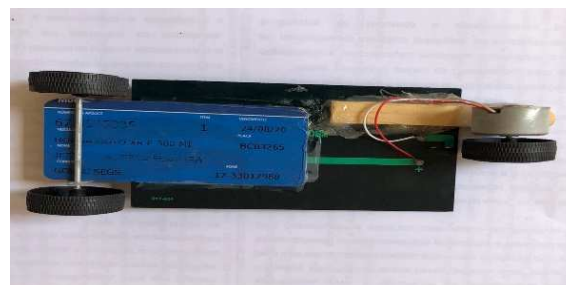
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Aula 11 – Exoplanetas e Futuro do Planeta Terra

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo: Astrobiologia

Objetivos: Discutir a existências de exoplanetas e o futuro do planeta Terra.

Recursos: *Data show* e vídeos: 7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos e Detectando Exoplanetas.

Metodologia:

1º momento - Visualização do vídeo: 7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos, por Stephen Hawking. Link: https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8 - Tempo total: 11min58s.

2º momento – Visualização do vídeo: Detectando Exoplanetas. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=upKY2QqxPLI> - Tempo total: 9min35s.

3º momento - Discussão sobre os vídeos.

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 11

1º momento - Visualização do vídeo - **7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos** - Link: <https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8>.

Tempo total -11min58s. Esse vídeo foi elaborado e divulgado por <<http://incrivel.club>>.

Segundo o vídeo selecionaram 7 previsões feitas por Stephen Hawking que são:

1. Vacinas geneticamente modificadas terão um efeito negativo a longo prazo. 1min10s
2. Alienígenas vão invadir o nosso planeta. 2min47s
3. O Universo vai terminar. 4min12s
4. Robôs vão substituir seres humanos. 4min43s
5. Armas nucleares vão destruir a humanidade. 6min3s
6. Nós vamos precisar encontrar outro planeta para viver. 6min37s
7. A Terra entrará em combustão e virará uma bola de fogo. 10min11s.

Discussão sobre o vídeo

O planeta Terra é capaz de suportar as “mudanças” causadas pelo ser humano? Ou seja, para cada previsão o vídeo cita que:

“-Nós ainda não entendemos completamente os danos, a longo prazo, que as misturas de vacina geneticamente modificadas podem ter.

-Muito provavelmente, os seres cósmicos encontrarão nossa rocha flutuante no espaço e provavelmente irão querer nos destruir ou nos estudar como ratos de laboratório.

-Hawking previu que o nosso universo acabará por desaparecer na escuridão quando todas as estrelas padecerão de energia.

-O cientista acreditava que a inteligência artificial poderia eventualmente ficar mais esperta e superar os humanos ou, pior, decidir se livrar de nós.

-O desenvolvimento de tecnologia militarizada e armas de destruição em massa pode nos levar a consequências desastrosas, o que significaria o fim do nosso mundo.

-De acordo com Hawking, temos que encontrar outro planeta para viver dentro dos próximos 100 anos. Caso contrário, morreremos como espécie, porque a Terra já alcançou "o ponto sem volta". -O aquecimento global deixará as condições na Terra semelhantes às de Vênus. A temperatura média será de cerca de 249°C. Nosso planeta vai explodir em chamas em menos de 600 anos.”

Quadro 3.11 – Texto auxiliar sobre o futuro do planeta Terra.

Texto Auxiliar 4- Futuro do planeta Terra

Fonte: <<https://canaltech.com.br/meio-ambiente/futuro-do-planeta-terra-esta-mais-ameacado-do-que-se-imagina-diz-novo-estudo-177728/>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

“As próximas décadas serão complicadas para o planeta Terra, que vem aguardando desastres provocados pelas mudanças climáticas já anunciados há um bom tempo. De acordo com um novo estudo realizado por um grupo de 17 pesquisadores da Austrália, Estados Unidos e México, três grandes crises que vão ameaçar a vida na Terra nos próximos anos: distúrbios climáticos, redução da biodiversidade e consumo humano excessivo, além do aumento excessivo da população.

Com a redução da biodiversidade, os principais ecossistemas do planeta serão prejudicados, resultando em poucas florestas que protegeriam os humanos de enchentes e outros desastres naturais (Figura .1).

Figura 1 - Imagem ilustrativa do efeito do aquecimento global nas mudanças climáticas. Recuo Glacial *McCart* entre 1909 e 2004.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aquecimento_global>. Acesso em: 22 jan. 2021.

Devido às alterações climáticas, esses desastres naturais virão com ainda mais força e frequência até o ano de 2050, elevando o nível do mar e forçando pessoas de diversos países a se tornarem refugiadas, o que vai colocar mais vidas em risco e ainda provocar uma disrupção da sociedade.

A superpopulação e a migração irão trazer problemas sociais graves, como instabilidade de moradia e alimentação, aumento do desemprego e desigualdade social.

Os pesquisadores afirmam, no entanto, que não está garantido que os desastres vão acontecer, e, para evitá-los, será preciso que líderes mundiais comecem a enfrentar as ameaças com mais seriedade.”

Fonte:<<https://canaltech.com.br/meio-ambiente/futuro-do-planeta-terra-esta-mais-ameacado-do-que-se-imagina-diz-novo-estudo-177728/>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

2º momento - Visualização do vídeo - **Detectando Exoplanetas**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=upKY2QqxPLI> - Tempo total: 9 min35s.

Discussão sobre o vídeo

- 1) O que são exoplanetas?
- 2) Como detectar um exoplaneta?

Para esse assunto pode-se também utilizar o texto auxiliar 5 (Quadro 3.12).

Quadro 3.12 – Texto auxiliar sobre os exoplanetas.

Texto Auxiliar 5 - Exoplanetas

O que são exoplanetas

Exoplanetas são planetas que se encontram fora do nosso sistema solar.

Por não emitirem luz própria e devido à sua grande distância até a Terra, os exoplanetas são muito difíceis de serem detectados.

A busca por exoplanetas não é algo simples. Para encontrá-los, é necessário um grande tempo de observação, um pouco de sorte e um certo tempo para a análise das imagens.

Três dos métodos para a detecção de exoplanetas

- O **método da velocidade radial** consiste em medir a oscilação que um planeta em órbita causa em sua estrela. As atrações gravitacionais produzidos pelo planeta fazem com que a luz emitida pela estrela sofra uma pequena variação, devido ao efeito Doppler das ondas eletromagnéticas. Dependendo da localização do planeta em relação a sua estrela o deslocamento pode ocorrer para o vermelho (*redshift*) ou para o azul (*blueshift*).

-O **método de detecção por microlente gravitacional** é baseado na teoria da relatividade geral de Einstein. Quando uma estrela massiva passa em frente a uma outra estrela, sua gravidade promove a deflexão da luz, as distorções que surgem na imagem da estrela ampliam-na, como quando olhamos através de uma lente e vemos uma imagem ampliada.

- O **método de trânsito** consiste em medir a variação do brilho da estrela quando um planeta passa em frente a ela, como ocorre em um eclipse. Por meio da detecção de mínimas variações de brilho, os astrônomos são capazes de inferir: o período de translação, o raio da órbita, a composição da atmosfera (caso haja uma), o tamanho do planeta.

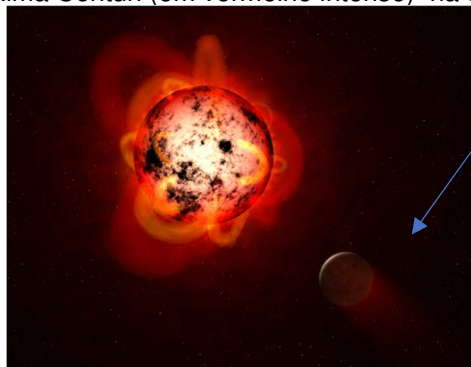
No site da NASA: <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/>>, é possível ver 5 simulações de métodos de detecção de exoplanetas, incluindo os três citados.

Existem exoplanetas habitáveis?

Com a tecnologia que dispomos hoje, ainda **não é possível afirmar que haja vida em qualquer um dos exoplanetas conhecidos**. Entretanto, os astrônomos são capazes de identificar quais os exoplanetas apresentam condições climáticas, diâmetro, massa, atmosfera e incidência de luz parecidos com os da Terra, dessa forma, são capazes de elencar quais exoplanetas podem ser considerados “habitáveis”, em outras palavras, apresentam condições de abrigar vida.

Na Figura 1 apresenta uma imagem ilustrativa feita pela NASA, de um exoplaneta denominado de Proxima Centauri b que orbita em torno da estrela Proxima Centauri. Essa estrela fica a 4,2 anos-luz da Terra. O exoplaneta foi descoberto em 2016 pelo método da velocidade radial. (NASA - <<https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/7167/proxima-centauri-b/>>).

Figura 1 - Imagem ilustrativa de um exoplaneta Próxima Centauri (indicado por uma seta) orbitando em torno da estrela Próxima Centauri (em vermelho intenso) na constelação de Centauro.



Fonte: NASA / ESA / G. Bacon (STScI) apud <<https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/exoplanetas/>>. Acesso em; 20 out. 2021.

Fontes: <<https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/exoplanetas/>> <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/exoplanetas.htm>> e <<https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/7167/proxima-centauri-b/>>.. Acessos em: 20 out. 2021.

Finalizando a aula 11, informando aos alunos a quantidade de exoplanetas descobertos e o número de candidatos a exoplanetas que pode ser obtido direto no site da NASA: <<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/exoplanet-catalog/?>>.

Aula 12 – Aplicação do Questionário Avaliativo

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo - Astrobiologia e Termodinâmica

Objetivo:

- Verificar o aprendizado dos conteúdos trabalhados.

Recursos - Folhas impressas com um questionário avaliativo sobre Astrobiologia e Termodinâmica

Metodologia:

1º momento - Redigir um texto sobre os conteúdos trabalhados durante a aulas.

2º momento - Reaplicação do Questionário.

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 12

Finalizando a aplicação do Produto Educacional, orienta-se os alunos a redigirem um texto sobre os conteúdos trabalhados durante as aulas e logo a seguir, aplica-se o mesmo questionário, descrito no Quadro 3.1, a fim de verificar o quanto compreenderam dos conteúdos trabalhados, se houve indícios de aprendizagem significativa. Somente foram acrescentadas duas questões finais para ter um retorno por escrito sobre a aplicação do PE:

“14) Qual das atividades trabalhadas neste projeto você mais gostou? Por quê?

15) Qual das atividades trabalhadas neste projeto você achou mais difícil de entender? Por quê?”.

Aula 13 – Feedback discente e docente

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola - Colégio Nova Geração e Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Série – 9º ano EF e 1º ano EM.

Tempo da aula - 1 hora/aula (50 minutos).

Período - matutino e vespertino.

Conteúdo - Astrobiologia e Termodinâmica

Objetivos:

- Receber um *Feedback* dos alunos sobre o PE aplicado e também dar um retorno a eles.

Recursos - Folhas sulfites. Apresentação em slides via *datashow*.

Metodologia:

1º momento - Liberar os alunos para seus comentários sobre as aulas, conteúdos e procedimentos adotados.

2º momento - Dar um retorno aos alunos da evolução dos mesmos, em relação a comparação dos questionários diagnóstico e avaliativo, e também por meio de observações do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Avaliação - Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Desenvolvimento da Aula 13

Apresentação via *datashow* de *slides* contendo as questões, tabelas e gráficos com a comparação entre os questionários: diagnóstico e avaliativo da turma.

Na sequência será apresentado os relatos da aplicação do PE nos colégios, privada e pública de ensino.

3.3 - Relato da aplicação do Produto Educacional no Colégio Particular Nova Geração

Relembrando que a princípio, a aplicação seria realizada em um colégio estadual, na turma regular da autora do presente trabalho, e devido ao atendimento a Resolução 406/2018-SEED-PR junto ao Núcleo Regional de Educação (NRE) da cidade de Maringá, em um primeiro momento isso não foi possível. Enquanto os trâmites corriam, a aplicação do produto educacional ocorreu no período de 09 a 30 de novembro de 2021, em que o público alvo foram 07 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental (EF) e 02 alunos do 1º ano do Ensino Médio (EM) do Colégio particular Nova Geração da cidade de Colorado – PR.

Pelo fato de não fazer parte do quadro de professores desse colégio particular, a aplicação se deu na forma de Oficina Pedagógica às terças-feiras em contraturno, no período referido, necessitando assim de algumas adaptações. Como não eram aulas obrigatórias, os alunos que participaram da oficina, apresentaram uma pré-disposição para a aprendizagem, demonstrando interesse em associar novos conhecimentos.

No início, o produto educacional estava programado para ser aplicado no período de 26 de outubro a 23 de novembro de 2021, e um temporal provocou a queda de muitas árvores na cidade, deixando o colégio sem energia elétrica por uma semana. Em consequência desse atraso, criou-se um grupo de *WhatsApp* com a finalidade de interação entre os alunos e professor, com envio de mensagens que instigassem a curiosidade dos alunos sobre a Oficina Pedagógica.

Lembrando ainda que esse foi o período pós isolamento social devido à pandemia mundial, causado pelo vírus SARS-CoV-2 que causa a doença COVID-19 com milhões de mortes. Com um retorno de adaptação e com os cuidados de manter distanciamento social.

3.3.1 - Primeiro dia de oficina

Foram ministradas nesse dia as aulas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da proposta da Sequência didática conforme o Quadro 3.1 e Planos de Aula descritos na seção 3.2.1.

O dia inicial da aplicação transcorreu tranquilamente, os alunos estavam curiosos e demonstraram grande disposição na participação da oficina.

No primeiro momento aplicou-se o questionário diagnóstico, descrito no Quadro 3.1, a fim de avaliar os conteúdos prévios (subsunçores) que os alunos possuíam sobre os temas: Termodinâmica e Astrobiologia.

Os 9 alunos, Figura 3.22, responderam as questões serenamente e com muita concentração. A aplicação ocorreu de forma bem tranquila.

Figura 3.22 - Imagem fotográfica da aplicação do questionário diagnóstico aplicado em 26/10/2021.



Fonte: arquivos da autora.

Após a aplicação os estudantes receberam as instruções para a montagem em casa dos seguintes experimentos: dessalinizador e terrário (Experimentos 3.1 e 3.2, escritos nos planos de aula 2 e 3). Foram instruídos a entregarem as conclusões no último dia de oficina, seguindo os passos do método científico. Para a montagem do terrário foram entregues *kits* prontos elaborados pela docente com os materiais citados no roteiro.

Neste instante, buscou-se explanar sobre o método científico e suas etapas (conforme apresentado na seção 1.2), esclarecendo as dúvidas que surgiram, pois muitos já conheciam esse processo, outros não.

No terceiro momento os alunos foram questionados sobre as características necessárias para que haja habitabilidade em um planeta.

O aluno 03 do 9º EF respondeu que “eram necessários água, energia e calor”. Já o aluno 06 do 9º EF relatou que “seria preciso luz, oxigênio e Sol”.

A seguir, fez-se uma explanação dos parâmetros principais para ter vida na Terra, relacionando-os aos conceitos termodinâmicos, calor e temperatura.

Para a introdução do tema Astrobiologia, optou-se pela apresentação em *slides* via *Datashow* sobre o assunto.

Questões como: “O tema Astrobiologia é algo interessante? Por qual motivo? De onde viemos? Para onde vamos? Estamos sozinhos no Universo?” instigaram a curiosidade e a participação dos alunos, iniciando uma calorosa discussão.

O aluno 05 do 1º EM comentou que “acredita na existência de vida extraterrestre, e que não seria necessariamente como os seres vivos que conhecemos”. O estudante 01 do 9º EF relatou que “já havia lido um texto falando sobre a Astrobiologia e achou interessante”.

Posteriormente a inserção do conteúdo Astrobiologia e sabendo que o mesmo trata do estudo da origem, evolução e futuro da vida no Universo, escolheu-se no quarto momento apresentar aos alunos um tema que muitos ouvem falar, a Teoria do Big Bang. Como metodologia, optou-se por apresentar uma parte (os primeiros 10 min) do vídeo “O Universo – Além do *Big Bang*” – *History channel*.

Logo em seguida foi apresentado o segundo vídeo – “Viajando pelo Sistema Solar”, enfatizando as características do planeta Terra relacionadas à temperatura média e à atmosfera terrestre, dando ênfase na importância benéfica do efeito estufa, visto, erroneamente, por muitos como um problema ambiental.

Os alunos discutiram sobre a grande variação de temperatura nos planetas e ficaram impressionados com a existências dos planetas gasosos.

Novamente foram instigados a opinarem sobre a ocorrência do *Big Bang* e a habitabilidade dos planetas do Sistema Solar por meio de questionamentos como “O *Big Bang* realmente aconteceu? Como era a temperatura antes do *Big Bang*? Todos os planetas podem ser considerados habitáveis? Quais fatores influenciam na habitabilidade de um planeta?”

O discente 03 do 1º EM concluiu que “o *Big Bang* só aconteceu devido a uma grande variação de temperatura e que os fatores que influenciam na habitabilidade

em um planeta estão relacionados à temperatura e à energia vinda do Sol”. Por meio das respostas dadas, percebeu-se que alguns estudantes associaram os conceitos termodinâmicos como calor, energia e temperatura com os vídeos vistos.

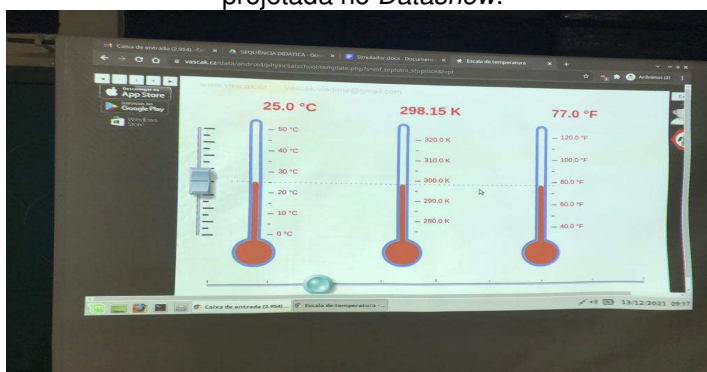
Com o objetivo de fixação dos conteúdos trabalhados utilizou-se o simulador *Física na escola* (Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplota_varu_vyska&l=en>, relacionando temperatura de ebulição da água, pressão atmosférica e altitude, primeiramente em um local na Terra e depois nas camadas da atmosfera terrestre (Figura 3.7).

Todos os alunos acessaram os simuladores nos celulares de maneira bem entusiasmada, citando como esse recurso ajudou na compreensão dos conteúdos. Como a maioria não conhecia o simulador, foi um momento bem agradável.

No fechamento desse dia, no quinto momento, realizou-se a leitura do texto sobre calor, temperatura e as mudanças de estado físico da água presentes no livro didático e projetados no *Datashow*.

Com o intuito de tornar a aula mais lúdica e dinâmica, buscou-se novamente a utilização do simulador *Física na Escola*, disponível no site: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplotni_stupnice&l=pt, para fixação do conceito de temperatura e a introdução de escalas termométricas, sendo muito apreciado pelos alunos. A explicação foi a apresentada junto a Figura 3.8. Na Figura 3.23 apresenta-se o registro da imagem do simulador projetada no *Datashow* durante a aplicação do PE.

Figura 3.23 – Imagem fotográfica da tela do simulador “escala de temperatura” do Física na escola projetada no *Datashow*.



Fonte: arquivos da autora, 2021.

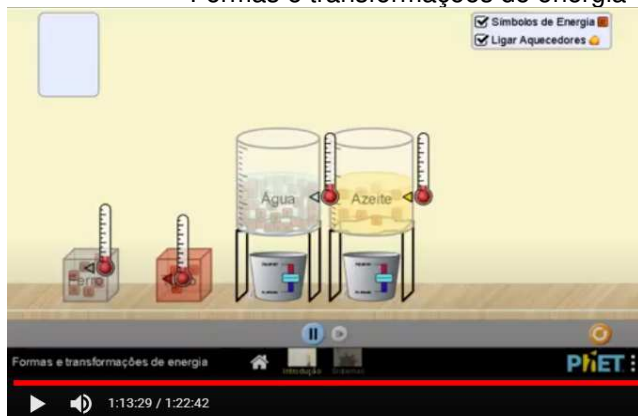
Neste ponto, trabalhou-se com as equações de transformação das escalas termométricas, reforçando a parte matemática por meio de atividades e comparando

os resultados fornecidos pelo simulador. Alguns alunos apresentaram dificuldades na resolução dos cálculos matemáticos básicos, talvez devido à pandemia, período em que alunos e professores tiveram que se adaptar a aulas remotas ou híbridas.

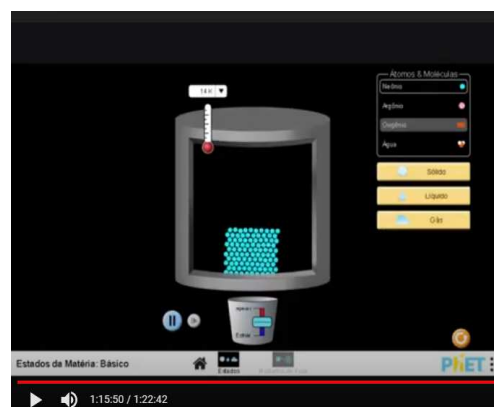
Na sequência, reforçou-se que os conceitos de temperatura, calor e equilíbrio térmico, estão ligados diretamente com a **lei zero da termodinâmica**: “*Se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C (o termômetro), eles também estarão em equilíbrio térmico entre si.*” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2016, p.415), conforme ilustrado na Figura 3.12.

Também com a finalidade de fixação dos conceitos calor, estados físicos e transições de fase da água, utilizou-se os simuladores disponíveis pela Universidade de Colorado, o PhET, disponível nos sites: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>> (Figura 3.9 a 3.11) e <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>. (Figura 3.15). Os registros da tela dos simuladores projetados na tela da sala de aula por meio do *Datashow* estão apresentados na Figura 3.24 (a) e (b) respectivamente.

Figura 3.24 – Imagem da tela dos simuladores PhET projetada na tela por meio do *Datashow* (a) “Formas e transformações de energia” e (b) “Estados da matéria básico”.



(a)



(b)

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Os alunos apreciaram muito essas atividades recreativas com os recursos tecnológicos, relatando um indício de uma aprendizagem mais significativa, pois participaram ativamente da aula.

O discente 06 do 9º EF comentou que “essa aula deveria ter sido aplicada na semana anterior, pois ele tinha realizado a prova desse conteúdo e o resultado não havia sido satisfatório, mas agora com o uso dos simuladores a compreensão foi

melhor”. O aluno 07 do 9º EF disse que “o equilíbrio térmico é muito importante para a existência da vida na Terra, pois sem a presença de gases estufa o planeta resfriaria rapidamente”.

Ao término desse dia, os estudantes demonstraram grande satisfação na participação da Oficina Pedagógica, principalmente os do 1º ano do Ensino Médio, pois comentaram que em consequência da pandemia as aulas no ano anterior foram remotas limitando as discussões e a interação entre professor e alunos.

3.3.2 - Segundo dia de oficina

Foram ministradas nesse dia as aulas 7, 8, 9, e 10 da proposta de sequência didática conforme o Quadro 3.1. Iniciou-se a aula com a retomada de todo o conteúdo visto, com a colaboração dos discentes. Em seguida foi feita a leitura do texto Energia e suas formas, introduzindo o conceito termodinâmico trabalho, presente na Primeira Lei da Termodinâmica e sua associação com o Princípio da Conservação de Energia.

Para demonstrar a transformação e o Princípio da Conservação de Energia, utilizou-se o simulador PhET (Universidade de Colorado - <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>).

(Figura 3.16). Um dos registros em aula é o apresentado na Figura 3.25, sendo essa a primeira parte do simulador, pode-se trocar a ciclista por outros tipos de fontes, uma torneira com controle da vazão de água, o Sol e uma chaleira emitindo vapor, bem como substituir a lâmpada incandescente por uma fluorescente, ou por um sistema de aquecimento de água ou ainda por uma hélice

Figura 3.25 – Registro da imagem da tela do simulador PhET “Formas de energia e Transformações” projetada por meio do *Datashow*.



Fonte: arquivos da autora, 2021.

Os alunos participaram ativamente dessa atividade acessando o simulador nos celulares e explorando todas as ferramentas apresentadas.

No segundo momento desse encontro foi feita a leitura e explanação do texto sobre as formas de propagação de calor e logo após os alunos participaram de um quiz no aplicativo Kahoot® (<<https://kahoot.com/>>), Figura 3.25, acessando pelos celulares, com algumas questões sobre o assunto. No Quadro 3.13 estão apresentadas as questões e as respectivas respostas.

Quadro 3.13 – Questões inseridas no *Kahoot* para os alunos responderem em forma de um quiz com temporizador para cada questão. A resposta é a digitada em vermelho.

1- Quais são as formas de propagação de calor? condução, convecção e propagação condução, convecção e radiação propagação, radiação e convecção condução, radiação e fusão
2- O processo de condução de calor necessita de um meio material para ocorrer, portanto não ocorre no vácuo. verdadeiro falso
3- O cobertor que usamos nas noites frias tem a função de: facilitar que o frio se afaste do nosso corpo nos aquecer, pois é uma fonte de calor dificultar a transmissão de calor do nosso corpo para o ambiente dificultar que o frio chegue ao nosso corpo
4- A convecção é um fenômeno que só ocorre em fluidos como líquidos, gases e vapores. verdadeiro falso
5- O calor do Sol chega ao planeta Terra por meio do processo chamado: condução propagação convecção irradiação
6- O aparelho de ar condicionado deve ser instalado em um ambiente na parte superior, mais perto do teto. verdadeiro falso
7- A irradiação é um processo de transmissão de calor que não ocorre no vácuo. verdadeiro. falso

Fonte: a autora, 2021.

Como era uma competição, essa atividade foi uma das mais ativas e estimulantes.

O aluno 05 do 9º EF explicou que “já conhecia o *Kahoot* (das aulas de inglês) e adorava, sentia-se motivado a realizar as atividades de competição, e sugeriu que mais professores usassem essa ferramenta”.

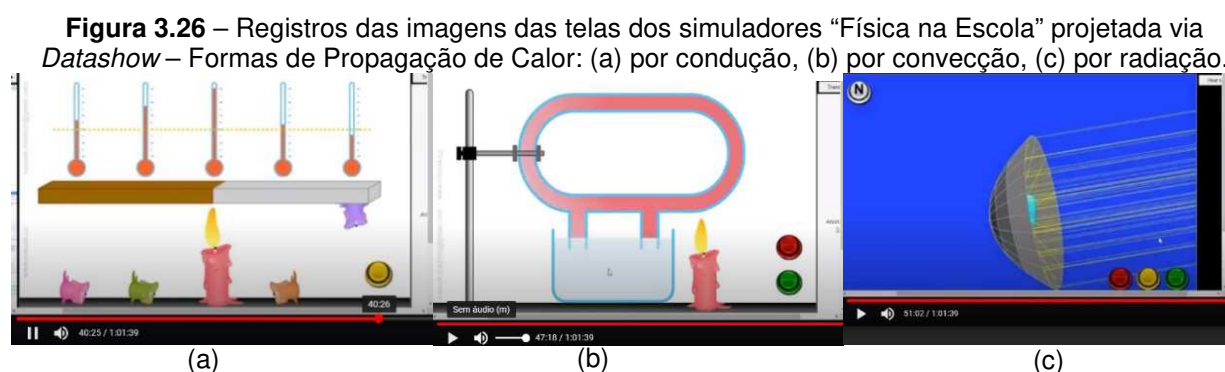
Posteriormente, fez-se o uso do simulador *Física na Escola* para melhor visualização e compreensão do conteúdo Formas de Propagação de Calor, Figuras 3.17, 3.18 e 3.19 disponíveis nos seguintes *sites*, respectivamente:

<https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_vedeni_energie&l=pt>.

<https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_proudeni_energie&l=pt>.

<https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_zareni_energie&l=pt>.

O registro em aula, projetadas por meio do *Datashow* aos alunos são os apresentados na Figura 3.26 (a) processo de condução, (b) de convecção e (c) de radiação.



Fonte: arquivos da autora, 2021.

Com o uso desse recurso, os alunos não foram meros expectadores, pois participaram das atividades contribuindo para uma aprendizagem mais relevante.

Dando continuidade, foram lidos textos sobre as características do Sol e sua importância na manutenção da vida na Terra, referente ao Plano de aula da Aula 09 apresentada na seção 3.3 Neste ponto abriu-se uma discussão sobre os benefícios do Sol em relação a energia luminosa e a energia térmica, citando a fotossíntese e a produção da vitamina D.

Alguns alunos, Figura 3.27, trouxeram os seus experimentos (a) terrários e (b) para verificarem se a montagem estava correta.

Figura 3.27 – Registro fotográfico de alunas com a montagem dos experimentos (a) dessalinizador e (b) terrário.



Fonte: arquivos da autora, 2021.

Em seguida, realizou-se a montagem do carrinho “movido” a energia solar pela docente, previsto na aula 10, Experimento 3.3, conforme registrado em aula e apresentado na Figura 3.28 (a). O procedimento desse experimento foi entregue juntamente com uma folha de conclusão que deverá ser entregue no último dia de curso, seguindo as etapas do “método” científico. O carrinho é um protótipo confeccionado preliminarmente pela autora do presente trabalho. Durante os testes ela recebeu uma oferta de aquisição do carrinho por parte de um pedestre que queria dar de presente ao neto. Após a montagem do carrinho, todos foram direcionados para a parte externa do colégio onde puderam verificar o funcionamento do carrinho conforme o registro de um dos momentos apresentado na Figura 3.28 (b).

Figura 3.28– Imagem fotográfica (a) da montagem do carrinho “movido” a energia solar pela docente autora da presente dissertação, e (b) do aluno testando o carrinho no pátio da escola.



Fonte: arquivos da autora, 2021.

Os estudantes reagiram de forma bem entusiasmada. O aluno 04 do 9º EF mencionou que “gostaria de apresentá-lo na próxima feira de Ciências da escola, pois adorou o experimento”. Observaram *in loco* a transformação de energia solar em energia elétrica e desta em energia mecânica (cinética).

Durante toda à tarde os alunos mostraram-se participativos, principalmente nos momentos em que foram utilizados os simuladores, o aplicativo *Kahoot* e no experimento carrinho movido a energia solar.

3.3.3 - Terceiro dia de oficina

Foram ministradas nesse dia as aulas 11 e 12 da proposta da sequência didática conforme o Quadro 3.1.

Como de costume, iniciou-se a aula com a retomada de todo o conteúdo visto com a participação dos estudantes. Esse momento é muito importante, pois pode-se aprender mais e sanar novas dúvidas que não surgiram durante as aulas.

Depois de promover a interação dos estudantes em atividades práticas, mediante a construção de carrinho movido a energia solar para que pudessem observar as transformações de tipos de energia, apresentou-se aos alunos temas como o futuro do planeta Terra por meio de um vídeo: “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos, por Stephen Hawking” com duração de 11min58s, disponível no *youtube* no link: <https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8>. O registro da projeção do vídeo por meio do *Datashow* é o apresentado na Figura 3.29.

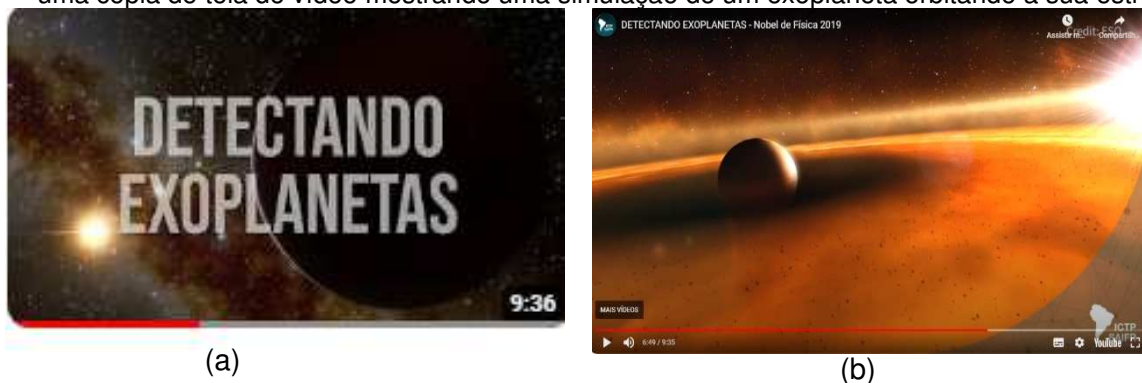
Figura 3.29 – Imagem do vídeo “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos” projetada por meio do *Datashow*.



Fonte: arquivos da autora, 2021.

Posteriormente, explorou-se sobre a existência de exoplanetas, por meio do vídeo “DETECTANDO EXOPLANETAS - Nobel de Física 2019” (Figura 3.30) com 9m35s, disponível no *youtube*: <<https://www.youtube.com/watch?v=upKY2QqxPLI>>.

Figura 3.30- Imagem do vídeo do ICTP (a) Detectando Exoplanetas projetada no *Datashow* e (b) uma cópia de tela do vídeo mostrando uma simulação de um exoplaneta orbitando a sua estrela.



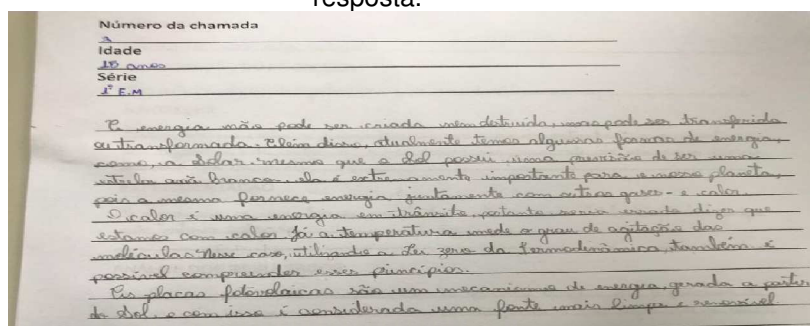
Fonte: arquivos da autora, 2021.

A escolha dos temas está associada ao impacto das ações humanas no planeta Terra e a existência de planetas fora do nosso sistema solar. Como metodologia escolheu-se a apresentação de vídeos disponíveis na *internet* de forma que os alunos possam ter acesso quando desejarem.

Logo após, todos refletiram sobre a degradação do planeta e como a natureza vem sendo modificada pela ação do homem por meio de queimadas, desmatamentos e desenvolvimento industrial que provocam muitos tipos de poluição. Foi um momento de intensa conscientização, pois os alunos concluíram que também são responsáveis pelo futuro e da necessidade de mudanças para a preservação da Terra.

Para finalizar esse dia os estudantes escreveram um texto sobre os conteúdos trabalhados durante a aulas, um exemplo está apresentado na Figura 3.41 (a) e em (b) a sua transcrição, e também foi reaplicado o questionário do primeiro dia.

Figura 3.31 – (a) Imagem fotográfica do texto do estudante 03 do 1º EM e (b) a Transcrição da resposta.



(a)

“A energia não pode ser criada nem destruída, mas pode ser transferida ou transformada. Além disso, atualmente temos algumas formas de energia, como a Solar. Mesmo que o Sol possui uma previsão de ser uma estrela anã branca ela é extremamente importante para o nosso planeta, pois a mesma fornece energia juntamente com outros gases e calor. O calor é uma energia em trânsito, portanto seria errado dizer que estamos com calor. Já a temperatura mede o grau de agitação das moléculas. Nesse caso, utilizando a Lei zero da Termodinâmica também é possível compreender esses princípios. As placas fotovoltaicas são um mecanismo de energia gerada a partir do Sol, e com isso é considerada uma fonte mais limpa e renovável.

(b)

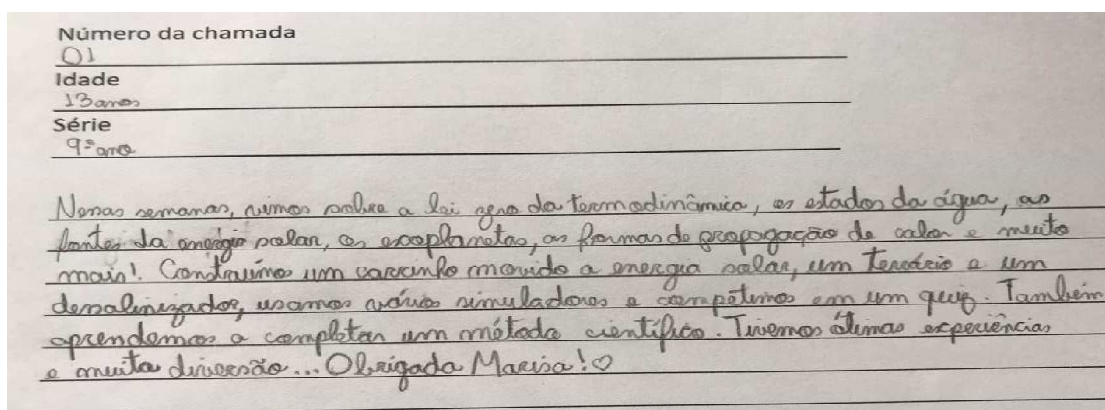
Fonte: arquivos da autora, 2021.

3.3.4- Quarto dia de oficina

Foi ministrada nesse dia a aula 13 da proposta da sequência didática conforme o Quadro 3.1.

Neste último dia realizou-se a atividade de *feedback* dos alunos, eles escreveram suas opiniões sobre o PE aplicado, bem como as metodologias utilizadas e a sequência didática. A Figura 3.31 apresenta, uma das respostas na íntegra, o texto escrito pelo estudante 01 do 9º EF sobre o PE.

Figura 3.31– (a) Imagem fotográfica do texto do estudante 01 do 9º EF, (b) Transcrição da resposta.



(a)

“Nessas semanas, vimos sobre a lei zero da termodinâmica, os estados da água, as fontes da energia solar, os exoplanetas, as formas de propagação de calor e muito mais! Construímos um carrinho movido a energia solar, um terrário e um dessalinizador, usamos vários simuladores e competimos em um quiz. Também aprendemos a completar um método científico. Tivemos ótimas experiências e muita diversão... Obrigada Marisa!”

(b)

Fonte: arquivos da autora, 2021.

Como *feedback* do docente, foi apresentado aos alunos por meio de gráficos e tabelas, a análise do desempenho da turma em relação aos questionários diagnóstico e avaliativo que estarão apresentados no Capítulo 4.

O aluno 03 do 1º EM comentou que “ficou muito feliz com o seu desempenho pois teve 100% de aproveitamento no questionário avaliativo”.

Neste dia os alunos entregaram as suas conclusões sobre os experimentos seguindo as etapas do método científico.

Para finalizar, eles relataram que gostaram muito do material impresso (que consta dos itens 3.1 e 3.2 sem as respostas do questionário e do quiz e algumas imagens dos experimentos foram inseridas posteriormente) entregue durante a Oficina, pois poderão utilizá-lo futuramente e também da realização de aulas teóricas e práticas juntas, facilitando a compreensão dos conteúdos e despertando o interesse de todos. Além disso, comentaram que os momentos após as atividades práticas foram muito relevantes, pois puderam discutir resultados, levando a construção de conceitos, possibilitando assim, uma aprendizagem mais significativa.

Os depoimentos dos alunos, no decorrer da aplicação do Produto Educacional, levam a crer que houve resultados positivos e satisfatórios.

Na próxima sessão apresenta-se a aplicação para uma turma regular da própria autora do presente trabalho.

3.4 Relato da aplicação do Produto Educacional no Colégio Estadual Monteiro Lobato

A aplicação do produto educacional ocorreu no período de 03 de novembro de 2022 a 01 de dezembro de 2022. O público alvo foram 28 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental (EF) do Colégio Estadual Monteiro Lobato da cidade de Colorado – PR, onde a mestrandia atua como professora. Para a aplicação foram utilizadas 12 aulas de 50 minutos.

3.4.1 – Tramitação junto a NRE e COPEP/UEM

Para aplicação do PE em uma instituição de ensino do estado, a Secretaria da Educação do PR (SEED) informa que seja solicitada a autorização por meio de uma plataforma: <https://professor.escoladigital.pr.gov.br/autorizacao_pesquisa_academic

a> e quem analisa é o responsável pertencente ao o Núcleo Regional de Educação (NRE) da qual a instituição pertence.

Após encaminhar ao NRE via plataforma da SEED, os 6 anexos devidamente preenchidos, esses foram analisados pelo(a) responsável, o que demandou certo tempo, pois depende da demanda interna, a qual libera um documento para ser avaliado junto ao Comitê de ética da instituição responsável pelo Programa de PG, no caso a UEM. Esse procedimento foi realizado em setembro de 2021 e o resultado foi dado em novembro do mesmo ano, com a permissão de aplicação enquanto aguardava a solicitação e liberação do comitê de ética. Por algum motivo e já com a data da aplicação pronta, a direção da escola foi notificada que o procedimento não poderia ocorrer sem o documento de liberação. Como era final de ano letivo, a coordenação do MNPEF/UEM, entrou em contato junto ao comitê de ética explicando do que se tratava a aplicação do PE, e a resposta foi de que era necessário tramitar por meio da plataforma Brasil e seria analisado.

Em março de 2022, iniciou-se com o cadastro da mestrande e da orientadora na plataforma, <<https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>>, após o cadastro, a orientadora recebeu uma senha para acesso e início do preenchimento das várias planilhas, podendo também anexar diversos tipos de documentos. Primeiro solicitou-se a liberação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aguardou-se a resposta e em abril foi informado que seria necessário o TCLE. O mesmo foi providenciado, e após passar na reunião o parecer foi que seria necessário o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) também, além de outras correções solicitadas inclusive alteração do cronograma de aplicação.

A saber, o comitê de ética possui calendário próprio e a cada solicitação dos ajustes solicitados pela Comitê Permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (COPEP)/UEM era necessário aguardar tramitar em uma reunião posterior caso já tivesse passado o prazo. Os ajustes foram no TCLE e TALE devido ser um PE envolvendo alunos e que utilizaria vários recursos metodológicos, de acordo com o comitê, deveria estar mais claro o que poderia causar de impacto no aluno de forma prejudicial. O que para a mestrande e orientadora era difícil prever. Outros pontos também por falta de experiência da orientadora nesse tipo de tramitação tiveram que ser corrigidos. No final, a aprovação ocorreu em outubro de 2022 (Anexo 2). O

documento de aprovação foi encaminhado ao NRE e liberada a aplicação que iniciou em novembro de 2022.

Infelizmente devido a todo esse processo na liberação da aplicação do PE junto ao comitê de ética da UEM e os tramites juntos ao NRE de Maringá, aplicou-se esse projeto no final do ano letivo, período de aplicar o plano de recuperação denominado de “Se Liga” (<<https://www.educacao.pr.gov.br/Programa-Se-Liga>>) aos alunos pendentes, e os alunos que atingiram a meta já se encontravam “cansados” de forma que a assiduidade normalmente já diminui.

3.4.2 – Infraestrutura e Recursos Didáticos

A escola conta com biblioteca, sala de informática, aparelhos de *datashow* e *kits* “Educatron”, compostos por *smart* TV de 43 polegadas, computador, *webcam*, microfones, teclado com *mouse pad* e pedestal regulável. O termo de liberação institucional está apresentado no Anexo 1.

Os vídeos foram disponibilizados pela professora, assim como os materiais para a realização dos experimentos.

Para uma melhor interação entre alunos e professor, criou-se um grupo de *WhatsApp*, com envio de mensagens e links dos simuladores para que fossem utilizados durante as aulas.

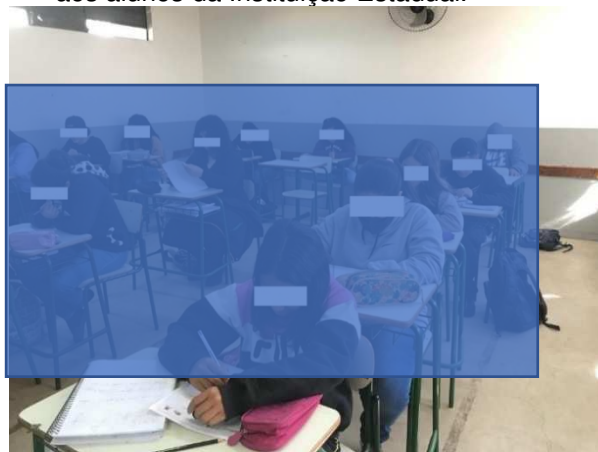
A seguir segue-se o relato das aulas ministradas para aplicação do PE.

3.4.3 - Primeiro encontro – Aulas 01 e 02

Foram ministradas nesse dia as aulas 1 e 2 da proposta didática conforme o Quadro 3.1. Este primeiro dia transcorreu de forma tranquila, os alunos escutaram atentamente o objetivo do projeto.

A seguir, com a finalidade de avaliar os conteúdos prévios (subsunçores) que os alunos possuíam sobre os temas: Termodinâmica e Astrobiologia, aplicou-se o questionário diagnóstico, descrito no Quadro 3.1. Os estudantes responderam as questões em silêncio e bem concentrados. A Figura 3.32 apresenta o registro de um momento da aplicação do questionário diagnóstico.

Figura 3.32 - Imagem fotográfica registrando um momento da aplicação do questionário diagnóstico aos alunos da Instituição Estadual.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

O procedimento adotado foi o mesmo descrito quando aplicado na turma da instituição privada (seção 3.3), os alunos receberam as instruções para a montagem dos experimentos 3.1 e 3.2, dessalinizador e terrário, respectivamente. E, de que os relatórios dos experimentos deveriam ser entregues no penúltimo dia de aula da aplicação do PE. Para que todos tivessem o mesmo padrão para a montagem do terrário, foram entregues pela docente, os materiais da lista em um *kit* montado pela própria docente, exceto o recipiente.

Realizou-se a leitura e explicação da montagem dos experimentos, texto apresentado na descrição das aulas 2 e 3 na seção 3.2.1. O aluno 04 perguntou se poderia utilizar um aquário para fazer o terrário, e foi instruído que caso utilizassem um recipiente maior, teriam que complementar o *kit* entregue.

Para instigar a curiosidade dos alunos, perguntou-se quais características seriam necessárias para a sobrevivência da planta no terrário, alguns responderam serem necessários água, Sol e oxigênio, demonstrando a presença de subsunções relacionados à vida no planeta Terra.

3.4.4 - Segundo encontro – Aula 03

Iniciou-se a aula com a retomada da montagem do dessalinizador, pois muitos alunos estavam com dúvidas. Eles foram orientados a entregar os relatórios seguindo o “método científico” induzidos pelo instrumento de coletas de dados que lhes foi entregue. Como não conheciam essa metodologia, buscou-se explanar o “método científico” e suas etapas, esclarecendo as dúvidas que surgiram.

O aluno 02 comentou que no experimento dessalinizador iria “beber água com sal” e ainda perguntou porque a água do mar não evaporava. Foi esclarecido que ocorria a evaporação, e o aluno 12 ainda completou que “a água do mar evaporava e depois ocorria a chuva”. Mesmo sem saber, eles já estavam utilizando o método científico e suas etapas.

O interessante da pergunta do aluno é que o processo que ocorre no experimento, de que a água ao evaporar não carrega as moléculas de cloreto de sódio, está relacionado ao ciclo da água como foi apresentado na seção 2.1.3, relacionado à Figura 2.15.

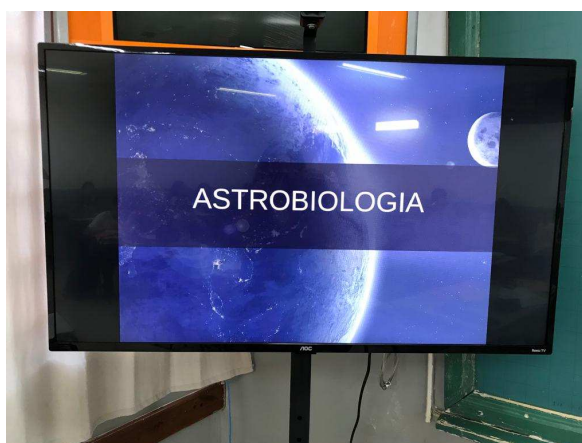
3.4.5 - Terceiro encontro – Aula 04

Inicialmente, questionou-se quais características seriam necessárias para que um planeta fosse habitável. Diversos alunos responderam a necessidade de água, oxigênio, terra, vento, calor, Sol, chuva e frio, demonstrando conhecimentos prévios sobre termodinâmica.

Em seguida, fez-se uma explanação dos parâmetros principais para que haja habitabilidade em um planeta. Os alunos foram indagados sobre a nossa principal fonte de energia e calor e o aluno 28 prontamente respondeu: “o Sol”.

Dando continuidade, por meio de *slides* na tela do *kit* “Educatron”, Figura 3.33, realizou-se a introdução do tema Astrobiologia.

Figura 3.33 - Imagem fotográfica do *slide* apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.



Fonte: arquivos da autora.

Com a finalidade de instigar a curiosidade dos discentes, questões como: “De onde viemos? Para onde vamos? Estamos sozinhos no Universo?” foram lançadas.

Vários alunos disseram que já haviam refletido sobre o assunto. O aluno12 relatou que sempre pensava “de onde eu vim, como foram surgindo as coisas antes de Deus, quem fez Deus”. O aluno 10 falou que “quem é que sabe se estamos sozinhos”. Foi um momento muito prazeroso com a participação dos alunos, demonstrando uma curiosidade natural sobre o tema exposto.

Posteriormente a inserção do conteúdo Astrobiologia, os alunos foram questionados sobre qual teoria seria mais aceita para explicar a origem do Universo, o aluno 05 respondeu “a teoria do *Big Bang*”.

Para a explanação desse tema, optou-se por apresentar uma parte do vídeo (os primeiros 10 minutos): O Universo – Além do *Big Bang* – *Historychannel*, conforme ilustrado na Figura 3.34.

Figura 3.34 – Imagem do vídeo O Universo – Além do *Big Bang*, apresentada na TV tela plana do *kit “Educatron”*.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

3.4.6- Quarto encontro – Aula 05

Inicialmente, realizou-se a retomada de todo o conteúdo visto anteriormente, com a colaboração dos discentes. O aluno 12 disse que “água, oxigênio e Sol, eram características que permitiam a habitabilidade em um planeta”. Já o aluno 11 comentou que “era necessário a presença de calor vindo do Sol”.

Quando indagados sobre Astrobiologia e seres extraterrestres, o aluno 11 comentou “que a Astrobiologia procura vida em outros planetas”, o aluno 12 ainda completou com a seguinte fala: “os extraterrestres seriam seres cabulosos, e não para o mal, e sim, para o bem”. Com relação à teoria do *Big Bang*, o aluno 09 lembrou a presença de matéria densa e a alta temperatura para que esse fenômeno ocorresse.

O aluno 12 ainda acrescentou que acreditava na teoria do *Big Bang* e também no Criacionismo²⁵.

Por meio dos comentários, percebeu-se a associação de conceitos termodinâmicos como calor e temperatura com os conteúdos vistos.

Na sequência, apresentou-se o vídeo – “Viajando pelo Sistema Solar”, conforme mostra a Figura 3.34, com o intuito de apresentar as características dos planetas do Sistema Solar e o benefício do efeito estufa, responsável pela temperatura média do planeta em torno de 14°C, o que permite a existência e manutenção de vida.

Características tão diversas como a grande variação de temperatura, a composição da atmosfera e a existência de planetas gasosos, chamaram a atenção dos discentes em relação a existência de vida como a conhecemos, fora da Terra.

Figura 3.34 – Imagem do vídeo Viajando pelo Sistema Solar, apresentada por meio da TV tela plana do *kit.Educatron*.



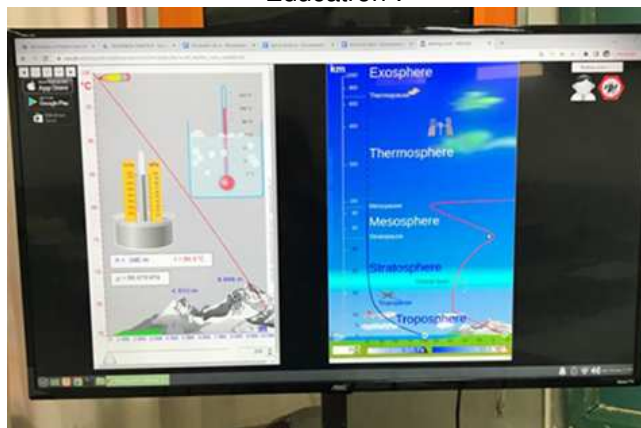
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Objetivando a fixação dos conteúdos trabalhados, utilizou-se o simulador *Física na escola* (Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplota_varu_vyska&l=en> (ponto de ebulição altitude) e <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_atmosfera&l=pt> (atmosfera terrestre) relacionando temperatura de ebulição da água, pressão

²⁵ Segundo Schall, Fernandes e Castelfrench, 2019, p.1 “Existem várias definições e vertentes para o que é chamado de “criacionismo”. Em geral, criacionismo não se refere à crença na criação divina, adotada por diversas religiões, e a um movimento organizado especificamente por cristãos que criticam o ensino da teoria da evolução e a veem como oponente de visões de mundo que englobam o sobrenatural. Esse movimento surgiu nos Estados Unidos, e foi se espalhando internacionalmente (Numbers, 2009).”

atmosférica e altitude, conforme citado na Figura .3.7. Primeiramente em um local na Terra, Figura 3.35 à esquerda da tela e depois nas camadas da atmosfera terrestre, Figura 3.35 à direita da tela.

Figura 3.35 – Imagem fotográfica da tela do simulador apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

Infelizmente, a maioria dos discentes não possuía acesso à internet e visualizaram o uso do simulador pela tela da TV do *kit* “Educatron”. Os *links* dos simuladores foram enviados no grupo do *Whatsapp* para um futuro acesso.

3.4.7 - Quinto encontro – Aula 06

Neste dia, questionou-se sobre os conceitos calor e temperatura. O discente 10 relatou que “eram diferentes e a água fervia a uma temperatura alta”. Já o aluno 11 disse que “temperatura é alguma coisa quente e calor é o ar quente”.

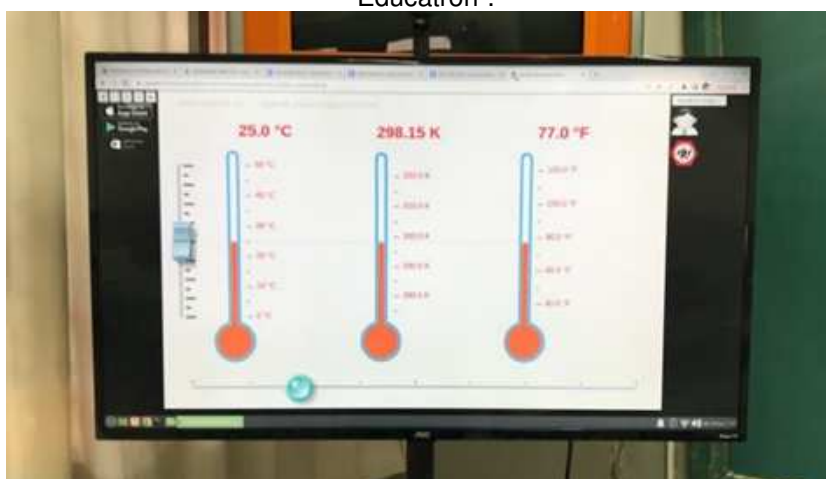
Com a finalidade de estudo de conceitos termodinâmicos como calor, temperatura e as mudanças de estado físico da água, realizou-se a leitura de textos presentes no livro didático e apresentado por meio da tela TV tela plana do *kit* do “Educatron”. Ao término da leitura, comentou-se diversos exemplos práticos, como a utilização do termômetro e o esfriamento do leite quente em uma xícara. Os alunos 16 e 21 comentaram que “o leite esfria porque perde calor e a temperatura se igualam com o ambiente”.

Quando indagados sobre os estados físicos da água e os experimentos terrário e dessalinizador, o discente 28 relatou que “no terrário ficavam algumas gotinhas na tampa e depois chovia”, outros alunos disseram que ocorria o ciclo da água.

Em seguida, com a utilização do quadro negro, realizou-se a explanação do conteúdo escalas termométricas, reforçando a parte matemática por meio de atividades. Os discentes apresentaram dificuldades na resolução de cálculos matemáticos, talvez devido à pandemia e a contratempos em acessar as aulas online durante esse período.

Com o propósito de fixação do conceito de temperatura e escalas termométricas, utilizou-se o simulador *Física na Escola*, disponível no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplozni_stupnice&l=pt>. A Figura 3.36 apresenta a imagem do simulador apresentada por meio do “Educatron”.

Figura 3.36 – Imagem fotográfica da tela do simulador apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

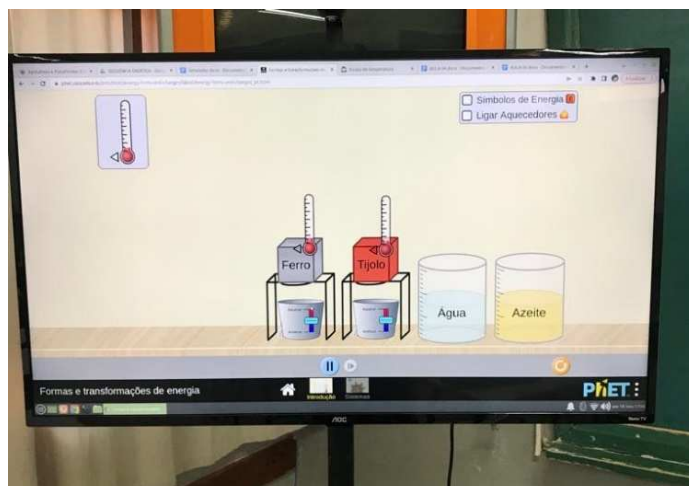


Fonte: arquivos da autora, 2022.

Para finalizar essa aula, fez-se a leitura da **lei zero da termodinâmica**: “Se dois corpos *A* e *B* estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo *C*, eles também estarão em equilíbrio térmico entre si.” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2016, p.415), desenhando a Figura 3.12 no quadro “negro”, interligando os conceitos de temperatura, calor e equilíbrio térmico.

Novamente utilizou-se o simulador disponibilizado pela Universidade de Colorado, PhET, disponível nos sites: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>> (Figura 3.16) para a fixação do conceito calor e equilíbrio térmico, conforme apresentado na Figura 3.37.

Figura 3.37 – Imagem da tela do simulador apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

Poucos alunos acessaram o simulador devido à dificuldade do acesso à internet, e visualizaram as simulações por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron” e participaram atentamente.

3.4.8 - Sexto encontro – Aula 07

Esta aula ocorreu após um feriado prolongado, então inicialmente, optou-se por uma recapitulação dos conceitos vistos na aula anterior, com a participação de todos.

Quando questionados sobre os conceitos termodinâmicos vistos anteriormente, o aluno 11 disse que “temperatura era o grau das moléculas quando agitadas”, o discente 16 lembrou que “calor era uma energia que passa do corpo mais quente para o corpo mais frio”. Por meio dos relatos, percebeu-se a apropriação de conceitos trabalhados.

Como os alunos apresentaram dificuldades em cálculos matemáticos, pediu-se a realização de uma atividade de conversão de escalas termométricas como tarefa.

Na sequência utilizou-se o simulador https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html. (Figura 3.15) para a fixação dos conteúdos: estados físicos da água e transição de fases conforme ilustrado na Figura 3.38.

Figura 3.38 – Imagem da tela do simulador apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.



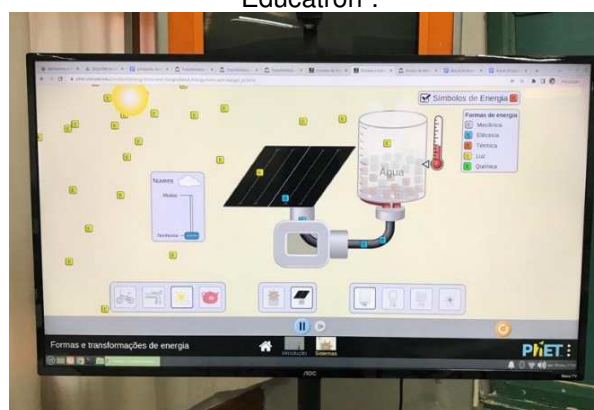
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Os alunos apreciaram bastante esse momento, visualizando o simulador tanto na tela do “Educatron” quanto nos celulares dos que possuíam acesso à *internet*.

A fim de introduzir o conceito de energia, questionou-se quais os tipos de energia que os discentes conheciam, vários responderam conhecer a eólica, solar e elétrica. Assim, realizou-se a leitura do texto Energia e suas formas, introduzindo o conceito termodinâmico energia interna e trabalho, contidos na Primeira Lei da Termodinâmica e sua relação com o Princípio da Conservação de Energia.

Para ilustrar melhor as transformações e o Princípio da Conservação de Energia, utilizou-se o simulador PhET (Universidade de Colorado - <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>). (Figura 3.16). Os alunos participaram interativamente dessa atividade, dando dicas dos recursos a serem utilizadas no simulador conforme apresentado na Figura 3.39.

Figura 3.39 – Imagem da tela do simulador apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

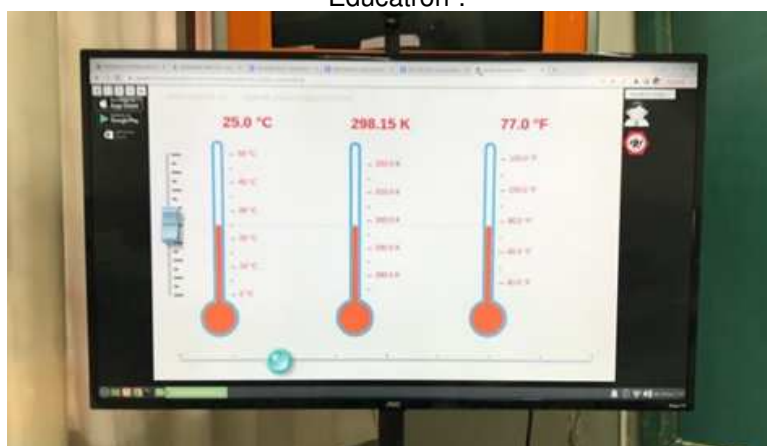


Fonte: arquivo da autora, 2022.

3.4.9 - Sétimo encontro – Aula 08

Inicialmente, fez-se a correção no quadro negro da atividade de conversão das escalas termométricas dada na aula anterior como tarefa. Para confirmar os resultados obtidos, utilizou-se novamente o simulador *Física na Escola* (Figura 3.8) conforme ilustrado na Figura 3.40.

Figura 3.40– Imagem fotográfica da tela do simulador projetada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.



Fonte: arquivo da autora, 2022.

Em seguida, realizou-se a leitura do Texto 4 - Formas de Propagação de Calor, impresso em folhas sulfites, e com o intuito de promover uma melhor aprendizagem, os alunos foram instigados a responder questões como: o cobertor aquece? onde o aparelho de ar condicionado deve ser instalado?

O aluno 16 relatou que “o cobertor não deixa passar o frio”, o aluno 09 falou que “o cobertor impede que o calor saia do corpo”. Já em relação ao ar condicionado, o discente 11 disse que “o aparelho devia ficar em cima, pois o vento gelado desce, pois é mais denso”.

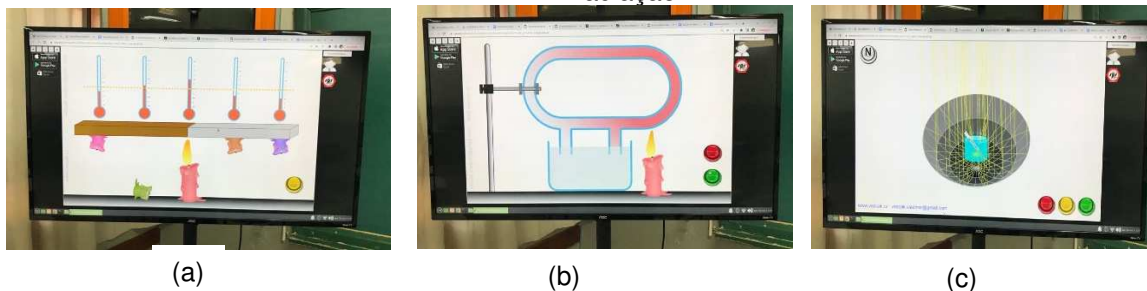
Após as devidas explicações e com o intuito de fixar o conteúdo Formas de Propagação de Calor, fez-se o uso do simulador *Física na Escola* disponível em:

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_vedeni_energie&l=pt. (Figura 3.41 (a)),

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_proudeni_energie&l=pt, (Figura 3.41 (b)) e

<https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_zareni_energije&l=pt> (Figura 3. 41 (c)), conforme explicação dada para as Figuras 3.18. 3.19 e 3.20.

Figura 3.41 – Imagem da tela do simulador apresentadas por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron” – Formas de Propagação de Calor: (a) por condução, (b) por convecção, (c) por radiação.

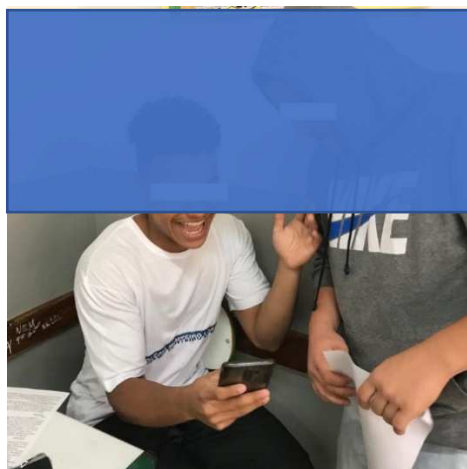


Fonte: arquivos da autora, 2022.

Com a finalidade de tornar a aprendizagem mais significativa e promover o engajamento nas atividades, os alunos participaram de um quiz no aplicativo Kahoot® (<<https://kahoot.com/>>), conforme ilustrado na Figura 3.20, e as questões e respostas as mesmas apresentadas na descrição da subseção 3.3.2 no Quadro 3.3, acessando por meio dos celulares. Visto que muitos não possuíam acesso à *internet*, essa atividade foi realizada em duplas.

Foi um momento bem dinâmico e descontraído, pois toda competição gera muito entusiasmo e participação dos discentes. Vários alunos vibravam quando acertavam as perguntas, conforme registrado na Figura 3.42.

Figura 3.42 – Imagem fotográfica de alunos participando do quiz.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

3.4.10 – Oitavo encontro – Aula 09

Devido a problemas na rede de energia elétrica do colégio, não foi possível acessar a TV tela plana do *kit* “Educatron” para projetar o texto sobre as características do Sol e sua importância na manutenção da vida na Terra, assim, realizou-se a leitura compartilhada em folhas de sulfite impressas, conforme Figura 3.43. Texto esse contido no Plano de Aula da aula 09 descrito na seção 3.2.

Figura 3.43 – Imagem fotográfica de alunos realizando a leitura compartilhada.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

Discutiu-se as características do Sol como sua temperatura, tamanho e composição. Os alunos ficaram surpresos principalmente com a alta temperatura. O aluno 12 falou “que nunca havia pensado em uma temperatura tão alta assim e ainda completou que seria impossível o ser humano viajar até o Sol”. O aluno 05 falou que “achava que o Sol era sólido”. Posteriormente, explanou-se sobre as regiões do Sol, enfatizando as zonas de radiação e convecção, fazendo a ligação com os conteúdos vistos na aula anterior.

Debateu-se também, o futuro do Sol e os tipos de energia que ele fornece diretamente. O discente 09 comentou que “já tinha visto um documentário sobre o fim da nossa estrela”. Os alunos 16 falou que “o Sol fornece energia térmica e luminosa”, e o aluno 19 completou dizendo que “sem o Sol não existiria fotossíntese e nem água líquida em nosso planeta, essenciais para a vida”. Comentou-se também a importância da luz solar para ativar a absorção de vitamina D em nosso organismo.

3.4.11 - Nono encontro – Aula 10

Neste dia, realizou-se a montagem do carrinho movido a energia solar pela docente, conforme mostra a Figura 3.44. Os alunos receberam as orientações para acompanhar a montagem desse experimento e também o relatório, que deverá ser entregue no penúltimo dia de aula do projeto. Durante a montagem do experimento, os alunos ficaram bem atentos, acompanhando passo a passo.

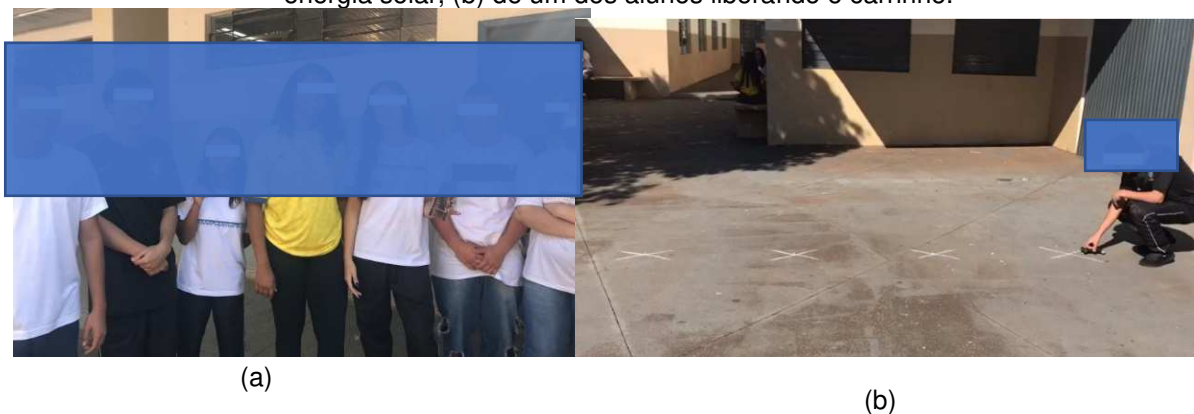
Figura 3.44 – Imagem fotográfica da montagem do carrinho movido a energia solar pela docente.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

Logo após, todos foram para a parte externa do colégio para visualizarem o funcionamento do carrinho, conforme Figura 3.45 (a). Pediu-se para um aluno liberar o carrinho (Figura 3.45 (b)) e quando iniciou o movimento, os discentes ficaram surpresos, o aluno 16 exclamou “que doideira”!

Figura 3.45 – Imagem fotográfica (a) de alunos na parte externa do colégio com o carrinho movido a energia solar, (b) de um dos alunos liberando o carrinho.



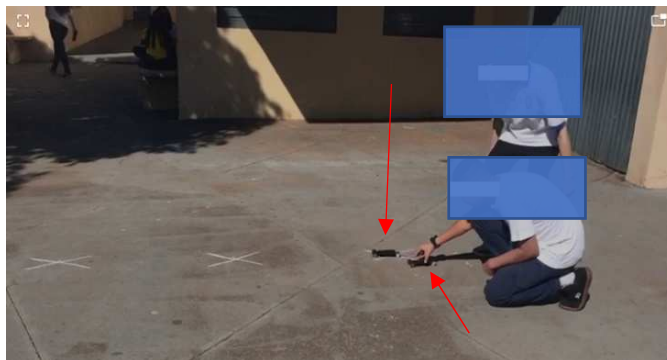
(a)

(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Como a docente havia levado outro carrinho pronto, os alunos fizeram uma competição. Foi um momento bem divertido com a participação de todos. (Figura 3.46).

Figura 3.46 – Imagem fotográfica da competição entre dois carrinhos movidos a energia solar.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

3.4.12 - Décimo encontro – Aula 11

No início dessa aula fez-se uma recapitulação do dia anterior com a seguinte indagação: quais transformações de energia foram vistas durante o funcionamento do carrinho movido a energia solar? O aluno 09 prontamente respondeu “solar e cinética”, os colegas completaram “solar, elétrica e mecânica”, demonstrando uma apropriação de conhecimentos.

Dando continuidade, optou-se por apresentar aos alunos o vídeo “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos previstos por Stephen Hawking” (Figura 3.47), com o intuito de conscientizá-los sobre o impacto das ações humanas no planeta Terra.

Figura 3.47 – Registro de uma imagem do vídeo “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos previstos por Stephen Hawking” apresentada por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.

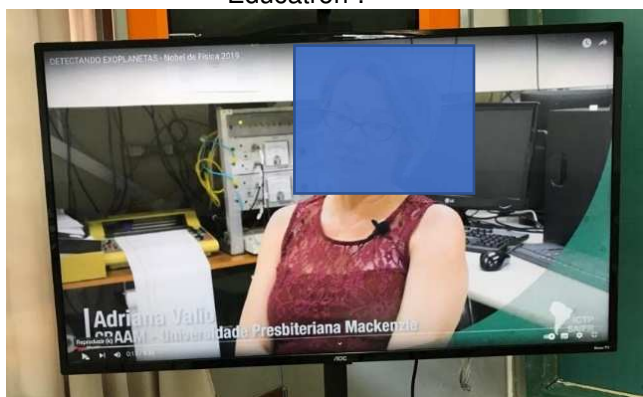


Fonte: arquivos da autora, 2022.

Logo após, discutiu-se sobre as mudanças climáticas em nosso planeta causadas pelo homem e quais atitudes poderiam amenizar essa situação. O aluno 09 disse que “andar de bicicleta diminuiria a poluição do ar”. Refletiu-se também a importância da redução de lixo em todo o planeta como forma de diminuir os impactos ambientais e as mudanças climáticas, conscientizando-os da própria responsabilidade pelo futuro do planeta.

Seguidamente, apresentou-se o vídeo “Detectando Exoplanetas”, Figura 3.48 que aparece Adriana Valio do Centro de Radioastronomia e Astrofísica do Mackenzie narrando o vídeo, com a finalidade de conhecer a existência de planetas fora do nosso sistema solar, bem como as possíveis formas de detectá-los. Esse vídeo foi publicado no ano de 2019 quando os pesquisadores James Peebles devido ao estudo teórico em Cosmologia, e Michel Mayor e Didier Queloz pela descoberta do exoplaneta 51 Pegasus b, ganharam o prêmio Nobel de Física desse ano.

Figura 3.48 – Imagem do registro de um dos momentos do vídeo “Detectando Exoplanetas” tendo seu conteúdo explicado por Adriana Valio apresentado aos alunos por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron”.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

3.4.13 - Décimo primeiro encontro – Aula 12

Nessa aula, com o intuito de verificar o aprendizado dos conteúdos trabalhados, aplicou-se o questionário avaliativo. Os discentes responderam tranquilamente e bem concentrados, conforme a Figura. 3.49.

Figura 3.49 - Imagem fotográfica do registro de um dos momentos da aplicação do questionário avaliativo aos alunos da escola Estadual.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

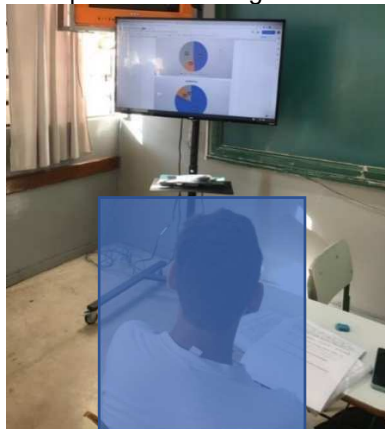
Após o término, os alunos foram orientados a preencher a tabela presente no relatório do experimento carrinho movido a energia solar, com dados que o docente forneceu e a calcular a velocidade média do carrinho. Apesar de algumas dificuldades, os alunos conseguiram resolver os cálculos matemáticos.

Em seguida, orientou-se a confecção de um gráfico do espaço em função do tempo, no papel quadriculado, anteriormente entregue pelo docente.

3.4.14 - Décimo segundo encontro – Aula 13

Nesta aula, apresentou-se tabelas e gráficos com os resultados do questionário diagnóstico e avaliativo, conforme a Figura 3.50, a fim de analisar o desempenho da turma durante a aplicação do PE.

Figura 3.50 - Imagem fotográfica da apresentação por meio da TV tela plana do *kit* “Educatron” dos resultados do questionário diagnóstico e avaliativo.

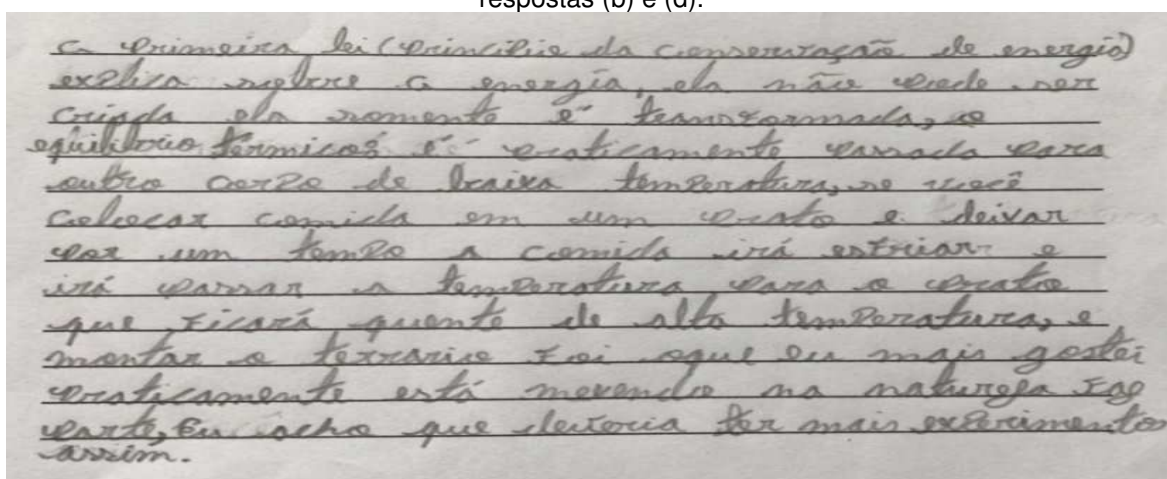


Fonte: arquivos da autora, 2022.

Os discentes ficaram surpresos e muito felizes com os ótimos resultados obtidos e fizeram diversos comentários. O aluno 11 disse que “as aulas foram da hora”, o aluno 16 comentou que “gostou muito dos vídeos”, o discente 08 relatou que “nunca leu tão rápido como no Kahoot” e o aluno 09 falou que “gostaria de mais aulas do projeto”. O Projeto eles se referem ao PE.

Para finalizar esse dia os estudantes escreveram um texto sobre os conteúdos trabalhados durante as aulas, Figura 3.51. Atividade essa que era para ter sido feito na aula anterior.

Figura 3.51 - Imagens fotográficas dos textos escritos pelo aluno 27 (a) e 21 (c). Transcrições das respostas (b) e (d).

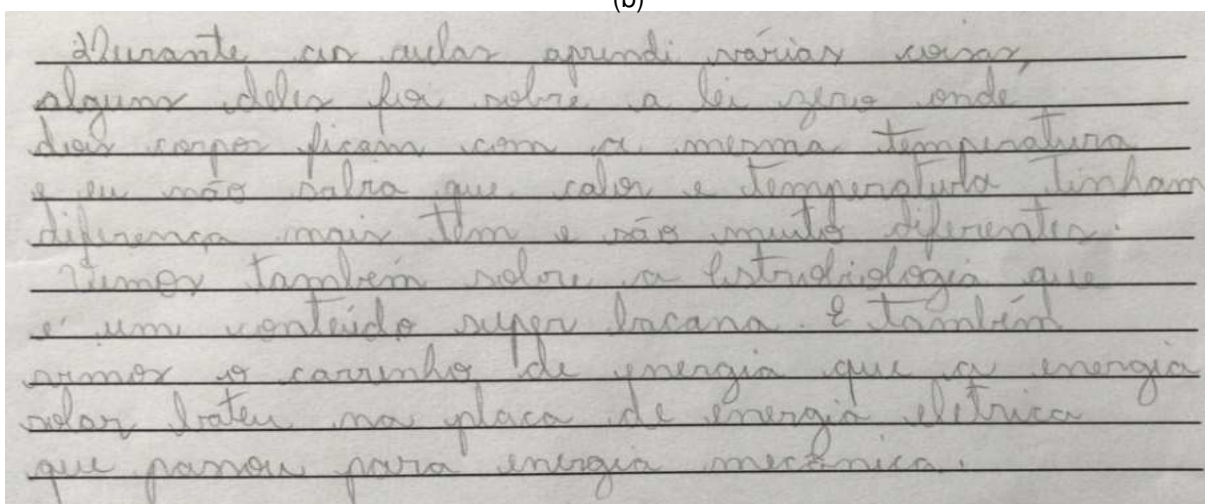


A primeira lei (Princípio da conservação de energia) explica sobre a energia, ela não pode ser criada ela somente é transformada, o equilíbrio térmico é praticamente passado para outro corpo de baixa temperatura, se você colocar comida em um prato e deixar por um tempo a comida irá esfriar e irá passar a temperatura para o prato que ficará quente de alta temperatura, e montar o terrário foi o que eu mais gostei praticamente está mexendo na natureza faz parte, eu acho que deveria ter mais experimentos assim.

(a)

“A Primeira lei (Princípio da conservação de energia) explica sobre a energia, ela não pode ser criada ela somente é transformada, o equilíbrio térmico é praticamente passado para outro corpo de baixa temperatura, se você colocar comida em um prato e deixar por um tempo a comida irá esfriar e irá passar a temperatura para o prato que ficará quente de alta temperatura, e montar o terrário foi o que eu mais gostei praticamente está mexendo na natureza faz parte, eu acho que deveria ter mais experimentos assim”.

(b)



durante as aulas aprendi várias coisas, alguns deles fize sobre a lei zero onde dois corpos ficam com a mesma temperatura e eu não sabia que calor e temperatura tinham diferença mais tem e são muito diferentes. Também aprendi sobre a histologia que é um conteúdo super bacana. E também sobre os caminhos de energia que a energia solar bate na placa de energia elétrica que passou para energia mecânica.

(c)

“Durante as aulas aprendi várias coisas, alguns deles foi sobre a lei zero onde dois corpos ficam com a mesma temperatura e eu não sabia que calor e temperatura tinham diferença mais (*sic*) tem e são muito diferentes. Vimos também sobre a Astrobiologia que é um conteúdo super bacana. E também vimos o carrinho de energia que a energia solar bateu na placa de energia elétrica que passou para energia mecânica”.

(d)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Pode-se observar que os alunos compreenderam os conceitos relacionados a Termodinâmica e as duas primeiras leis que foram abordadas com eles. Gostaram do conteúdo da Astrobiologia e o que ela estuda, além do processo de transformação de energia. Assim, por meio do desempenho e engajamento dos discentes nas atividades desenvolvidas no PE, e também pelos seus relatos, considerou-se que os resultados foram efetivos e significativos.

4 - RESULTADOS E SUAS ANÁLISES

Serão apresentados os resultados e análises das atividades obtidos durante a aplicação do PE, primeiramente do colégio particular e em seguida do colégio estadual. A análise seguirá a ordem das aulas, assim como a ordem dos questionários aplicados. Serão apresentadas também as análises dos relatórios sobre os experimentos realizados.

4.1- Questionário Diagnóstico Aplicado no Colégio Particular

A análise do questionário diagnóstico foi de forma quantitativa, esta atividade teve o intuito de avaliar os conteúdos prévios (subsunçores) que os alunos possuíam sobre os temas: Termodinâmica e Astrobiologia.

Nove alunos responderam essa atividade, sendo 7 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 2 alunos do 1º ano do Ensino Médio. Na Tabela 4.1 apresenta-se a quantidade de alternativas marcadas pelos alunos, bem como o percentual de questões corretas, incorretas e as de desconhecimento.

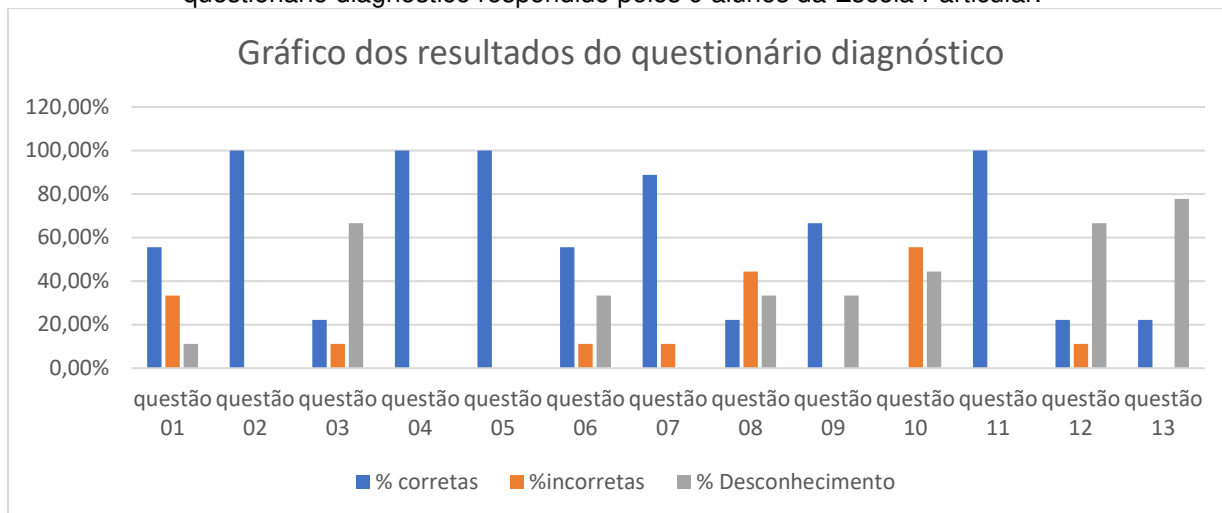
Tabela 4.1 - Resultado da análise do questionário diagnóstico aplicado na Oficina Pedagógica.

Questão	Resposta SIM	Resposta NÃO	Resposta NÃO SEI	% de Corretas	% de Incorretas	% de Desconhecimento
01	5	3	1	55,5%	33,3%	11,1%
02	9	0	0	100%	0%	0%
03	1	2	6	22,2%	11,1%	66,6%
04	9	0	0	100%	0%	0%
05	9	0	0	100%	0%	0%
06	5	1	3	55,5%	11,1%	33,3%
07	8	1	0	88,8%	11,1%	0%
08	4	2	3	22,2%	44,4%	33,3%
09	6	0	3	66,6%	0%	33,3%
10	5	0	4	0%	55,5%	44,4%
11	9	0	0	100%	0%	0%
12	2	1	6	22,2%	11,1%	66,6%
13	2	0	7	22,2%	0%	77,7%

Fonte: a autora, 2021.

Para uma melhor visualização, a Figura 4.1 apresenta o gráfico do percentual de corretas, incorretas e de desconhecimento, por questão.

Figura 4.1 – Gráfico do percentual de corretas, incorretas e de desconhecimento do conteúdo, do questionário diagnóstico respondido pelos 9 alunos da Escola Particular.



Fonte: a autora, 2021.

Analisou-se que as questões referentes à Astrobiologia (questão 01) metade da turma conhecia do que se trata, enquanto que sobre a Teoria do *Big Bang* (questão 02), Energia solar (questões 04 e 05) e Equilíbrio térmico (questão 11) obtiveram 100% de respostas corretas, demonstrando que os alunos possuíam subsunçores sobre esses temas, segundo a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

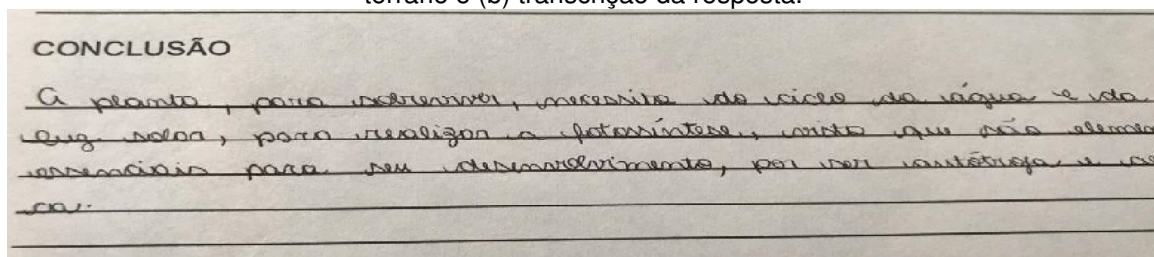
Já a questão 10 relacionada ao Princípio da Conservação de Energia, obteve 0% de corretas, 55,5% de incorretas e 44,4% de desconhecimento, denotando pouco conhecimento sobre o assunto.

4.2 – Experimentos Realizados pelos Alunos do Colégio Particular

Os alunos realizaram a montagem e observação do terrário e do dessalinizador em casa, a docente efetuou a montagem do carrinho “movido” a energia solar e os alunos fizeram os testes com o carrinho no pátio da escola. Foram entregues as conclusões dos experimentos seguindo as etapas do “método científico”.

A seguir serão apresentadas algumas conclusões elaboradas pelos alunos. Na Figura 4.2, temos o relato de um aluno que associou o desenvolvimento da planta com o ciclo da água, a energia solar e a fotossíntese, sendo requisitos essenciais para a manutenção da vida.

Figura 4.2 – (a) Imagem fotográfica da conclusão dada pelo aluno 05 do 1º EM sobre o experimento terrário e (b) transcrição da resposta.



(a)

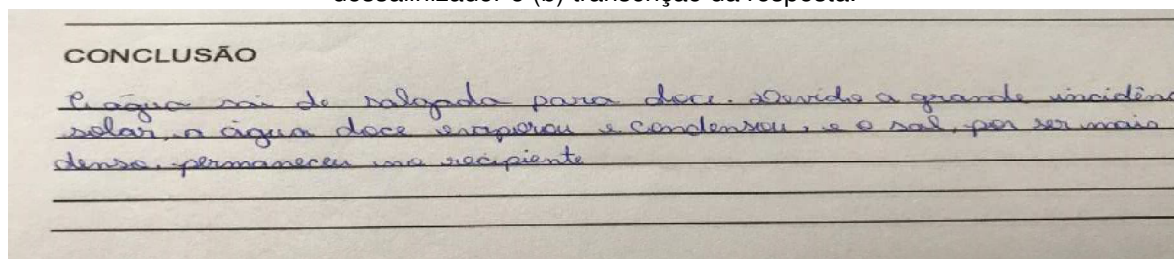
“A planta, para sobreviver, necessita do ciclo da água e da luz solar, para realizar a fotossíntese, visto que são elementos essenciais para o seu desenvolvimento, por ser autótrofa e aeróbica.”

(b)

Fonte: arquivo da autora, 2021.

Na Figura 4.3, temos a conclusão de um aluno que relacionou a incidência solar com os estados físicos da água no processo de dessalinização.

Figura 4.3 - (a) Imagem fotográfica da conclusão dada pelo aluno 03 do 1º EM sobre o experimento dessalinizador e (b) transcrição da resposta.



(a)

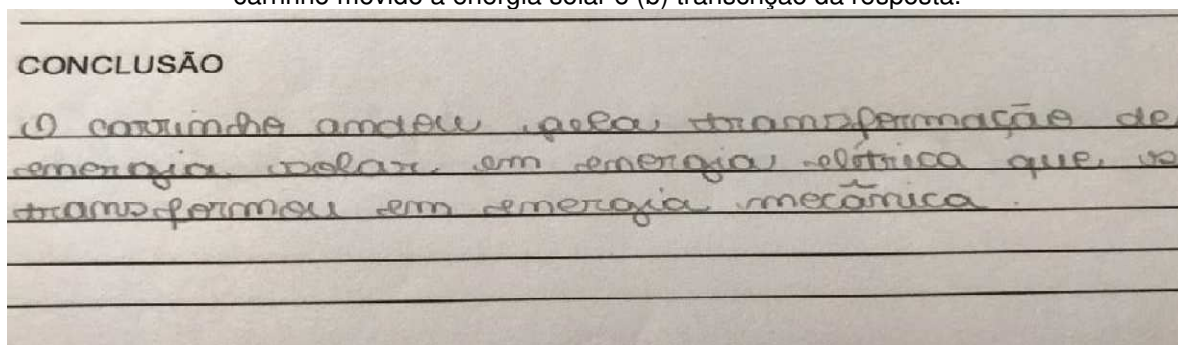
“A água saiu de salgada para doce. Devido a (sic) grande incidência solar, a água doce evaporou e condensou, e o sal, por ser mais denso, permaneceu no recipiente”.

(b)

Fonte: arquivos da autora, 2021.

A Figura 4.4, apresenta a conclusão de um aluno que conseguiu observar as transformações de energia que ocorreram para que houvesse o movimento do carrinho.

Figura 4.4 - (a) Imagem fotográfica da conclusão dada pelo aluno 07 do 9º EF sobre o experimento carrinho movido a energia solar e (b) transcrição da resposta.



(a)

“O carrinho andou pela transformação de energia solar em energia elétrica que se transformou em energia mecânica”.

(b)

Fonte: arquivo da autora, 2021.

Por meio das respostas dadas concluiu-se que os alunos conseguiram relacionar os experimentos com vários conceitos termodinâmicos vistos no decorrer da Oficina Pedagógica e atingiram os objetivos de cada experimento.

4.3 - Questionário Avaliativo Aplicado no Colégio Particular

A análise do questionário avaliativo foi de forma quantitativa, esta atividade teve o intuito de avaliar o aprendizado dos conteúdos trabalhados sobre Termodinâmica e Astrobiologia. Todos os nove alunos responderam essa atividade, sendo 7 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 2 alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Na Tabela 4.2 apresenta-se a quantidade de alternativas marcadas pelos alunos, bem como o percentual de respostas corretas, incorretas e por desconhecimento.

Tabela 4.2 - Resultado da análise do questionário avaliativo aplicado no curso.

Questão	Resposta SIM	Resposta NÃO	Resposta NÃO SEI	% de Corretas	% de incorretas	% de Desconhecimentos
01	9	0	0	100%	0%	0%
02	9	0	0	100%	0%	0%
03	1	7	1	77,7%%	11,1%	11,1%
04	9	0	0	100%	0%	0%
05	9	0	0	100%	0%	0%
06	8	1	0	88,8%	11,1%	0%
07	8	1	0	88,8%	11,1%	0%
08	2	7	0	77,7%	22,2%	0%

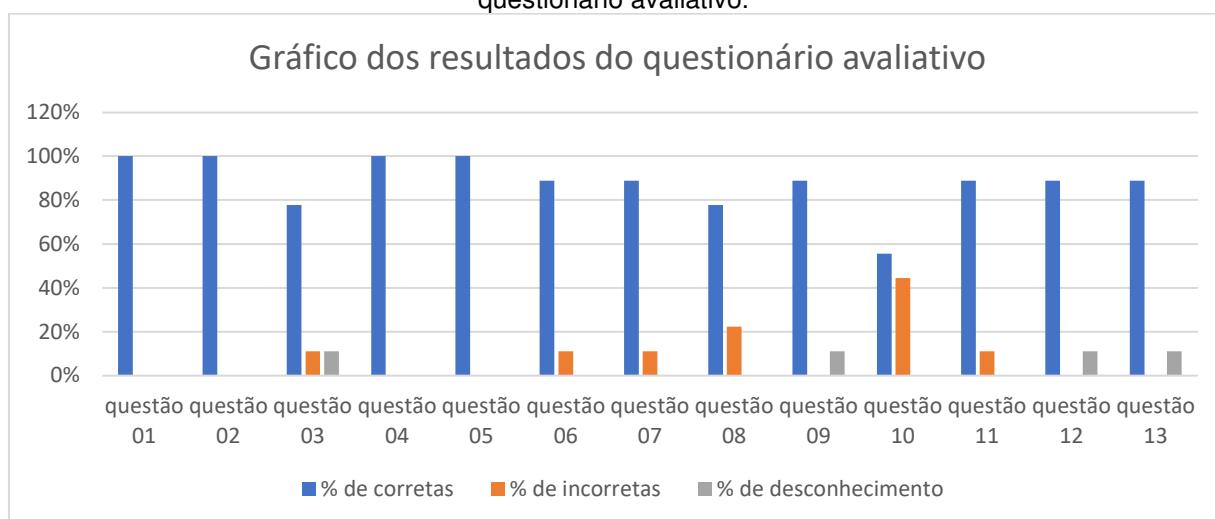
Continua...

Questão	Resposta SIM	Resposta NÃO	Resposta NÃO SEI	% de Corretas	% de incorretas	% de Desconhecimentos
09	8	0	1	88,8%	0%	11,1%
10	4	5	0	55,5%	44,4%	0%
11	8	1	0	88,8%	11,1%	0%
12	8	0	1	88,8%	0%	11,1%
13	8	0	1	88,8%	0%	11,1%

Fonte: a autora, 2021.

Para uma melhor visualização, a Figura 4.5 apresenta o gráfico do percentual de corretas, incorretas e desconhecimento.

Figura 4.5 – Gráfico do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento do questionário avaliativo.



Fonte: a autora, 2021.

No gráfico da Figura 4.5 há os resultados da análise do questionário avaliativo feita com os 9 alunos que participaram da oficina pedagógica. Analisou-se que a maioria das questões aumentou o seu percentual de respostas corretas, destacando-se as questões referentes à Astrobiologia (questão 01), Exoplanetas (questão 03), Formas de propagação de calor (questão 08), Princípio da Conservação de energia (questão 10), Lei Zero da Termodinâmica (questão 12) e a Primeira lei da Termodinâmica (questão 13), diante desses resultados, acreditamos que houve indícios de uma aprendizagem significativa na aplicação da oficina pedagógica.

Já na questão relacionada ao Equilíbrio Térmico (11), ocorreu uma diminuição no percentual de respostas corretas, talvez por dificuldade na compreensão do conceito visto.

Os resultados mostrados na Tabela 4.3 indicam que houve grande variação positiva no número de respostas corretas antes e depois da Oficina Pedagógica.

Tabela 4.3 - Resultado da análise dos questionários diagnóstico e avaliativo aplicados na Oficina Pedagógica.

QUESTÃO	% DE QUESTÕES CORRETAS DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	% DE QUESTÕES CORRETAS DO QUESTIONÁRIO AVALIATIVO
01	55,5%	100%
02	100%	100%
03	22,2%	77,7%
04	100%	100%
05	100%	100%
06	55,5%	88,8%
07	88,8%	88,8%
08	22,2%	77,7%
09	66,6%	88,8%
10	0%	55,5%
11	100%	88,8%
12	22,2%	88,8%
13	22,2%	88,8%

Fonte: a autora, 2021.

Para melhor compreensão dos resultados, segue uma análise individual de cada assertiva.

Questão 01 - A Astrobiologia estuda a origem, evolução e futuro da vida no Universo.

Essa questão relaciona a Astronomia com a Biologia ao abordar a origem da vida, evolução, distribuição e futuro, na Terra e no Universo.

Houve uma variação muito grande na porcentagem de respostas corretas antes e depois da Oficina, pois muitos alunos nunca haviam escutado falar sobre Astrobiologia.

Questão 02 - Atualmente a teoria do *Big Bang* é a mais aceita pela comunidade científica para explicar a origem do Universo.

Os estudantes já conheciam essa teoria, pois não tiveram dúvidas ao marcarem a alternativa correta.

Questão 03 – Exoplanetas são planetas que se encontram dentro do Sistema Solar.

A resposta correta é, não. No questionário diagnóstico o número de respostas corretas a essa questão foi muito pequeno, a maioria dos alunos não conhecia esse tema e outros confundiram a definição, pois exoplanetas são planetas que se encontram fora do nosso sistema solar. Verificou-se que após as aulas grande parte dos estudantes assimilou o novo conceito.

Questão 04 - O Sol é a fonte primária de energia responsável por gerar luz e calor necessários para a manutenção da vida na Terra.

Questão 05 - A energia solar é um dos fatores que permitem que a água esteja em um estado líquido aqui na Terra, o que é vital para o nosso planeta.

As duas questões estão relacionadas a energia solar e obtiveram 100% de acertos indicando um amplo conhecimento prévio.

Esses números, de alguma forma, eram esperados, pois a energia solar é um conteúdo visto na disciplina de Ciências nas séries anteriores. Portanto, mostra a presença de subsunçores e que tiveram uma aprendizagem do assunto.

Questão 06 - Quando a água passa do estado líquido para o estado gasoso suas moléculas ficam mais agitadas, aumentando a desordem das partículas.

Apesar de ser um conteúdo também já visto durante as aulas regulares, os discentes tiveram muitas dúvidas em relação a essa questão. Na aplicação do questionário avaliativo, muitos comentaram que o uso dos simuladores foi essencial para que respondessem corretamente, pois lembravam da visualização da tela do aplicativo.

Questão 07 - Calor é definido como uma forma de energia em trânsito. Esta energia em trânsito tem um sentido único: é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

Essa questão mostrou algo interessante: o alto percentual de respostas corretas se manteve constante, mesmo os alunos utilizando os simuladores de maneira entusiasmada durante as aulas. Por terem alcançado um alto percentual de

acertos no primeiro questionário, talvez essa igualdade tenha ocorrido por distração no momento da prática do questionário avaliativo.

Questão 08 - A energia produzida pelo Sol (calor) é transmitida para a Terra por meio de um processo chamado condução.

Essa afirmação é falsa, pois o processo é chamado de radiação. No primeiro questionário muitos alunos confundiram a forma de propagação marcando como certa. Já na segunda enquete conseguiram assimilar a nomenclatura corretamente.

Questão 09 - A energia proveniente do Sol pode ser convertida em outros tipos de energia como a energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas.

Essa questão tem relação direta com o experimento do carrinho movido a energia solar. O grande número de acertos pode estar relacionado a presença de placas fotovoltaicas instaladas nos telhados das casas de muitos estudantes que participaram da oficina, não sendo um conceito inédito para eles.

Questão 10 - A energia que chega à Terra vinda do Sol pode assumir diferentes formas durante esse fluxo, mas ela nunca é criada ou destruída, apenas transformada. A sua quantidade total permanece constante.

Na correção do questionário diagnóstico, verificou-se que nenhum aluno acertou essa afirmação relacionada ao Princípio de Conservação de Energia, demonstrando pouco ou nenhum conhecimento sobre esse conteúdo. Isso já era esperado por se tratar de algo que será visto somente no Ensino Médio.

Após a aplicação do PE o percentual de acertos subiu para 55,5%, um resultado relevante.

Questão 11 - Um objeto A, à temperatura de 200°C e um objeto B, à temperatura de 20°C são postos em contato, com o passar do tempo, a temperatura do objeto A diminui enquanto que a temperatura do objeto B aumenta, até que ambos atinjam a mesma temperatura.

Esse enunciado refere-se ao Equilíbrio Térmico e inicialmente 100% dos alunos marcaram corretamente essa questão. Porém, após a aplicação do conteúdo do PE, o número de respostas corretas diminuiu para 88%.

Algumas possibilidades podem ser apontadas para justificar esse curioso resultado: os estudantes acertaram essa questão no início por sorte e não por

conhecimento do conteúdo, foram desatentos no momento da realização do questionário avaliativo ou então que eles não tenham compreendido o conceito de Equilíbrio Térmico.

Questão 12 - Um copo de água gelada e um copo de água quente colocados sobre a bancada da cozinha por algumas horas, atingirão o equilíbrio térmico com o ambiente, quando todos os 3 atingirem a mesma temperatura. E, esse conceito [Equilíbrio Térmico] está relacionado a lei zero da termodinâmica.

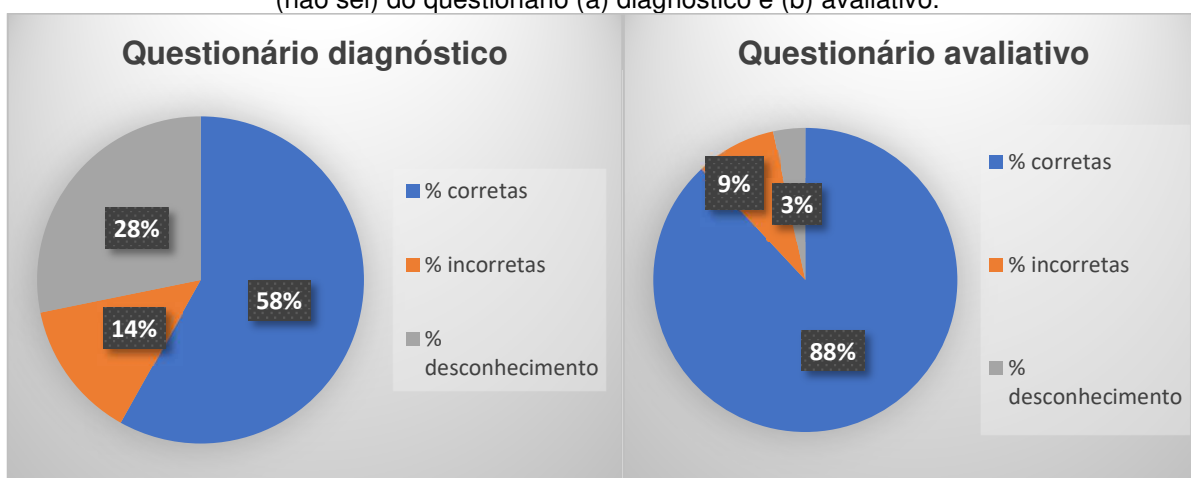
Questão 13 - A primeira lei da Termodinâmica é uma espécie de Lei de conservação de Energia, esta relaciona o trabalho, calor e energia interna em um sistema termodinâmico.

As questões 12 e 13 foram as que obtiveram um maior aumento no percentual de respostas corretas. Estão relacionadas a Lei Zero da Termodinâmica e a Primeira Lei da Termodinâmica.

O alto índice de respostas incorretas no início já era esperado por se tratar de assuntos que serão vistos no decorrer do Ensino Médio e a maior parte do público alvo eram estudantes do Ensino Fundamental. Após a análise da Tabela 4.3, o resultado final foi extremamente satisfatório, indicando que os discentes assimilaram os conceitos Termodinâmicos trabalhados.

Para finalizar, a Figura 4.6 apresenta a análise, em porcentagem, dos resultados iniciais e finais da turma. É possível verificar um aumento significativo no número de respostas corretas após a aplicação do PE.

Figura 4.6 – Gráfico comparativo do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento (não sei) do questionário (a) diagnóstico e (b) avaliativo.



(a)

(b)

Mediante os gráficos da Figura 4.6 é possível observar que a porcentagem de respostas corretas aumentou em 30% o que é muito positivo. Melhor ainda é que embora tenha sido de múltipla escolha, no questionário avaliativo, os alunos não marcaram de forma aleatória, conforme comentário de uma das alunas: “o que for correto é porque sabia e o incorreto que não entendeu mesmo”.

4.4 – Questionário Diagnóstico Aplicado no Colégio Estadual

A análise do questionário diagnóstico foi de forma quantitativa, esta atividade teve o intuito de avaliar os conteúdos prévios (subsunçores) que os alunos possuíam sobre os temas: Termodinâmica e Astrobiologia.

Vinte e dois do 9º ano do Ensino Fundamental responderam essa atividade dos vinte e oito participantes. Lembrando que essa turma são alunos do ensino regular que a docente autora do presente trabalho tem um acompanhamento regular em relação a turma do colégio particular.

Na Tabela 4.4 apresenta-se a quantidade de alternativas marcadas pelos alunos, bem como o percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento do assunto.

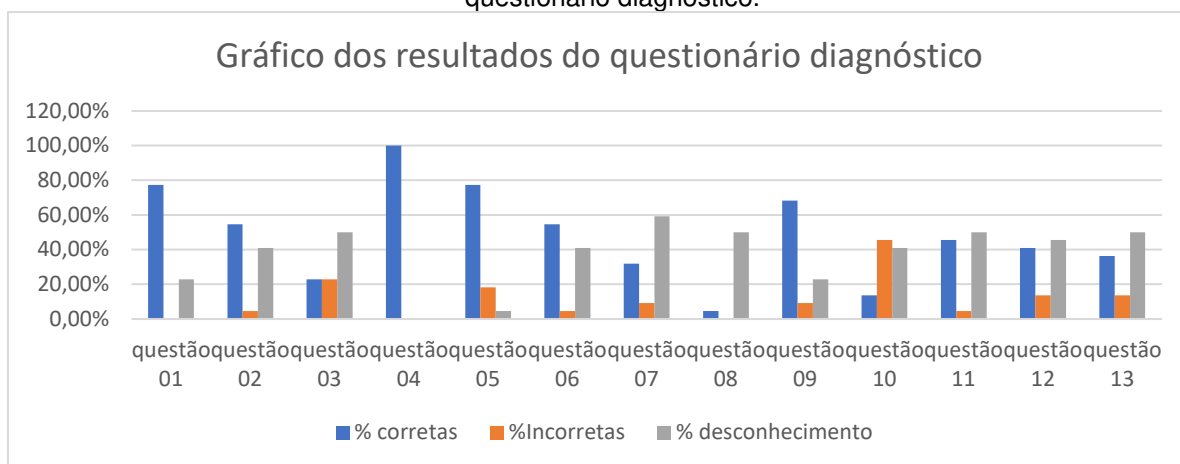
Tabela 4.4 - Resultado da análise do questionário diagnóstico aplicado no PE.

Questão	Resposta SIM	Resposta NÃO	Resposta NÃO SEI	% de corretas	% de incorretas	% de desconhecimento
01	17	0	5	77,27%	0%	22,72%
02	12	1	9	54,54%	4,54%	40,9%
03	5	5	12	22,72%	22,72%	54,54%
04	22	0	0	100%	0%	0%
05	17	4	1	77,27%	18,18%	4,54%
06	12	1	9	54,54%	4,54%	40,9%
07	7	2	13	31,81%	9,09%	59,09%
08	10	1	11	4,54%	45,45%	50%
09	15	2	5	68,18%	9,09%	22,72%
10	10	3	9	13,63%	45,45%	40,9%
11	10	1	11	45,45%	4,54%	50%
12	9	3	10	40,9%	13,63%	45,45%
13	8	3	11	36,36%	13,63%	50%

Fonte: a autora, 2022.

Para uma melhor visualização, a Figura 4.7 apresenta o gráfico do percentual de respostas corretas, incorretas e de desconhecimento, por questão.

Figura 4.7 – Gráfico do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento (não sei), do questionário diagnóstico.



Fonte: a autora, 2022.

A questão 01, referente a Astrobiologia e as questões 04 e 05, referentes a Energia Solar, obtiveram o maior número de acertos, identificando a presença de subsunçores, segundo a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

A questão 10 relacionada ao Princípio da Conservação de Energia, apresentou o menor número de acertos. Já a questão 07, referente ao tema calor, obteve a maior porcentagem de indeciso, apontando um menor entendimento do conteúdo.

4.5 – Experimentos Realizados pelos Alunos do Colégio Estadual

A montagem dos experimentos terrário e dessalinizador foi realizada pelos discentes nas suas casas. O docente realizou a montagem do carrinho movido a energia solar em sala de aula. Os relatórios de todos os experimentos foram entregues seguindo as etapas do método científico. Como foi dito anteriormente, a aplicação do projeto decorreu no final do ano letivo, período em que os alunos estão cansados e a assiduidade diminui. Talvez por isso nem todos os alunos entregaram os relatórios.

Esses relatórios foram feitos por meio de questões entregue aos alunos, pois para a liberação do TCLE e TALE, era necessário descrever o que os alunos deveriam coletar de dados. Assim, todo o processo foi descrito e anexado cópia dos questionários e roteiro dos experimentos e o que os alunos deveriam avaliar.

Talvez o fato de terem de fazer um acompanhamento passo a passo das observações experimentais possa tê-los desmotivado. E, para o processo de uma iniciação ao meio científico é uma experiência muito salutar para quem o fez.

4.5.1 - Relatório do experimento – Terrário (14 alunos entregaram o relatório).

Questão 01 – Tire uma foto da montagem experimental e das plantas, meça o comprimento da mesma e anote.

Dois dos registros feitos pelos alunos estão apresentados na Figura 4.8.

Figura 4.8 – Imagens fotográficas do experimento terrário de alunos da escola estadual.



Fonte: arquivos da autora, 2022.

Questão 02 – De quanto em quanto tempo você ministrou a água? Anote o horário.

- 13 alunos responderam que só colocaram água no dia da montagem conforme o indicado na instrução do experimento.
- 1 aluno disse que colocou água todo dia.

Questão 03 – Qual a quantidade de água ministrada a cada vez? Se for borrifadas utilizando um borrifador, cite quantas borrifadas e o motivo de ter aplicado a água.

- 13 alunos aguaram somente no dia da montagem e citaram várias quantidades como: uma colher e meia de sopa, um copo e meio descartável, 15 borrifadas, 40 borrifadas.
- 1 aluno pingou gotas todos os dias.

Questão 04 – Qual o comprimento da planta após..... dias?

- Os alunos não marcaram quantos dias de observação.
- 4 alunos não verificaram o crescimento.
- 3 alunos relataram que a planta morreu.

- 2 alunos relataram de 1cm a 2cm.
- 3 alunos responderam 5cm.
- 2 alunos responderam de 10cm a 15cm.

Questão 05 – Anote a temperatura em três horários diferentes, todos os dias, anote as informações na Tabela 1.1. Acrescente mais linhas se necessário.

A cópia da tabela preenchida por um dos alunos está apresentada na Figura 4.9. Esse aluno mostrou-se participativo em todas as aulas.

Figura 4.9 – Imagem fotográfica da tabela preenchida pelo aluno 28.

Tabela 1.1 – Dados da temperatura anotados por dia e 3 vezes em 24 hora.

Dia	Horário	T(°C)
07/11	12:00 / 14:20 / 16:03	26° / 28° / 35°
09/11	13:00 / 13:43 / 19:15	33° / 30° / 27°
10/11	10:00 / 15:18 / 18:20	28° / 35° / 30°
11/11	12:00 / 14:35 / 16:18	28° / 29° / 30°
17/11	08:21 / 13:38 / 15:17	22° / 29° / 32°

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Questão 06 – Qual o comportamento você espera que ocorra no seu terrário e com as plantas?

- 3 alunos disseram que esperavam que a planta morresse.
- 2 alunos esperavam que a planta fosse crescer por um tempo e depois morrer.
- 9 alunos relataram que a planta iria sobreviver e se desenvolver.

Na Figura 10 apresenta-se uma das respostas mais completas em (a) do aluno e (b) a sua transcrição literal.

Figura 4.10 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 21 sobre a questão 06 e (b) transcrição da resposta.

6. Qual comportamento você espera que ocorra no seu terrário e com a planta?

Que cresça e ocorra fotossíntese, a água da planta quando evaporar batia no topo e volta para a planta em forma de água!

(a)

“Que cresca (*sic*) e ocorra a fotossíntese, a água da planta quando evaporar bata na tampa e volte para a planta em forma de água”.

Fonte: arquivos da autora, 2022.

(b)

Questão 07 – Anote o que observou de diferente ao que você esperava durante o seu experimento.

- 4 alunos relataram que a planta morreu.
- 1 aluno viu a planta dar brotos.
- 6 alunos escreveram que a planta cresceu.
- 1 aluno observou o surgimento de gotas de água no terrário.
- 1 aluno relatou que a planta ficou fraca.
- 1 aluno deixou em branco.

Questão 08 – Qual local você deixou o seu terrário e por qual motivo?

- 13 alunos disseram em um local onde tivesse sol uma parte do dia.
- 1 aluno relatou que deixou em cima da geladeira para que a sua irmãzinha não alcançasse.

Questão 09 – Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?

- 8 alunos relataram que a Astrobiologia estuda a possibilidade de vida em outro planeta, e por meio do experimento foi possível observar características como água, oxigênio, calor e sol.
- 5 alunos responderam que por meio do experimento foi possível observar características necessárias para a vida como calor, água, sol e oxigênio, não citando o tema Astrobiologia.
- 1 aluno relatou que o terrário possui as mesmas características que a Astrobiologia.

Para a amostragem apresenta-se na Figura 4.11 (a) resposta do aluno e (b) a transcrição feita pela docente autora deste trabalho.

Figura 4.11 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 22 sobre a questão 09 e (b) transcrição da resposta.

9. Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?
Ela mostra características para ter vida, no terrário percebemos que precisamos de água, calor e oxigênio

(a)

“Ela procura características (*sic*) para ter vida, no terrário (*sic*) percebemos que precisamos de água, calor e oxigênio (*sic*)”.

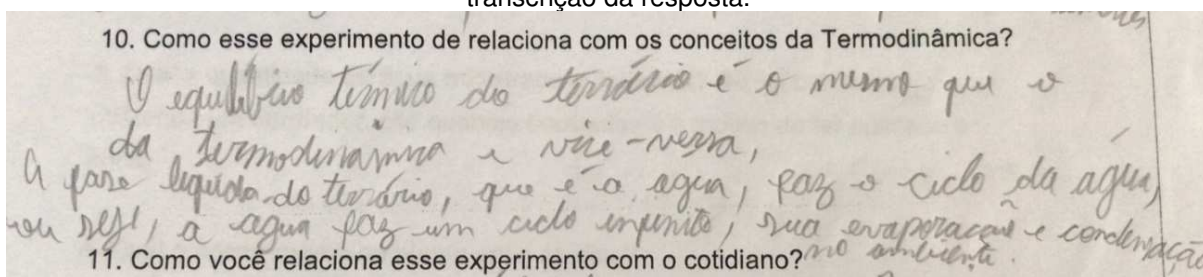
(b)

Fonte: arquivo da autora, 2022.

Questão 10 – Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?

Os alunos relacionaram vários conceitos da Termodinâmica na observação do experimento. Um exemplo de resposta está apresentado na Figura 4.12.

Figura 4.12 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 24 sobre a questão 09 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“O equilíbrio térmico do terrário é o mesmo da termodinâmica (*sic*) e vice-versa. A fase líquida do terrário, que é a água, faz o ciclo da água, ou seja (*sic*), a água faz um ciclo infinito, sua evaporação e condensação”.

(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Os conceitos mais citados e o número de alunos.

Calor (12), temperatura (8), ciclo da água (6), estados físicos da água (5), mudanças de estados físicos da água (7), energia (7), equilíbrio térmico (1).

Questão 11 – Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?

- 8 alunos relataram que o terrário representa o planeta Terra e que características como água, oxigênio e calor são essenciais para a existência de vida. Uma amostra dessa resposta está apresentada na Figura 4.13 (a) e em (b) a transcrição
- 6 alunos responderam que características como calor, oxigênio e água são primordiais para a existência da nossa vida e a do terrário.

Figura 4.13 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 19 sobre a questão 11 e (b) transcrição da resposta corrigida a acentuação.

11. Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?
O terrário é baseado na Terra, ele precisa de água, oxigênio, hidrogênio, sol, Terra,

(a)

“O terrário é baseado na terra (*sic*), ele precisa de água, oxigênio, hidrogênio, sol (*sic*), terra, (*sic*).”

(b)

Fonte: arquivo da autora, 2022.

4.5.2 - Relatório do experimento – Dessalinizador (10 alunos entregaram o relatório).

Questão 01 – Registre com uma foto a sua montagem experimental, identificando o material utilizado.

Na Figura 4.14 estão apresentados dois dos dessalinizadores montados pelos alunos e registrados. O recipiente foi da escolha deles com o material disponível em sua casa. Em (a) confeccionado com garrafa pet e em (b) uma jarra de plástico.

Figura 4.14 – Imagens fotográficas do experimento dessalinizador confeccionado pelos alunos da escola estadual. (a) feito com garrafa pet e (b) uma jarra de plástico.



(a)



(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Questão 02 – Se referia aos alunos preencher os dados em uma Tabela, conforme apresentado na Figura 4.15 informados por um dos alunos.

Figura 4.15 – Imagem fotográfica da tabela preenchida pelo aluno 19.

2. Preencha a Tabela 2.1
Tabela 2.1 – Dados informados pelo aluno.

Massa de Sal (g)	20 grammas
Volume de água inicial (ml)	750 ml
Diâmetro do recipiente (cm)	12 cm
Profundidade do recipiente (cm)	20 cm
Horário inicial	13:27
Horário final	15:27
Tempo de exposição solar	2 horas
Temperatura média	28°
Volume de água potável colhida	3 gotas
Quantidade final de sal (g)	20 g

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Por meio desta tabela os alunos saberiam quanto eles coletaram de água doce e de sal para a quantidade de água e sal colocados no início, e o tempo de exposição sob a luz Solar. Observa-se que o aluno repetiu a quantidade colocada no início. O que ele está correto, pois o sal (cloreto de sódio) não evapora junto com a água.

Questão 03 – Anote os dados da temperatura de 30 em 30 minutos e anote na Tabela 2.2, caso necessite coloque mais colunas para preencher. Os dados anotados por um dos alunos estão apresentados na tabela da Figura 4.16.

Figura 4.16 – Imagem fotográfica da tabela preenchida pelo aluno 04.

Tabela 2.2 – Dados da temperatura de 30 em 30 minutos.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
30 / 12:20	25°
60 / 12:50	25°
90 / 13:40	27°
120 / 14:30	28°
150 / 15:00	29°

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Por meio desta coleta de dados os alunos aprendem a lidar com um termômetro seja analógico ou digital, observam a variação da temperatura, e registram os dados da temperatura em função do tempo no período de observação. De acordo com a tabela

da Figura 4.16 a temperatura se manteve constante das 12:20 às 12:50, e as 15:00 a temperatura foi 4 graus maior do que às 12:50, a radiação solar era mais intensa.

Questão 04 – Descreva a cada meia hora o que você observa em seu aparato experimental, se puder registre em fotos.

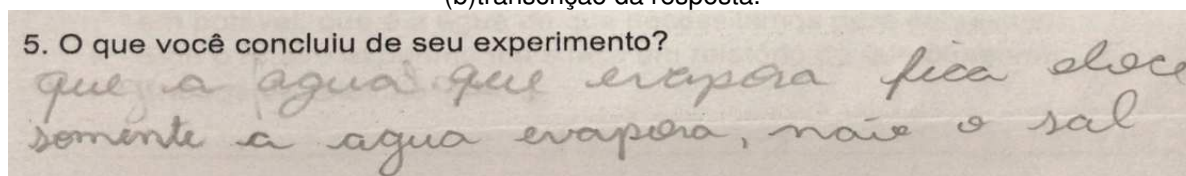
6 alunos relataram a formação de gotas de água no plástico.

4 alunos responderam que observaram a evaporação da água.

Questão 05 – O que você concluiu do seu experimento?

Todos os alunos concluíram que a água evaporada tem sabor “doce”. Uma amostra das respostas está apresentada na Figura 4.17.

Figura 4.17 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 03 sobre a questão 05 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“que a água (*sic*), que evapora fica doce somente a água (*sic*), evapora, não o sal”. “

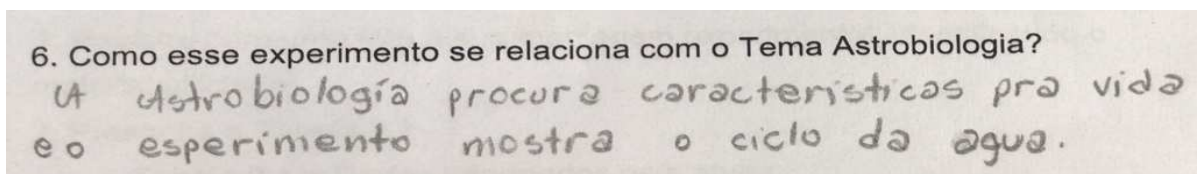
(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Questão 06 – Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?

- 7 alunos relacionaram a Astrobiologia com a procura de vida e água líquida em outros planetas, e o dessalinizador mostra o ciclo da água. Uma amostra desse tipo de resposta está apresentada na Figura 4.18.
- 1 aluno respondeu que o experimento mostra o ciclo da água.
- 1 aluno relatou que ocorreu a transformação de água salgada em doce.
- 1 aluno respondeu que a Astrobiologia procura água doce.

Figura 4.18 – Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 08 sobre a questão 06.

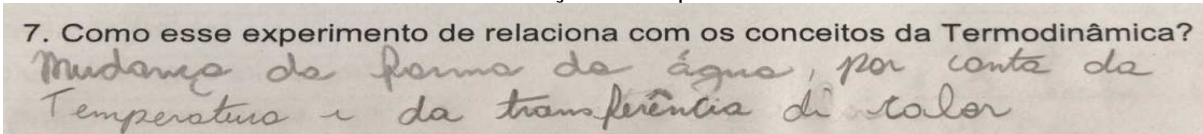


Fonte: arquivos da autora, 2022.

Questão 07 – Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?

Uma amostra dada pelos alunos está apresentada na Figura 4.19 (a) e em (b) a transcrição.

Figura 4.19 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 22 sobre a questão 07 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“Mudança da forma da água, por conta da Temperatura e da transferência di (sic) calor”.

(b)

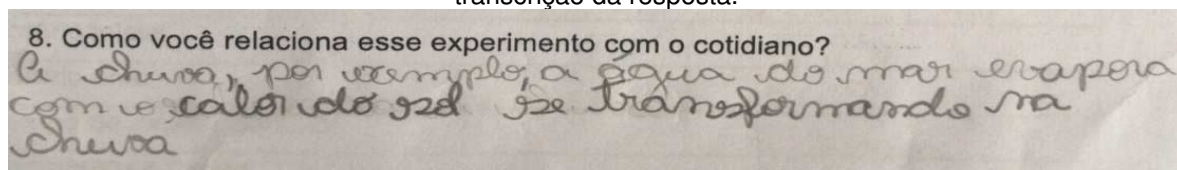
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Os alunos relacionaram vários conceitos da Termodinâmica na observação do experimento. Os conceitos mais citados e o número de alunos foram: Calor (7), temperatura (7), ciclo da água (6), mudanças de estados físicos da água (6), energia (1).

Questão 08 – Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?

Uma amostra de resposta está apresentada na Figura 4.20 (a) e em (b) a sua transcrição.

Figura 4.20 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 19 sobre a questão 08 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“A chuva, por exemplo, a água do mar evapora com o calor do sol (sic) se transformando na chuva”.

(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

No total:

- 9 alunos citaram a evaporação da água e a formação da chuva,
- 1 aluno relacionou o experimento com a distribuição de água potável.

4.5.3 - Relatório do experimento – Carrinho movido a energia solar (16 alunos entregaram o relatório).

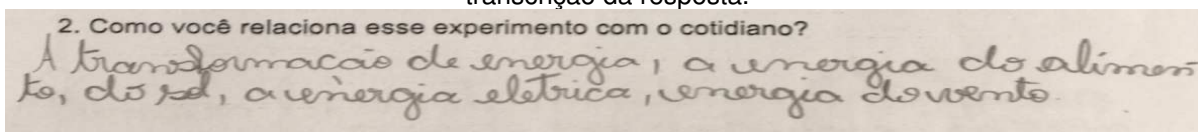
Questão 01 – As questões serão abertas, de acordo com a curiosidade dos alunos, eles farão as perguntas e essas serão registradas.

1 aluno perguntou onde foi comprada a placa fotovoltaica. A resposta é que foi adquirida por uma compra pela *internet*.

Questão 02 – Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?

Todos os alunos relacionaram o experimento com os vários tipos de transformação de energia no seu dia a dia. Uma amostra da resposta é o apresentado na Figura 4.21 (a) e em (b) sua transcrição.

Figura 4.21 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 19 sobre a questão 02 e (b) transcrição da resposta.



(a)

"A transformação de energia, a energia do alimento, do sol (*sic*), a energia elétrica (*sic*), energia do vento".

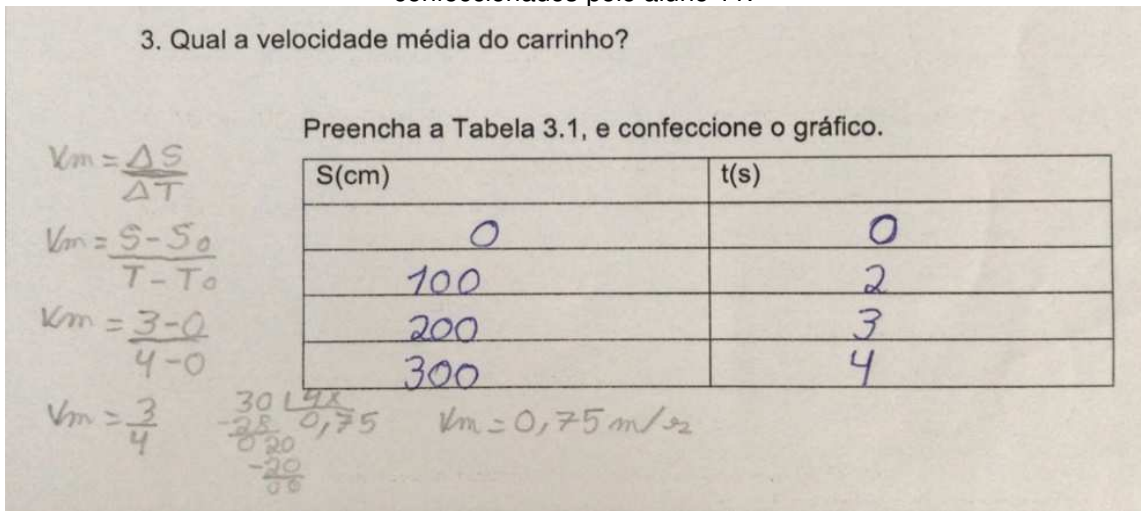
(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

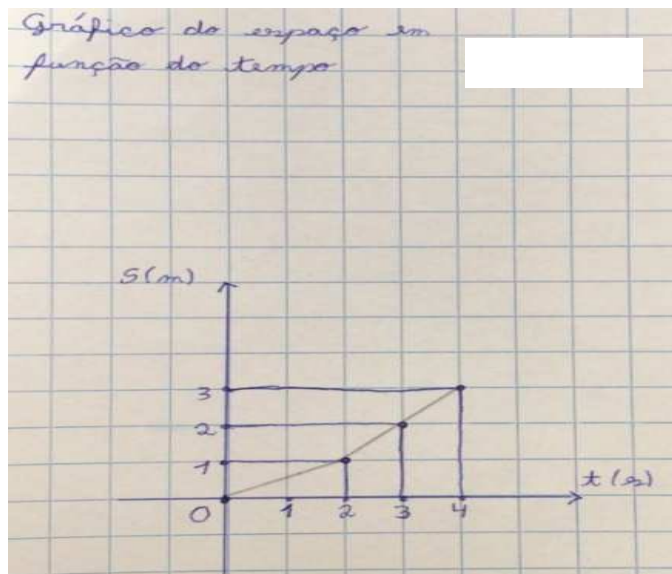
Questão 03 – Qual a velocidade média do carrinho? "Preencha a Tabela 3.1, e confeccione o gráfico".

Na Figura 4.22 apresenta-se (a) dos dados tabelados e (b) do gráfico confeccionado por um dos alunos. O aluno calculou a velocidade média do carrinho $v = 0,75 \text{ m/s}$. Pelos dados da Tabela observa-se que o carrinho percorreu 3 m em segundos, para uma placa de 6 V, usando um mini motor DC. Assim, além de observar a transformação de energia solar em elétrica e dessa, em energia cinética/mecânica, o aluno pode aplicar conhecimentos da cinemática como velocidade média e a confeccionar um gráfico com seus próprios dados.

Figura 4.22 – Imagem fotográfica (a) da tabela e o cálculo da velocidade média e (b) do gráfico confeccionados pelo aluno 11.



(a)



(b)

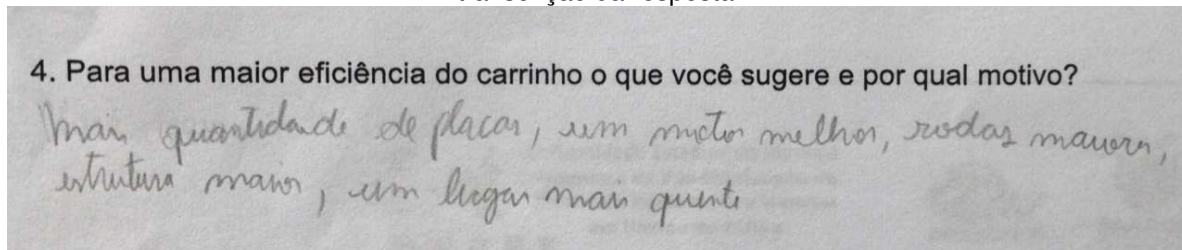
Fonte: arquivos da autora, 2022.

Pelo comportamento do gráfico, o carrinho percorre um movimento uniformemente variado nos dois primeiros segundos e depois retilíneo uniforme. E pode ser um erro de cronometragem pela rapidez com que se move em relação ao reflexo de acionar e travar o cronômetro. O ideal era ter mais dados para fazer uma média dos tempos.

Questão 04 – Para uma maior eficiência do carrinho o que você sugere e por qual motivo?

Na Figura 4.23 (a) está apresentada uma amostra do tipo de resposta fornecido pelos alunos e em (b) a transcrição do texto.

Figura 4.23 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 24 sobre a questão 04 e b) transcrição da resposta.



(a)

“Mais quantidade de placas, um motor melhor, rodas maiores, estrutura maior, um lugar mais quente”.

(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Houve diversos tipos de respostas:

- 5 alunos relataram colocar uma placa fotovoltaica maior para gerar mais energia.
- 3 alunos citaram colocar uma placa maior e inclinada para o lado do sol.
- 3 alunos colocariam uma placa maior e rodas maiores.
- 2 alunos sugeriram inclinar a placa.
- 1 aluno citou colocar rodas mais leves.
- 1 aluno respondeu para fazer o carrinho maior.
- 1 aluno sugeriu fazer o carrinho com mais placas, um motor melhor, rodas maiores, estrutura maior e colocar em um lugar mais quente.

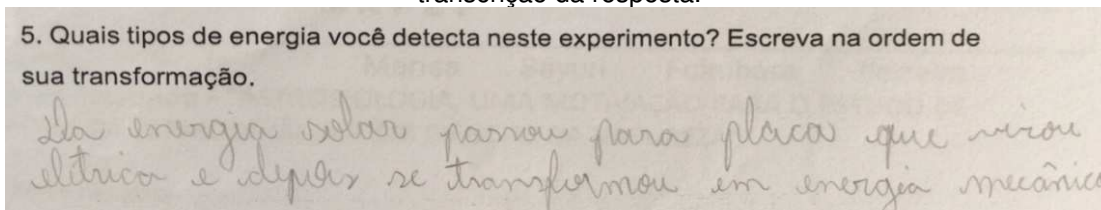
E todos os 16 participantes opinaram, o que é muito positivo.

Questão 05 – Quais tipos de energia você detecta neste experimento? Escreva na ordem de sua transformação.

- 11 alunos escreveram na ordem: solar, elétrica e mecânica.
- 2 alunos escreveram solar e elétrica.
- 2 alunos citaram somente a energia solar.
- 1 aluno relatou a energia solar, elétrica e térmica, que é a resposta mais completa.

Na Figura 4.24 (a) está apresentada uma amostra do tipo de resposta fornecido pelos alunos e em (b) a transcrição do texto.

Figura 4.24 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 21 sobre a questão 05 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“Da energia solar passou para a placa eu virou elétrica e depois se transformou em energia mecânica”.

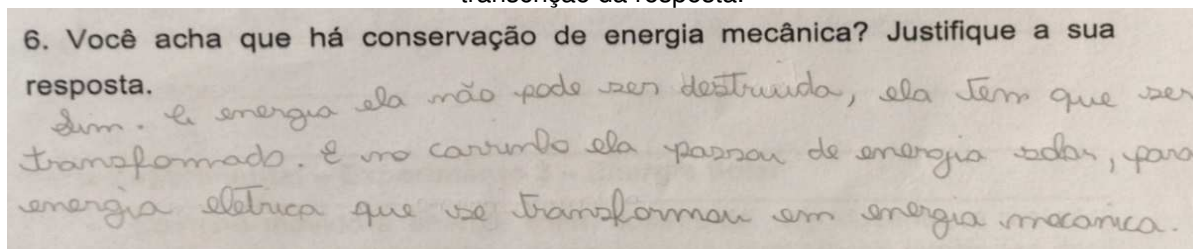
(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

Questão 06 – Você acha que há conservação de energia mecânica? Justifique a sua resposta.

Todos os alunos relataram que houve conservação de energia. Uma amostra da resposta está apresentada na Figura 4.25 (a) e em (b) sua transcrição.

Figura 4.25 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 04 sobre a questão 06 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“Sim. A energia ela não pode ser destruída (*sic*), ela tem que ser transformada. E no carrinho ela passou de energia solar, para energia elétrica (*sic*) que se transformou em energia mecânica (*sic*)”.

(b)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

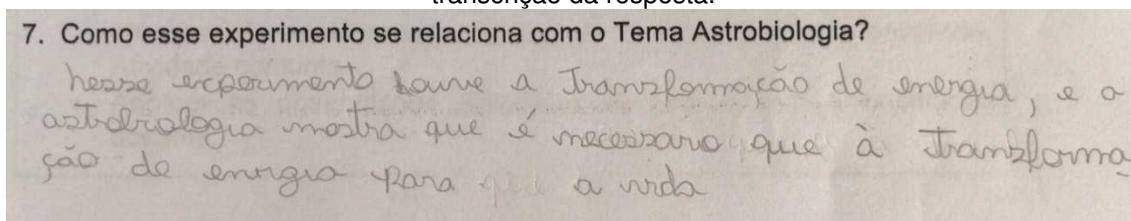
A energia mecânica se conserva quando não há forças dissipativas atuando no sistema, ou elas são desprezíveis no tempo de medida, de forma que a energia mecânica inicial será igual a energia mecânica final. No caso houve transformações de energia, e não é possível afirmar que houve conservação de energia mecânica,

pois não há parâmetros suficientes para isso. Como durante as aulas foi somente lido um texto dentro do contexto de conservação de energia total, e não específico sobre a energia mecânica, considerou-se assim satisfatório a resposta por eles dada por eles.

Questão 07 – Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?

Uma amostra de resposta está apresentada na Figura 4.26 (a) e em (b) a transcrição.

Figura 4.26 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 04 sobre a questão 07 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“Nesse experimento houve a transformação de energia, e a astrobiologia mostra que é necessário (*sic*) à (*sic*) transformação de energia para a vida”.

(b)

Fonte: arquivo da autora, 2022.

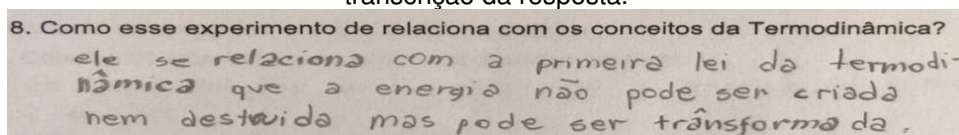
No quantitativo dos 16 alunos foram:

- 12 alunos relataram que a Astrobiologia procura lugares em que a energia possa ser transformada.
- 2 alunos escreveram que houve a transformação de energia.
- 2 alunos não responderam essa questão.

Questão 08 – Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?

Uma amostra de resposta está apresentada na Figura 4.27 (a) e em (b) a transcrição.

Figura 4.27 – (a) Imagem fotográfica da resposta dada pelo aluno 08 sobre a questão 08 e (b) transcrição da resposta.



(a)

“ele relaciona com a primeira lei da termodinâmica que a energia não pode ser criada nem destruída (*sic*) mas pode ser transformada (*sic*)”.

(b)

Fonte: arquivo da autora, 2022.

O aluno do texto da Figura 4.27 citou o princípio de conservação de energia total no Universo, e de forma indireta a primeira lei da Termodinâmica em que calor menos trabalho é igual a variação de energia interna do sistema está relacionada, e não é o que ocorre no experimento. As energias envolvidas não são as da primeira lei da Termodinâmica.

No quantitativo dos 16 alunos:

- 12 alunos citaram a Primeira Lei da Termodinâmica.
- 4 alunos relataram o Princípio da Conservação de Energia.

Analisando os relatórios, de forma geral concluiu-se que os alunos relacionaram os experimentos realizados com vários conceitos termodinâmicos vistos no decorrer da aplicação do projeto.

4.6 – Questionário Avaliativo Aplicado no Colégio Estadual

A análise do questionário avaliativo foi de forma quantitativa, esta atividade teve o intuito de avaliar o aprendizado dos conteúdos trabalhados sobre Termodinâmica e Astrobiologia. Vinte e dois do 9º ano do Ensino Fundamental responderam essa atividade. Na Tabela 4.5 apresenta-se a quantidade de alternativas marcadas pelos alunos, bem como o percentual de respostas corretas, incorretas e as de desconhecimento (não sei).

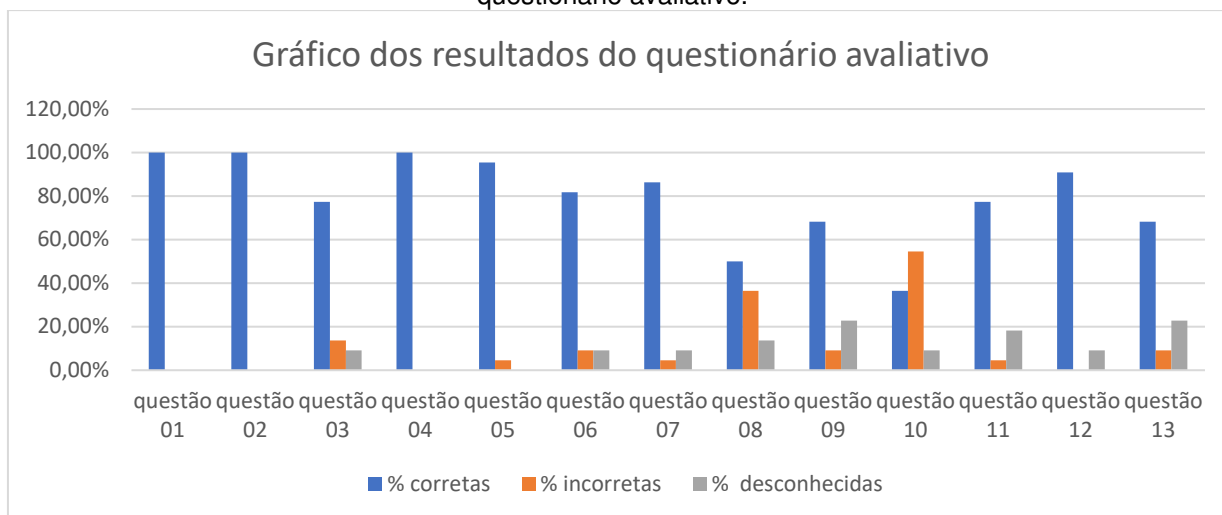
Tabela 4.5 - Resultado da análise do questionário avaliativo aplicado no PE.

Questão	Resposta SIM	Resposta NÃO	Resposta NÃO SEI	% de corretas	% de incorretas	% de Desconhecimento
01	22	0	0	100%	0%	0%
02	22	0	0	100%	0%	0%
03	3	17	2	77,27%	13,63%	9,09%
04	22	0	0	100%	0%	0%
05	21	1	0	95,45%	4,54%	0%
06	18	2	2	81,81%	9,09%	9,09%
07	19	1	2	86,36%	4,54%	9,09%
08	8	11	3	50%	36,36%	13,63%
09	20	0	2	90,90%	0%	9,09%
10	12	8	2	36,36%	54,54%	9,09%
11	17	1	4	77,27%	4,54%	18,18%
12	20	0	2	90,90%	0%	9,09%
13	15	2	5	68,18%	9,09%	22,72%

Fonte: a autora, 2022.

Para uma melhor visualização foi confeccionado um gráfico. A Figura 4.28 apresenta esse gráfico com o percentual de respostas corretas, incorretas, ou de desconhecimento.

Figura 4.28 – Gráfico do percentual de respostas corretas, incorretas, ou de desconhecimento do questionário avaliativo.



Fonte: a autora, 2022.

No gráfico da Figura 4.28, há os resultados da análise do questionário avaliativo feita com os 22 alunos que participaram das aulas. Analisou-se que a maioria das questões aumentou o seu percentual de respostas corretas, destacando-se as questões referentes à Astrobiologia (questão 01), Teoria do *Big Bang* (questão 02) Exoplanetas (questão 03), Calor (questão 07), Formas de propagação de calor (questão 08), Lei Zero da Termodinâmica (questão 12). Dessa forma, diante desses resultados, observamos indícios de uma aprendizagem significativa na aplicação do PE.

Já a questão Princípio da Conservação de Energia (questão 10), apesar do aumento significativo de respostas corretas, também apresentou um aumento no percentual das incorretas, talvez por dificuldade na interpretação do enunciado da questão. Um fator positivo é a de que diminuiu a resposta “Não sei”, que mostraria qualquer tipo de desconhecimento sobre a questão.

Por meio dos resultados mostrados na Tabela 4.6, verificou-se um aumento significativo no percentual de respostas corretas antes e depois da aplicação do projeto.

Tabela 4.6 - Resultado da análise do percentual de respostas corretas dos questionários diagnóstico e avaliativo.

QUESTÃO	% DE RESPOSTAS CORRETAS DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	% DE RESPOSTAS CORRETAS DO QUESTIONÁRIO AVALIATIVO
01	77,27%	100%
02	54,54%	100%
03	22,72%	77,27%%
04	100%	100%
05	77,27%	95,45%
06	54,54%	81,81%
07	31,81%	86,36%
08	4,54%	50%
09	68,18%	90,90%
10	13,63%	36,36%
11	45,45%	77,27%
12	40,9%	90,90%
13	36,36%	68,18%

Fonte: a autora, 2022.

Para melhor compreensão dos resultados, segue uma análise individual de cada assertiva.

Questão 01 - A Astrobiologia estuda a origem, evolução e futuro da vida no Universo.

Essa questão relaciona a Astronomia com a Biologia ao abordar a origem da vida, evolução, distribuição e futuro, na Terra e no Universo.

Houve uma pequena variação na porcentagem de respostas corretas antes (77,27%) e depois das (100%), e o principal foi que não houve desconhecimento de conteúdo, todos os 22,2% responderam correto após a aplicação do PE.

Questão 02 - Atualmente a teoria do *Big Bang* é a mais aceita pela comunidade científica para explicar a origem do Universo.

Apesar dos estudantes já conhecerem essa teoria, o número de alunos com desconhecimento foi muito grande no primeiro questionário (40,9 %). Após as aulas, o índice de acertos atingiu 100%, demonstrando que agora, eles pelo menos têm noção de como é considerada a teoria do *Big Bang* para a comunidade científica.

Questão 03 – Exoplanetas são planetas que se encontram dentro do Sistema Solar.

Ocorreu uma grande variação (54,55%) na porcentagem de respostas corretas antes (22,72%) e depois das aulas (77,27%). E diminui expressivamente de 54,54%

para 9,09% a porcentagem de desconhecimento sobre os exoplanetas. Os alunos conseguiram associar o termo “exo” com a ideia de fora (para fora).

Questão 04 - O Sol é a fonte primária de energia responsável por gerar luz e calor necessários para a manutenção da vida na Terra.

Questão 05 - A energia solar é um dos fatores que permitem que a água esteja em um estado líquido aqui na Terra, o que é vital para o nosso planeta.

As duas questões estão relacionadas a energia solar, e já no questionário inicial observou-se a presença de conhecimentos prévios, evidenciado pela alta porcentagem de respostas corretas, provavelmente por ser um conteúdo visto nas séries anteriores. O que também é positivo, pois retiveram o conteúdo, o que indica que houve aprendizagem.

Questão 06 - Quando a água passa do estado líquido para o estado gasoso suas moléculas ficam mais agitadas, aumentando a desordem das partículas.

O percentual de respostas corretas no primeiro questionário já foi bem alto (54,54%), pois os discentes já haviam estudado esse conteúdo no ano anterior e aumentou para 81,81%, diminuindo os que desconheciam se a afirmação estava correta ou incorreta.

Acredita-se que o uso dos simuladores contribuiu para o aumento de assertivas, pois os alunos puderam visualizar as mudanças de estados físicos da água.

Questão 07 – Calor é definido como uma forma de energia em trânsito. Esta energia em trânsito tem um sentido único: é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

A variação do percentual de resposta corretas foi muito grande (54,55%) demonstrando o conhecimento adquirido durante as aulas. Além da diminuição dos alunos que apresentaram desconhecimento na primeira aplicação, de 59,09% para 9,09%. Novamente o uso dos simuladores foi extremamente relevante para a compreensão desse novo tema.

Questão 08 - A energia produzida pelo Sol (calor) é transmitida para a Terra por meio de um processo chamado condução.

Houve poucas respostas corretas nessa questão no primeiro questionário (4,54%). Talvez por se tratar de uma afirmativa falsa ou pela falta de conhecimento prévio e 50% desconheciam qual resposta era a correta. Após a aplicação do PE, muitos discentes conseguiram observar o engano e marcaram a alternativa correta, sendo comprovado pelo grande percentual de acertos posteriormente (50%). Desses, 36,37% passaram a tornar o desconhecido por conhecido compreendendo que não é condução e sim radiação o processo pelo qual a energia do Sol chega até nós.

Questão 09 - A energia proveniente do Sol pode ser convertida em outros tipos de energia como a energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas.

Nessa questão, o número de respostas corretas já foi grande (68,18%) no questionário diagnóstico, provavelmente porque a instalação de energia solar fotovoltaica é um tema atual e de grande destaque nas mídias.

Questão 10 - A energia que chega à Terra vinda do Sol pode assumir diferentes formas durante esse fluxo, mas ela nunca é criada ou destruída, apenas transformada. A sua quantidade total permanece constante.

Durante a correção do questionário diagnóstico verificou-se um baixo índice de respostas corretas nessa questão (13,63%), demonstrando pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre esse tema. Esse resultado já era previsto, pois esse conteúdo é tratado somente no Ensino Médio.

Após as aulas, mesmo aumentando o percentual de acertos (36,36%), constatou-se também um crescimento no número de respostas incorretas (de 45,45% para 54,44%), talvez por dificuldade na interpretação do enunciado da questão. Por outro lado, diminuiu (de 40,9% para 9,09%) a resposta do desconhecimento total, pelo menos tentaram responder.

Questão 11 - Um objeto A, à temperatura de 200°C e um objeto B, à temperatura de 20°C são postos em contato, com o passar do tempo, a temperatura do objeto A diminui enquanto que a temperatura do objeto B aumenta, até que ambos atinjam a mesma temperatura.

A variação no percentual de respostas corretas (44,45% para 77,27%) nessa questão não foi muito grande, muitos alunos já haviam marcado a resposta corretamente, provavelmente devido ao conhecimento empírico adquirido ao longo da

vida. Um resultado notável é o aumento de 18,18% para 50% o número de alunos que desconheciam a questão e passaram a responder corretamente.

No decorrer das aulas, os alunos puderam associar o conhecimento prévio com novos conceitos, como o de Equilíbrio Térmico, associado ao enunciado da questão.

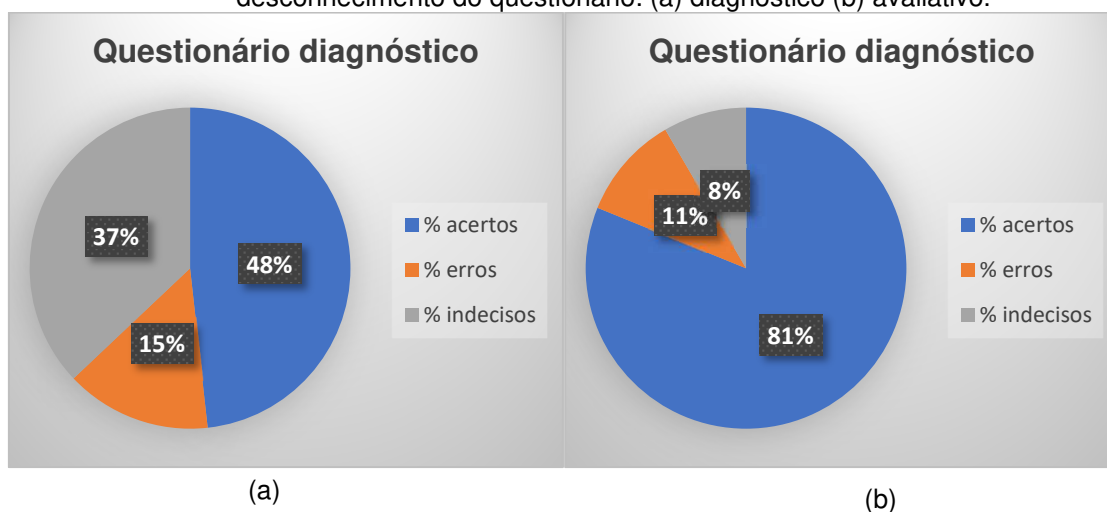
Questão 12 - Um copo de água gelada e um copo de água quente colocados sobre a bancada da cozinha por algumas horas, atingirão o equilíbrio térmico com o ambiente, quando todos os 3 atingirem a mesma temperatura. E, esse conceito (Eq. Térmico) está relacionado a lei zero da termodinâmica.

Questão 13 - A primeira lei da Termodinâmica é uma espécie de Lei de conservação de Energia, esta relaciona o trabalho, calor e energia interna em um sistema termodinâmico.

As duas questões obtiveram um grande aumento no percentual de respostas corretas no questionário avaliativo, de 40,90% para 90,90% e 36,36 % para 68,18% respectivamente. E diminuiu substancialmente os que não tinham conhecimento para responder correta ou incorretamente, de 45,45% para 9,09% e de 50% para 22,72%. Os alunos novamente conseguiram associar conhecimentos prévios com os novos conhecimentos adquiridos, dando indícios de uma aprendizagem mais significativa.

Finalizando, os gráficos da Figura 4.29 apresentam a análise, em porcentagem, dos resultados iniciais e finais da turma. É possível verificar um aumento significativo no número de respostas corretas e também uma diminuição no número de respostas de desconhecimento “não sei” após a aplicação do PE.

Figura 4.29 – Gráfico comparativo do percentual de respostas corretas, incorretas e desconhecimento do questionário: (a) diagnóstico (b) avaliativo.

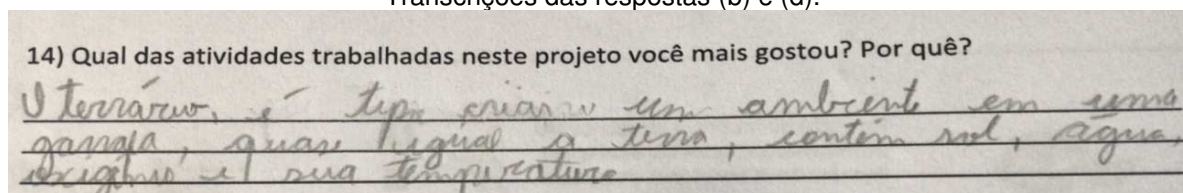


Fonte: arquivo da autora, 2022.

Questão 14 – Esta questão estava presente somente no questionário avaliativo. Qual das atividades trabalhadas neste projeto você mais gostou? Por quê?

Na Figura 4.30 apresentam-se dois tipos de amostras de respostas e as respectivas transcrições realizadas pela docente autora do presente trabalho.

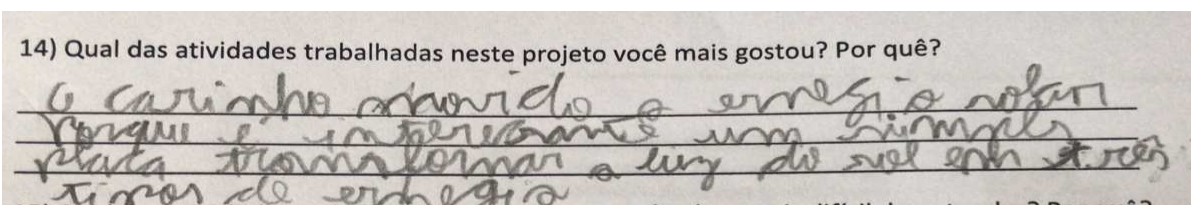
Figura 4.30 - Imagens fotográficas das repostas da atividade 14 dos alunos 24 (a) e 09 (c).
Transcrições das repostas (b) e (d).



(a)

“O terrário, é tipo criar um ambiente em uma garrafa, quase igual a terra (sic), contém sol (sic), água, oxigênio e sua temperatura”.

(b)



(c)

“O carinho (sic) movido a energia (sic) solar porque é interessante um (sic) simples placa transformar a luz do sol em três tipos de energia (sic)”.

(d)

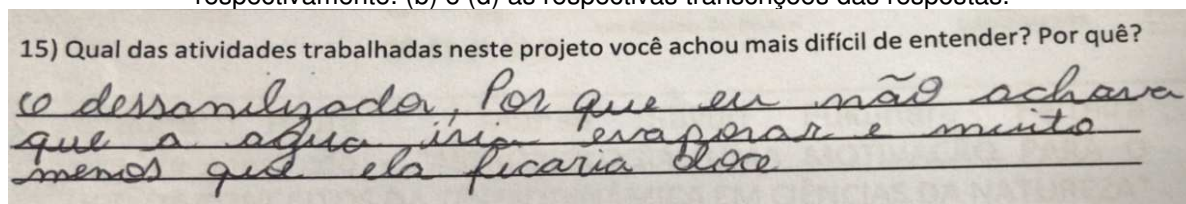
Fonte: arquivo da autora, 2022.

As respostas foram bem variadas: 13 alunos responderam o experimento do terrário, 5 disseram o carrinho movido a energia solar, 2 escolheram a atividade *Kahoot*, 1 aluno relatou o experimento do dessalinizador e outro discente respondeu ser o conteúdo sobre Astrobiologia.

Questão 15 – Esta questão estava presente somente no questionário avaliativo. Qual das atividades trabalhadas neste projeto você achou mais difícil de entender? Por quê?

Na Figura 4.31 apresentam-se modelos das repostas com as respectivas transcrições.

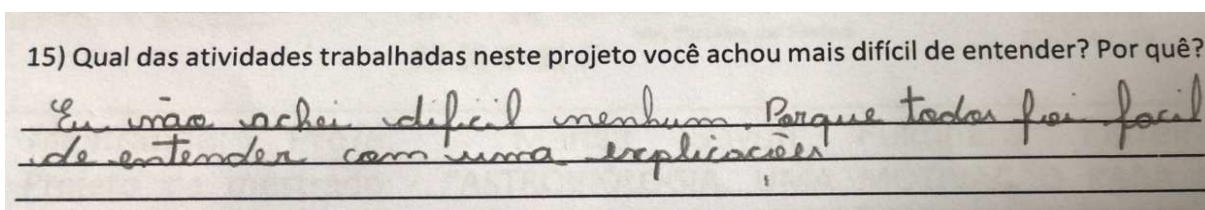
Figura 4.31 – (a) e (c) Imagens fotográficas das repostas da atividade 15 dos alunos 03 e 28 respectivamente. (b) e (d) as respectivas transcrições das repostas.



(a)

“O dessalinizador, Por que (sic) eu não achava que a água (sic) iria evaporar e muito menos que ela ficaria doce”.

(b)



(c)

“Eu não achei difícil (sic) nenhum. Porque todos foi fácil [(sic) de entender com uma (sic) explicações”.

(d)

Fonte: arquivos da autora, 2022.

As respostas foram bem variadas: 11 alunos responderam que não acharam nenhuma atividade difícil, 4 alunos disseram o dessalinizador, 3 escolheram a atividade do carrinho movido a energia solar, outros 3 disseram a atividade do terrário e somente 1 discente escolheu a atividade *Kahoot*.

Além dessa parte quantitativa avaliada, também fez parte da avaliação a participação dos alunos em sala de aula. Na primeira turma, a participação e demonstração de interesse foi de 100%, pois a turma era pequena. Se compararmos em relação ao mesmo quantitativo, a segunda turma também correspondeu positivamente a aplicação do PE, pois dos 28 alunos, uns 16 alunos participaram ativamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi elaborado em época de plena pandemia devido a COVID-19 (31/dez/2019 a Organização Mundial da Saúde (OMS) informou sobre o vírus que atacava a população chinesa de Wuhan levando a morte e altamente contagiosa, e em 05/maio/2023, a OMS declarou o fim da emergência de saúde pública), a Educação também foi inteiramente comprometida.

Portanto, além dos desafios já conhecidos que o ensino, em especial o da Física possuem, ocorreram dois principais imprevistos durante a realização do mestrado. Um deles a pandemia, o outro foi a exigência de que para aplicar o PE na rede de ensino pública no estado do PR deveria ter a liberação pelo comitê de ética. Como a atividade não é de risco a integridade física ou moral aos alunos, pois é direcionada a melhoria do processo de ensino-aprendizagem, visto que são propostas para serem utilizadas no decorrer das aulas (quando não for possível, aplicada em formato de oficina com concordância dos alunos e da direção da escola), sem perda de conteúdo (na maioria das vezes consegue-se até abordar mais dos conteúdos previstos) e nem interrupções, e quem aplica é o próprio docente dos alunos, mestrando (a) do MNPEF, havia um documento aceito até o momento. A partir do momento da exigência da obrigatoriedade, segundo informações da coordenação do polo, o programa tentava liberação do TCLE e TALE junto a COPEP (Comitê Permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos) da UEM, o que não foi liberado por considerar pesquisa aplicada envolvendo seres humanos.

Citamos também que a docente fez seu mestrado de forma remota (uma excepcionalidade liberada pela CAPES devido ao isolamento social imposto mundialmente para o controle da propagação do SARS-CoV-2, portanto o trabalho foi desenvolvido todo de forma remota com reuniões contínuas pelo *google meet*, sob uma incerteza de quando sairíamos do isolamento social. Desafios como, formato da aplicação, se presencial ou remota, quais estratégias seriam utilizadas, como chegar aos alunos, foram resolvidos e tudo estava preparado quando a aplicação foi barrada pelo NRE, levando assim a uma mudança de planos. Dessa forma, a implementação ocorreu em uma instituição privada para garantir a aplicação aos alunos, lembrando que nesse momento a incerteza era grande, a primeira aplicação alterada para ser em formato de oficina em contra turno teve somente 9 participantes. Após essa aplicação,

em paralelo, a mestranda continuou o desenvolvimento do trabalho, e continuou a busca da liberação junto a plataforma Brasil por intermédio de sua orientadora, o que ocorreu em outubro de 2022. No entanto, além do início da implementação do novo ensino médio, devido a pandemia, a SEED instituiu o SE LIGA, um programa de recuperação aos alunos com notas pendentes, e houve uma preocupação da direção da escola quanto essa aplicação. Por insistência da docente/mestranda e confiança da direção da escola, a aplicação ocorreu.

De forma que, utilizou-se de uma proposta de sequência didática considerando os pontos elencados por Zabala em relação ao conteúdo, objetivando auxiliar o docente e o estudante no processo de ensino e aprendizagem sobre determinados conceitos e duas das leis da Termodinâmica, tendo como recurso motivador a Astrobiologia. Teve como aporte teórico a Teoria de Aprendizagem Significativa proposta pelo norte-americano David Paul Ausubel (1918 -2008).

Procurou-se utilizar e detectar os conhecimentos prévios dos alunos, chamados de subsunçores, pois funcionam como um ancoradouro para o progresso de novas aprendizagens, novos conceitos e significados ou criar novos subsunçores.

As atividades práticas como a execução do *quiz* no aplicativo *Kahoot* ou o uso de simuladores, ambos utilizados nos celulares, mostraram-se extremamente atrativas, fato atribuído também pelo domínio que os estudantes possuem desses aparelhos. Por meio dessas atividades, os discentes passaram a ser protagonistas do processo de aprendizagem deixando de serem meros expectadores. Na instituição privada a participação foi integral cada um no seu celular. Infelizmente, na rede estadual de educação, poucos alunos tinham acesso à *internet*, o que limitou a atuação efetiva nas práticas com recursos midiáticos. Mesmo assim, os discentes participaram das referidas atividades por meio da visualização na TV tela plana de 43 polegadas do *kit* “Educatron” fornecido pelo governo às escolas públicas do estado do Paraná e o computador da docente.

Nas atividades experimentais, da primeira para a segunda aplicação criou-se um instrumento de coleta de dados para cada experimento, pela necessidade junto a documentação solicitada pela COPEP. Na primeira aplicação o relatório foi livre, os alunos iam descrever de acordo com o que compreenderam da metodologia científica, e a segunda turma foi direcionado. Quanto a sua execução, os experimentos mostraram-se eficientes e instigadores, uma vez que motivou os estudantes a

observar, questionar, compreender melhor os conceitos físicos vistos até então de forma mecânica, e também a relacioná-los com seu cotidiano. A aprendizagem se torna mais significativa quando os alunos encontram um sentido e se engajam na realização das atividades, pois não basta apenas realizar experimentos seguindo um roteiro, é necessário que os estudantes entendam e conectem o seu funcionamento ao aspecto físico já estudado por eles.

Das dificuldades apresentadas pelos estudantes, tanto da rede pública quanto da rede particular, ressaltou-se a resolução dos cálculos matemáticos básicos, evidenciando um ensino compartimentado e pouco interdisciplinar, agravado ainda mais durante a pandemia, em que docentes e estudantes tiveram que se adaptar com aulas remotas síncronas ou de forma híbrida, diminuindo a aproximação entre aluno e professor mediador. Lamentavelmente, as consequências da pandemia na educação evidenciaram as lacunas já existentes na esfera educacional.

Portanto, a resolução de cálculos presentes nas equações físicas promoveu a interdisciplinaridade com a Matemática, visto que contribuiu para o enriquecimento da parte teórica e comprovação dos resultados, sem deixar de lado a Matemática enquanto componente curricular. Os alunos da segunda turma ainda tiveram a oportunidade de confeccionar gráfico com dados coletados por eles mesmos usando o carrinho movido a energia solar. Ressalta-se que o foco principal deste trabalho é a Física, e que também pode ser direcionado para outros componentes curriculares como a Biologia e a Química, com o intuito de enriquecer ainda mais o seu conhecimento.

No decorrer de toda a aplicação do Produto Educacional, pode-se perceber que a fusão entre aulas tradicionais, com leitura de textos teóricos e resolução de atividades, e aulas mais dinâmicas, com o uso de recursos midiáticos e a realização de experimentos, foi de grande relevância para que ocorresse uma desmistificação sobre a dificuldade em aprender o componente curricular Física, conforme foi relatado nesta dissertação.

Por meio das metodologias utilizadas, os estudantes puderam relacionar os conceitos vistos tanto na Termodinâmica quanto na Astrobiologia, contribuindo para indícios de aprendizagem significativa, validada não somente pela comparação dos resultados dos questionários diagnóstico e avaliativo, e também pela análise dos

comentários e relatórios dos experimentos realizados durante a aplicação de todo processo e observações da docente durante as 13 aulas.

Desde o início, observou-se uma predisposição dos alunos para a aprendizagem, evidenciado na rede particular pela participação das aulas em contraturno e na rede pública pelos comentários durante as aulas. Isso é de grande importância, pois se o aprendiz não tiver uma predisposição a aprender, a aprendizagem significativa não acontecerá.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, comprovou-se não somente na predisposição de aprendizagem dos discentes, ou nos resultados dos questionários diagnóstico e avaliativo, e também na aprendizagem mecânica extremamente ligada aos alunos, voltada principalmente às equações matemáticas, em que a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, sem que ocorra a ancoragem com o conhecimento prévio, sendo puramente memorística.

Infelizmente esse fato é bastante comum, denotando a efemeridade da educação brasileira, pois percebeu-se que o processo de aprendizagem nas escolas é na maioria das vezes mecânica, imediatista, quase sempre voltada a avaliações e processos seletivos. Todavia, segundo Ausubel, a aprendizagem não precisa ser mecânica ou significativa, não existe uma dicotomia, e sim, uma zona intermediária entre as duas, em que ocorra o ensino potencialmente significativo (MOREIRA, 2012).

Como já foi relatado, a aplicação e desenvolvimento deste trabalho, ocorreu em dois colégios, um de ensino público e outro de ensino particular, ambos possuindo o ensino fundamental e médio. Mesmo apresentando características socioculturais muito distintas, as duas esferas educacionais apresentaram bons resultados, os alunos foram muito participativos e demonstraram grande capacidade de relacionar novos conceitos com o seu cotidiano.

Enfatizamos que esse PE é suscetível a adaptações realizadas por outros professores que queiram utilizá-la, conforme a realidade da sua escola e o número de aulas disponíveis, uma vez que as matrizes curriculares do ensino fundamental e médio são diferenciadas, inclusive focar em outros conceitos da Física ou outro componente curricular. Nesse sentido, citamos como exemplo explicar o processo da fotossíntese ao analisar o terrário ou explorar a relação entre o efeito estufa e aquecimento global ao estudar os planetas do Sistema Solar.

Finalizamos o presente trabalho sobre “Astrobiologia, uma motivação para o estudo de conceitos da Termodinâmica”, desenvolvido por meio de uma proposta de sequência didática contendo três experimentos e utilização de vários recursos midiáticos. Ressaltamos que os experimentos podem ser aplicados separadamente e utilizados em uma feira de Ciências, pois ao confeccionar os próprios modelos a aprendizagem se torna muito mais expressiva.

Assim compreendemos que a aplicação dessa proposta contribui para o engajamento e conhecimento formal não só de docentes, e também dos alunos, que são, sem dúvidas os protagonistas do processo de aprendizagem. Todavia, evidenciamos que esse processo não se encerra, sendo necessária novas discussões a respeito, pois a aprendizagem é inerente ao ser humano. Além de que, mesmo sendo a Física da área das exatas, em que dois mais dois são quatro, na vida acadêmica, educacional, ou privada, como dizia o Prof. Paulo Ricardo nas aulas de eletromagnetismo, “a única constante na vida é a mudança” do pensador Heráclito de Éfeso. Concluimos que as dificuldades podem ser superadas, inclusive as imprevistas como as ocorridas, com persistência e acreditando sempre. Um resultado é o presente trabalho com muitos aprendizados, um sonho se realizando!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENCHI, L. E. B. **A Divulgação Científica no contexto escolar: o ensino de modelos atômicos a partir da temática de agrotóxicos e as implicações/possibilidades para a formação de alunos do Ensino Médio**. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2014.

AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e manchas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1042, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/9bz734pHGKDB6s57YC8RrYs/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 22 jan. 2023.

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, ed. Moraes, 1982.

BARCELOS, E. D. **Telegramas para Marte – a busca científica de vida e inteligência extraterrestre**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES (BDTD). Disponível em: <<https://bdt.d.ibict.br/vufind/Content/whatIs>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

BLUMBERG, B. S. The nasa astrobiology institute: Early history and organization. **Astrobiology** (3) 3: 463-470, 2003. DOI: 10.1089/153110703322610573.

BOECHAT-ROBERTY, H. M. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 71 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>> Acesso em: 15 fev. 2022.

BORGES, F. F. Caixa de Ciências. **EduCapes**, 2017. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/174542>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Educação é a Base**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf> Acesso em: 28 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002. <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em: 30 jan. 2022.

BRASIL. **Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa: alfabetização em foco – projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares**: ano 03, unidade 6. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2012.

CABRAL, P. (s.d.), **Breve História da Medição de Temperaturas**, Disponível em: <<https://www.metroquality.com.br/pastas/artigo/OID3078712/HistoriaMedicaoTemperatura.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2023.

CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA (ou Caderno Brasileiro de Ensino de Física). Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

CAMPANHOLI JUNIOR, L. **O uso de um protótipo de refrigerador com Pastilhas Peltier: uma proposta didática para o processo ensino aprendizagem das leis da termodinâmica e introdução aos conceitos de termoeletricidade** — Maringá, 2019. 182 fs. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2019. Disponível em: <<http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

CARDIAL, R. Microlente gravitacional revela uma 'Terra de Gelo' a 13.000 anos-luz de distância, 2017. **Galeria do meteorito.** Disponível em: <<https://www.galeriadometeorito.com/2017/05/microlente-gravitacional-revela-Terra-de-Gelo.html>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

CARNEVALLE, M. R. **Araribá mais Ciências: 9º ano - 1.ed.** - São Paulo: Moderna, 2018.

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Disponível em: <<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

CHEFER, C. **Astrobiologia no contexto do ensino de ciências no Brasil: cosmovisões de pesquisadores e professores da área.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2020.

COSTA, G. L. — **Calor e Efeito Estufa: uma proposta didática fundamentada na teoria de aprendizagem significativa,** Maringá, 2023. 173 fs. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2023. Disponível em: <<http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>>. Acesso em: 30 jun. de 2023.

DAMINELLI, A. Procura de vida fora da Terra. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. Especial: p. 641-646, dez. 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27nespp641/17198>> acesso em 22 jan. 2023.

DE CARVALHO RUTZ DA SILVA, S; SCHIRLO, A.C. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Reflexões para o Ensino de Física ante a nova realidade social. **Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, 2014.

DELORS J. et al.; Os quatro pilares da educação. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. 1996. Tradução: José Carlos Eufrázio. Disponível em: < https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_por>. Acesso em: 15 set. 2023.

DE SOUZA, R. B., **Sequência didática para o ensino das Leis da Termodinâmica e Máquinas Térmicas.** 2019. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná. Disponível em:<<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4461/1/ensinotermodinamicamaquinaste rmicas.pdf>> Acesso em: 02 fev. 2022.

DIAS, B. L. do N. **Análise de meteoritos por técnicas não destrutivas com aplicações para astrobiologia.** 2018. 140 f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Física. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

DIAS, D. L. Método científico. **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/metodo-cientifico.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

DICK, S. J. Origins and development of Nasa's exobiology program, 1958-1976. **Acta Astronautica**, v. 65, n. 1-2, p. 1-5, 2009.

DIVULGA, SAIFRD. **Detectando Exoplanetas: Nobel de Física 2019**. Youtube, 2019. 1 vídeo (9min35s). Disponível em: < <https://youtu.be/upKY2QqxPLI>> Acesso em 18 jan. 2021.

DOS SANTOS FILHO, J. **As Leis da Termodinâmica: contexto histórico, definições e aplicações**. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/210303684.pdf>> Acesso em: 10 fev. 2022.

E-book gratuito reúne textos sobre astrobiologia. **Jornal da USP**, São Paulo, 01/12/2016. Disponível em <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/e-book-gratuito-reune-textos-sobre-astrobiologia/>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

A METEOROLOGIA- IAG-USP. **Efeito Estufa**. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/siae98/estufa/estufa.htm>>.. Acesso em: 12 jan. 2021.

EVANGELISTA, C. R. Propagação de calor. **Infoescola**. Disponível em <<https://www.infoescola.com/termodinamica/propagacao-de-calor/>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

EXOPLANETAS: o que são e como detectamos? **Sociedade Brasileira de Astrobiologia**. Disponível em: <<https://www.sbastrobio.org/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> Acesso em: 19 fev. 2022.

FARIAS, M. L. L.; Barbosa, M. A. A. Integrando o ensino de astronomia e termodinâmica: explorando a zona habitável no diagrama de fase da água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, n. 4, 2017. Disponível em: <www.scielo.br/rbef> . Acesso em 12 jan. 2021.

FERNANDES, E. (2011). David Ausubel e a Aprendizagem Significativa. **Nova Escola – 2016**. Disponível em: < <https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa> >. Acesso em: 20 jan.2022.

FERREIRA, M. S. F. e MUKAI, H., Astrobiologia, viajando pela Ciências da Natureza: a importância de conceitos termodinâmicos em nosso Universo, Produto Educacional, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá. A ser disponibilizado em: < http://www.dfi.uem.br/prodeducacionais/mnpef/uem_prod.php>.

FEYNMAN, Richard. **Lições de física de Feynman**. Trad. Adriana Válio Roque da Silva e Kaline Rabelo. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FÍSICO, O. **Como funciona um carro movido a energia solar?** Youtube, 2020. 1 vídeo (10min43seg). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uTu2pelM3k>> Acesso em: 12 jul. 2021.

FRANCISCO, W. C e. Big Bang: a teoria do big bang. **Brasil Escola**. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>> . Acesso em 09 jul. 2021.

FRIAÇA, A.C.S. **Subjetividade no reconhecimento da vida no Universo**. Rev. Brasil. Psicanálise, ed. 44 v.3, 2010.

GALANTE, D. et al. **Astrobiologia: uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. Disponível em: < <https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf> >. Acesso em: 15 fev. 2022.

- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social** - 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOMES, S. F. **Astrobiologia: um tema integrador para o ensino de ciências**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- GOUVEIA, R. **Características do Sol**. Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/caracteristicas-do-sol/>> . Acesso em 18 jan. 2021.
- GUIMARÃES, R. R. Relato crítico de uma experiência didática a cerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 695-717, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n2p695/43910>> . Acesso em: 22 jan. 2023.
- HALLIDAY D.; WALKER, J.; RESNICK, R. **Fundamentos da Física: gravitação, ondas e termodinâmica**– 8. ed.- Rio de Janeiro: LTC, v.2. 2009.
- HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica** – 10. ed. – Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2016.
- HALLIDAY, D. RESNICK, R. **Física – Mecânica** – 4º ed. – Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 1983.
- HELERBROCK, R. Exoplanetas. **Mundo Educação**. Disponível em <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/exoplanetas.htm>> . Acesso em: 09 jul. 2021.
- INCRÍVEL. **7 PREVISÕES para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos, por Stephen Hawking**. Youtube, 2018. 1 vídeo (11 min58seg). Disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8> . Acesso em: 18 jan. 2021.
- JULIO, C. A. **A metodologia de pesquisa científica como pratica de ensino e aprendizagem nas series iniciais do ensino fundamental**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.
- JUNGES, A. L.; SANTOS, V.. MASSONI, N. T. e SANTOS, F. A. C. Efeito Estufa e Aquecimento Global: uma Abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências** V.13, No.5 p.126, 2018. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID531/v13_n5_a2018.pdf>. Acesso em 13 jan. 2023.
- KILHIAN, K. **Relações entre as escalas termométricas**. 2010. Disponível em: <<https://www.obaricentrodamente.com/2010/12/relacoes-entre-as-escalas-termometricas.html>> . Acesso em: 30 mar. 2022.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica** - 5. . São Paulo, Ed. Atlas, 2003.
- LATHIA, R. et. al. **Heat Death (The ultimate fate of the Universe)**. International Conference on Innovative in Engineering Science and Management (ESM-15), At: Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India-110067 - Volume: 2 - DOI:10.13140/RG.2.1.4158.2485 Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299618320_Heat_Death_The_Ultimate_Fate_of_the_Universe2015>. Acesso em: 14 abr. 2023.
- LOREIAN, I.; DARROZ, L. M.; ROSA, C.. W. da. Organizadores prévios no processo de ensino de Física: o que dizem os periódicos da área. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 16, n. 37, p. 210-223, dez. 2020. ISSN 2317-5125. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/7690>>. Acesso em: 04 out. 2022. doi:<http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v16i37.7690>.

LONGUINHOS, R.R. **Divulgação científica em astrobiologia por meio de exposição como promotora do ensino interdisciplinar entre biologia, física e química**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2020.

MAGALHÃES, V. A.; **Experimentação: a construção de terrários como atividade prática investigativa no ensino de ciências da natureza**. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2008. Curitiba: SEED/PR.; 2016. (Cadernos PDE). Disponível em:<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_cien_uem_valdnevalvesmagalhaes.pdf>. Acesso em:12 jul. 2021.

MARTINS, J. T. Atividades experimentais de Física da revista Ciência Hoje das Crianças. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 455-478, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n2p455/43902> > . Acesso em: 22 jan. 2023.

MELLO, G. P. de. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 76 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf> > Acesso em: 18 fev. 2022.

_____. **Planetas habitáveis: onde estão os lugares no Universo adequados ao nosso ou a outros tipos de vida**. In: GALANTE, D.; *et al.* (Org). Astrobiologia, uma ciência emergente. São Paulo: Tikinek Edição: IAG/USP, 2016. Disponível em <https://www.iag.usp.br/sites/default/files/2023-01/2016_galante_horvath_astrobiologia.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MIILLER, M. M do N., **Utilizando a plataforma *micro bit* para o ensino de escalas termométricas**. 2022, 137 fl, Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2022. Disponível em: <<http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>>. Acesso em: 13 maio 2023.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. Porto Alegre- RS Aprendizagem Significativa, **Revista/Meaningful Learning Review** – V1(3), pp. 25-46, 2011.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre- RS Aprendizagem Significativa em Revista/*Meaningful Learning Review*, 2012. Disponível em: < <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf> >. Acesso em: 25 jan. 2022.

_____., Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, suppl. 1, e20200451 (2021). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsFCRNFcxFhqLy/?lang=p>> Acesso em: 25 jan. 2022.

MUKAI, H. e FERNANDES, P.R.G. **Manual de Laboratório de Física Experimental II** – Departamento de Física – Universidade Estadual de Maringá, 2018. Disponível em: <http://www.dfi.uem.br/fisica/index.php/apostilas/> Acesso em: 20/01/2023.

NEITZEL, C. L. V. **Aplicação da Astronomia ao Ensino de Física com ênfase em Astrobiologia**. 2006. 133 f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006.

NUSSENZVEIG, M. H., **Curso de Física Básica – Vol. 2 - Fluido, Oscilações, Calor e Ondas**, 1ª Edição (1983) e 4ª Edição (2002).

DE OLIVEIRA, M. J. **Termodinâmica**. Editora Livraria da Física, 2005.

O UNIVERSO: além do Big Bang. **History Channel**, 2010, 1 vídeo (1h30min51seg). Disponível em: <<https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de aprendizagem**: texto introdutório. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

PACHECO, M. H. **Alguns Modelos de Universo Cosmológico**, TCC-Bacharelado em Física – Departamento de Física – Universidade Estadual de Maringá, 2021. Disponível em: <<http://www.dfi.uem.br/fisica/index.php/tcc/>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

PAULINO-LIMA, I. G. & LAGE, C. A. S. Astrobiologia: definição, aplicações, perspectivas e panorama brasileiro. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 14-21, 2010.

PEIXOTO, M. A. P.; SILVA, M. A.; ROCHA, C. C. Aprendizagem e metacognição no ensino de metodologia científica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 01, p. 11-26, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/i/epec/a/fGWhnbxzcMZNcgPBwvvtVRh/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em 22 jan. 2023.

PEREIRA, F. A. **Introdução à Astrobiologia**. São Paulo: José Olympio Editora, 1958.

PINEDA, S.; VILLADSEN, Coherent radio bursts from known M-dwarf planet-host YZ Ceti, **Nature Astronomy**, *online*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41550-023-01914-0>.

PICQUART, M; MORALES, I. C., **De la temperatura y su medición**, Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 11, No. 1, p.1310-1, 2017. Disponível em: <http://www.lajpe.org/mar17/1310_Picquart_2017.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** - 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROJETO SOLARES UFES. Carrinho solar: projeto social solares. **Vida de silício**, 2018. Disponível em <<https://portal.vidadesilicio.com.br/robo-carrinho-solar/>>. Acesso em: 09 jul. 2021.

QUILLFELDT, J. A. Astrobiologia: água e vida no Sistema Solar e além. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. Especial: p. 685-697, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27nespp685/17202>>. Acesso em: 22 jan. 2023.

RAMALHO, F.; FERRARO, N.; SOARES, P. **Os Fundamentos da Física 2**: Termologia, Geometria da luz e Ondas. São Paulo, Editora Moderna, 1977.

RAMALHO, F.; FERRARO, N.; SOARES, P. **Os Fundamentos da Física 2**: Termologia, Óptica e Ondas, 9ª edição. São Paulo, Editora Moderna, 2016.

RAMOS, D. K. **A aprendizagem colaborativa e a educação problematizadora para um enfoque globalizador**. Cadernos da Pedagogia. São Carlos, Ano 6 v. 6 n. 12, p. 105-115, 2013. Disponível em: <<https://www.cadernosdapedagogia.ufscar.br/index.php/cp/article/view/506>>. Acesso em: 16 set. 2023.

Revista Brasileira de Ensino de Física. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

Revista Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

ROCHA, JAL. **Elementos de termodinâmica**. IN: Termodinâmica da fratura: uma nova abordagem do problema da fratura nos sólidos [online]. Salvador: EDUFBA, 2010, pp. 37-46. ISBN 978-85-232-1235-3.

ROCHA, F. S. da. **Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 124-148, >Acesso em 22 jan. 2023.

RODRIGUES, B. A. **O ensino de Ciências por investigação em escolas da rede pública**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

RODRIGUES, D. C. **Termodinâmica**. Vitória-UFES, Departamento de Física, 2011.

RODRIGUES, F.; GALANTE, D.; AVELLAR, M. G. B. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 27-31p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>> Acesso em: 18 fev. 2022.

SARAIVA, M. F. O.; OLIVEIRA, K. S.; MÜLLER, A. M. **Vida fora da Terra**. Astronomia e Astrofísica para EAD. 2015.

SANTOS, C. M. P. dos. **Concepções e práticas inovadoras na escola contemporânea: contribuições para o desenvolvimento profissional docente**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação: Teoria e Prática de Ensino, Linha de Pesquisa Formação da Docência e Fundamentos da Prática Educativa. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2018.

SAVI, A. A; COLUCCI, C. C. **Termodinâmica** – Coleção Formação de Professores em Física – EAD, v. 10, EduEM. Maringá, 2010.

SCHALL, B.; FERNANDES, V.; CASTELFRANCHI, Y. **Não estou aqui para discutir aspectos religiosos”: a defesa do criacionismo com argumentos tecnocientíficos**. Artigos do Fluxo Contínuo • Relig. soc. 39 (03) • Sep-Dec 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-85872019v39n3cap09>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rs/a/VHdCVCWDDVx473HzLg47VsR/?lang=pt>>. Acesso em: 18 mar. 2023.

SILVA, I. D. da. **Uma leitura fleckiana da gênese da Astrobiologia na Educação em Ciências**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2021.

SILVA, V. B. da, 2019, **Guia do professor: Sequência Didática 3MP para o Ensino de Astrobiologia em Física**. Produto Educacional – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do ABC. Disponível em: <<https://mnpef.propq.ufabc.edu.br/dissertacoes/dissertacoes-e-produtos-educacionais/2019-2/>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

SILVEIRA, F. L. Efeito do campo magnético do Sol na Terra. **CREF**, 2017. Disponível em <<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=efeito-do-campo-gravitacional-do-sol-na-terra>> Acesso em: 12 jul. 2021.

SOCHA, R. R. **A dinâmica das interações em sala de aula e a construção do conhecimento científico**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em

Educação da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, São Paulo, 2011.

SOUZA, J. G. de. **Astrobiologia: obstáculos e possibilidades, a (re)ligação com o cosmos e o ensino de ciências**. 2013. 211 f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências de Bauru, São Paulo, 2013.

STRUHOLD, H. **The Green and the Red Planet: A Physiological Study of the Possibility of Life on Mars**. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1953.

TIPLER, P; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** - Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. Volume 1. 6ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 2009.

VAL, A. M. G. do; DOMINGUES, R. Z.; MATENCIO, T. **Diagrama de fases**. Curso de Química, Modalidade de Ensino a Distância, UFMG. Disponível em <https://www2.ufjf.br/quimicaead/files/2013/09/FQ_II_Diagramasdefase.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

VILLATE, J. E. (2021), Ondas Eletromagnéticas e Luz. Universidade do Porto. Disponível em: ,<<https://def.fe.up.pt/eletricidade/ondas.pdf>> . Acesso em: 05 fev.. 2021.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A. Física II, Sears e Zemansky: **Termodinâmica e ondas**. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda., 2016.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZOHURI, B. **The beginning and concept of cryogenics, basic principles** – cap 14, em Physics of cryogenics, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/zeroth-law-of-thermodynamics>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

ZUCCO, J. A., 2012. **Estrelas: nascimento e morte – qual futuro do Sol?** Trabalho de Conclusão de curso, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <<http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/12/JAQUELINE-ACOSTA-ZUCCO.pdf>>., Acesso em: 01 julho 2021.

ANEXO 1 – TERMOS DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL



TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Maringá, 25 de outubro de 2021.

À Professora,
Kelli Delamare Marini
Diretora do Colégio Nova Geração - Educação Infantil, Ensino médio e Fundamental
Rua Rio Grande do Sul - 1055- Colorado - PR

Prezada Diretora,


Por meio desta, apresentamos a Pós-Graduanda **MARISA SAYURI FUKUHARA FERREIRA, RA: PG402386**, acadêmica regularmente matriculada no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), desde 01/03/2020. O projeto de mestrado a ser desenvolvido é intitulado: **"ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA"**, sob minha orientação (Profa. Dra. Hatsumi Mukai (MNPEF/DFI/UEM)).

Esclarecendo que os(as) acadêmicos(as) do MNPEF são professores da rede de ensino pública ou privada que ministram o conteúdo do componente curricular Física ou Ciências, e que o trabalho de mestrado deve, obrigatoriamente, gerar um Produto Educacional (PE) com aplicação do mesmo, como parte integrante da dissertação.

O PE é uma proposta didática, no caso, envolvendo textos, simulação de experimentos e um experimento que o aluno irá montar em casa, como metodologias didáticas, com o intuito de trabalhar tópicos que estão interligados com Termodinâmica e auxiliar o processo ensino-aprendizagem no componente curricular Física, incluso no contexto de Ciências da Natureza e Tecnologia, bem como da nova BNCC. E deve estar no contexto dos assuntos que a docente já deveria ministrar aos discentes, não havendo assim prejuízo de conteúdo.

Nesse sentido, solicitamos a sua autorização para que a pós-graduanda do PPG-MNPEF-UEM e docente no Colégio Estadual Monteiro Lobato, **MARISA SAYURI FUKUHARA FERREIRA** possa aplicar o seu Produto Educacional que será feita de forma presencial, voltadas aos alunos da 9ª série do Ensino Fundamental, respeitando o caráter ético no que diz respeito à veiculação das imagens dos alunos.

Por fim, nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre a aplicação do PE.


Hatsumi Mukai
Orientadora e Coordenadora Adjunta do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (Polo UEM).

AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO:

Concordo com o solicitado:


Kelli Delamare Marini
Diretora do Colégio Nova Geração – Colorado - PR



Av. Colombo, 5.790 – Campus Universitário - CEP 87020-900 – Bloco G-56 – sala 022 – Maringá – PR.
Fone (44) 3011- 5900 / email: mnpef_uem@dfi.uem.br / site: <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/>



TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL e INFRAESTRUTURA

Maringá, 25 de fevereiro de 2022.

À Professora,
Angela Cristina Couto Piffer
 Diretora do Colégio Estadual Monteiro Lobato - EFMNP – Colorado - PR

Prezada Diretora,

Por meio desta, apresentamos a Pós-Graduada **MARISA SAYURI FUKUHARA FERREIRA, RA: PG402386**, acadêmica regularmente matriculada no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), desde 01/03/2020. O projeto de mestrado a ser desenvolvido é intitulado: “**ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA**”, sob minha orientação (Profa. Dra. Hatsumi Mukai (MNPEF/DFI/UEM)).

Esclarecendo que os(as) acadêmicos(as) do MNPEF são professores da rede de ensino pública ou privada que ministram o conteúdo da componente curricular Física ou Ciências, e que o trabalho de mestrado deve, obrigatoriamente, gerar um Produto Educacional (PE) com aplicação do mesmo, como parte integrante da dissertação.

O PE é uma proposta didática, no caso, envolvendo textos, simulação de experimentos e um experimento que o aluno irá montar em casa, como metodologias didáticas, com o intuito de trabalhar tópicos que estão interligados com Termodinâmica e auxiliar o processo ensino-aprendizagem na componente curricular Física, incluso no contexto de Ciências da Natureza e Tecnologia, bem como da nova BNCC. E deve estar no contexto dos assuntos que a docente já deveria ministrar aos discentes, não havendo assim prejuízo de conteúdo.

Nesse sentido, solicitamos a sua autorização para que a pós-graduanda e docente no Colégio Estadual Monteiro Lobato, **MARISA SAYURI FUKUHARA FERREIRA** possa aplicar o seu Produto Educacional que será feita de forma presencial, voltadas aos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, período matutino, respeitando o caráter ético no que diz respeito à veiculação das imagens dos alunos. Ficando assim também o uso da infraestrutura da instituição.

Por fim, nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre a aplicação do PE.

Agradecemos a vossa compreensão e colaboração.
 Atenciosamente,


 Prof. Dra. Hatsumi Mukai

Orientadora e Coordenadora Adjunta do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (Polo UEM).

AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO:

Concordo com o solicitado: _____


 Prof. Angela Cristina Couto Piffer

Diretora do Colégio Estadual Monteiro Lobato - EFMNP – Colorado - PR

Av. Colombo, 5.790 – Campus Universitário - CEP 87020-900 – Bloco G-56 – sala 022 – Maringá – PR.
 Fone (44) 3011- 5900 / email: mnpef_uem@dfi.uem.br / site: <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/>

ANEXO 2 – LIBERAÇÃO COPEP – COMITÊ DE ÉTICA

O parecer consta de 6 páginas, será apresentado somente a primeira e as últimas páginas onde aparece a identificação e aprovação.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA


Pesquisador:
Área Temática:
Versão: 3
CAAE:
Instituição Proponente: UEM-CCE - Centro de Ciências Exatas
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1905003.pdf	22/09/2022 18:53:33		Aceito
Outros	RESPOSTA.docx	22/09/2022 18:52:01	HATSUMI MUKAI	Aceito
Outros	TALEMARISA.pdf	22/09/2022 18:48:40	HATSUMI MUKAI	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMAMARISA.pdf	22/09/2022 18:45:45	HATSUMI MUKAI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEMARISA.pdf	22/09/2022 18:40:39	HATSUMI MUKAI	Aceito
Outros	RiscosaosparticipantesproMARISA.pdf	27/04/2022 10:17:54	HATSUMI MUKAI	Aceito
Outros	instrumentoconcordanciaNRE.pdf	27/04/2022 10:14:31	HATSUMI MUKAI	Aceito
Declaração de concordância	25termodeconcordanciaNRE.pdf	21/04/2022 23:30:35	HATSUMI MUKAI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoMarisa.pdf	14/03/2022 15:51:27	HATSUMI MUKAI	Aceito
Orçamento	ORcAMENTOOFINANCEIROProjetoMARI	14/03/2022	HATSUMI MUKAI	Aceito



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

Continuação do Parecer: 5.719.261

Orçamento	SA.pdf	15:50:47	HATSUMI MUKAI	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECLARacaoINSTITUCIONALeInfraestruturapdf	14/03/2022 15:49:58	HATSUMI MUKAI	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoHatsumi.pdf	14/03/2022 15:44:56	HATSUMI MUKAI	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

MARINGÁ, 24 de Outubro de 2022

Assinado por:
Maria Emília Grassi Busto Miguel
(Coordenador(a))

APÊNDICE A – TCLE E TALE



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Nós, Profa. (mestranda e docente efetiva no Colégio Estadual Monteiro Lobato – Colorado – PR) e Profa. (orientadora e docente do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá – Maringá - PR), responsáveis pela pesquisa e projeto de mestrado, ASTROBIOLOGIA - UMA MOTIVAÇÃO PARA OS ESTUDOS DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA, que está sendo desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), convidamos o(a) participante da pesquisa _____, sob sua responsabilidade, a participar como voluntário(a) desta nossa pesquisa, e que o(a) mesmo(a) poderá retirar sua participação e o presente termo a qualquer momento sem ônus ou prejuízo.

O objetivo da presente pesquisa é verificar a aprendizagem do aluno utilizando como recurso motivador o tema Astrobiologia, uso de simuladores gratuitos, experimentos, e que estes possam ser utilizados para despertar e instigar o processo de ensino-aprendizagem em específico da Termodinâmica. Sempre que possível será relacionado com fatos do cotidiano, como a energia solar e a vida no planeta.

Nossa justificativa é ter observado nestes anos de atuação docente no ensino fundamental, e por meio da literatura da área de ensino, que os alunos consideram, “a Física chata, difícil e cheia de contas”, e verificamos que entre as dificuldades as mais relevantes para os alunos estão na terminologia e os conceitos pouco conectados ao cotidiano, além da necessidade da conexão entre vários destes conceitos e a matemática envolvida. Portanto, como recurso motivador apresenta-se uma abordagem em que tópicos atuais na área de Astrobiologia possam ser utilizados para complementar e instigar o processo de ensino-aprendizagem em Termodinâmica.

A metodologia a ser adotada, está baseada em um texto didático pedagógico denominado de Produto Educacional (PE), que é constituída de uma sequência didática desenvolvida para ser aplicada em 13 horas/aulas com a execução de diferentes atividades como: aplicação de questionário (inicial e final) para verificação dos conhecimentos prévios e posterior a aplicação das atividades sobre o tema para ter um resultado quantitativo de quanto foi proveitoso a aplicação do PE; aulas expositivas sobre a Astrobiologia e conceitos de Termodinâmica; análise de vídeos sobre a teoria do *Big-Bang*, o sistema solar, exoplanetas e o futuro do planeta Terra; atividades experimentais com a construção de terrários, dessalinizadores e carrinho movido a energia solar; utilização de simuladores disponíveis na *internet*, de uso gratuito, principalmente de duas fontes: PhET (Universidade de Colorado) e Física na Escola, e a aplicação dos questionários presencial e de forma impressa.

Caso seja autorizada a participação do participante da pesquisa sob sua responsabilidade a participação dele(a) constará de participação nas aulas; realização, observação e registro das ocorrências dos experimentos, uso de simuladores (PhET e Física na escola), e responder os questionários diagnóstico e avaliativos.

Esclarecemos ainda, que podem ocorrer alguns desconfortos (incômodos) ou riscos, como o participante da pesquisa sentir cansaço ao responder questionários, sentir emocionalmente pressionado por ter tempo para realizar as atividades, receio de não saber responder às perguntas durante a aplicação do projeto de pesquisa; ou ocorrer constrangimento durante as gravações de áudio e vídeo (não serão divulgados com identificação – é somente para coleta de informações positivas da aplicação do PE), receio de quebra de sigilo, inclusive por meio de colegas, embaraços ou desgaste da não compreensão de alguma das atividades que envolva o preenchimento de algum instrumento previsto nesta pesquisa, em qualquer uma das situações o participante da pesquisa pode recorrer a sua professora responsável pela aplicação do PE, e ela saberá como conduzir e resolver a situação para ajudar o participante da pesquisa a esclarecer sua dúvida e continuar no processo, e em caso de algum constrangimento esclarecer o motivo e deixá-lo(a) confortável. Quanto ao risco das atividades em grupo, caso ocorra alguma discordância com algum outro participante da pesquisa, também deve se direcionar a sua professora, e ela estará atenta e conversará com os envolvidos explicando e esclarecendo de forma imparcial resolvendo a situação. Em último caso fica claro que o participante da pesquisa poderá desistir de sua participação a qualquer momento. Em relação ao risco do participante da pesquisa ser exposta, deixamos claro que a atividade será desenvolvida na sua instituição e é garantida a manutenção de sigilo e da sua privacidade em todos os registros durante todas as fases da pesquisa, tendo acesso a esses dados somente as pesquisadoras responsáveis. Quanto ao uso das atividades que envolvam a *internet* ocorrerá respeitando as “orientações para procedimentos em pesquisas com qualquer etapa em ambiente virtual” - SEI/MS - 0019229966 - Comunicado de 24/02/2021.

Ressaltamos que entre os benefícios que esperamos que o participante da pesquisa tenha com sua participação é uma aprendizagem com significados e forma mais atrativa e dinâmica. Ao término saber relacionar a Física com eventos do Cotidiano no conteúdo trabalhado e ter visão para os outros assuntos. Ainda em relação aos benefícios, pode-se citar o aprendizado utilizando metodologias ativas como a gamificação, por meio do aplicativo Kahoot e também o uso de recursos da mídia eletrônica de livre acesso, como os simuladores, além da parte experimental em que poderão trabalhar com as observações e/ou coletar seus dados experimentais para a análise. Informamos ainda, que com essa participação o participante da pesquisa terá como benefício se sentir valorizado pois estará contribuindo tanto para a validação da dissertação de mestrado de sua professora e ao programa de pós-graduação do MNPEF/UEM, bem com o Produto Educacional (PE), que após o término do mestrado e sua defesa, será disponibilizado de forma gratuita para uso de qualquer pessoa da comunidade acadêmica ou não, portanto de uso público, e o próprio participante da pesquisa no futuro desse PE.

Durante todo o período da pesquisa tanto o participante da pesquisa quanto o responsável terá a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento. Para isso, entre em contato com a pesquisadora, Telefone:, e-mail: ou, residente em-PR, local de aplicação do PE, bem como com a Profa., Maringá – PR. Além disso, se tiver algum problema relacionado com a pesquisa o participante da pesquisa terá direito à assistência gratuita que será prestada por mim,, docente responsável da turma e pela aplicação da pesquisa. Fica garantida a possibilidade de não aceitar participar e alguma etapa ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão.

Sobre os resultados desta pesquisa esclarecemos que são de livre acesso e por tempo indeterminado, serão divulgadas na dissertação de mestrado, e talvez em eventos e/ou publicações em revista da área de ensino, sem a sua identificação e a dos demais voluntários(as), para isso será usado um código, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do(a) participante da pesquisa. Também poderão ser utilizadas imagens registradas em aula, sem identificação e de forma que não se possam identificar os participantes. O material para a coleta dos resultados desta pesquisa serão destruídos após 5 anos após o seu término. Nesse período o material impresso ficará de posse da mestrande e guardadas em local seguro, e os digitais ficarão armazenados em um HD externo de posse da orientadora, pesquisadoras responsáveis por essa pesquisa. Esclarecendo ainda que tais armazenamentos ocorrerão de forma que não haja prejuízo de obtenção de novo consentimento para utilização destes dados ou material de pesquisa futuros.

As despesas necessárias para a participação na pesquisa serão assumidas pelas pesquisadoras. A participação do(a) participante da pesquisa é totalmente voluntária e de forma gratuita. Fica, também, garantida indenização em casos de danos comprovadamente associados ou decorrentes da participação nesta pesquisa.

As dúvidas, caso ainda os tenha, sobre os direitos do participante desta pesquisa você poderá ainda contatar o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP). O comitê de ética e pesquisa (CEP) é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, existentes nas instituições que realizam pesquisa que envolve seres humanos no Brasil, e foi criado com o objetivo de proteger os participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro dos padrões de ética (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde-CNE). O Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

Autorização

Eu, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com a pesquisadora responsável por aplicar a presente pesquisa, esclarecendo todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro que a participação de é voluntária, e que a qualquer momento este consentimento pode ser retirado, bem como o participante da pesquisa, sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais o participante da pesquisa será submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade (quanto a imagem, materiais de coletas e identificação). Diante do exposto e de espontânea vontade, fica expressa a concordância da sua participação nesta pesquisa, todas as folhas devidamente rubricadas e assinando este termo em duas vias, uma das quais me foi entregue.

Assinatura do(a) responsável

Profa.
Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE

Colorado, ____ de _____ de 2022.

CONTATOS:

- Profa.
- Profa.
- Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Nós, Profa. (mestranda e docente efetiva no Colégio Estadual Monteiro Lobato – Colorado – PR) e Profa. (orientadora e docente do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá – Maringá - PR), responsáveis pela pesquisa e projeto de mestrado, ASTROBIOLOGIA - UMA MOTIVAÇÃO PARA OS ESTUDOS DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA, que está sendo desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), o(a) convidamos a participar como voluntário(a) desta nossa pesquisa, podendo recusar-se a participar ou retirar este consentimento, a qualquer momento sem penalização ou prejuízo. Caso aceite você será denominado(a) “participante da pesquisa”.

Nesta atividade de pesquisa propomos apresentar a Física de forma mais atrativa e motivadora, utilizando como recurso motivador o tema Astrobiologia, o uso de simuladores gratuitos, e a realização de experimentos, de forma que esses possam ser utilizados para despertar e instigar o processo de aprendizagem em específico no conteúdo da Termodinâmica. Além disso, será abordado esse conteúdo, sempre que possível, relacionando com fatos do cotidiano, como a energia solar e a vida no planeta. Desta forma, esta pesquisa pretende identificar e relacionar conceitos da Termodinâmica (como temperatura, Lei de zero da termodinâmica, calor, entre outros) na Astrobiologia. Assim, justificamos esta proposta por tornar mais motivadora e atraente a compreensão do conteúdo de Termodinâmica, esclarecendo as terminologias e conectando os conceitos ao cotidiano, além de trabalhar a conexão entre vários destes conceitos e a matemática envolvida.

Caso aceite participar, esclarecemos que esta pesquisa, está baseada em um texto didático pedagógico denominado de Produto Educacional (PE), que consta de uma sequência didática que foi elaborada para ser aplicada em 13 horas/aulas com a execução de diferentes atividades como: aplicação de questionário (inicial e final) para verificação dos conhecimentos prévios e posterior a aplicação das atividades e aulas sobre o tema, Astrobiologia e conceitos de Termodinâmica; aulas expositivas sobre o tema; análise de vídeos sobre a teoria do *Big-Bang*, o sistema solar, exoplanetas e o futuro do planeta Terra; atividades experimentais com a construção de terrários, dessalinizadores e carrinho movido a energia solar; utilização de simuladores disponíveis na *internet*, de uso gratuito, e que podem ser instalados nos computadores das escolas e/ou celular, principalmente de duas fontes: PhET (Universidade de Colorado) e Física na Escola, e os questionários aplicados de forma impressa e presencial. Sua participação constará de participação nas aulas; realização, observação e registro das ocorrências dos experimentos, uso de simuladores, atividades em grupo, e responder aos questionários diagnóstico e avaliativos.

É possível que aconteçam alguns desconfortos (incômodos) ou riscos, como cansaço ao responder questionários, sentir emocionalmente pressionado por ter tempo para realizar as atividades, receio de não saber responder às perguntas durante a aplicação da pesquisa; constrangimento durante as gravações de áudio e vídeo (esclarecendo que não serão divulgados com identificação – é somente para coleta de informações positivas da aplicação do PE); Receio de quebra de sigilo, inclusive por meio de colegas; embaraços ou desgaste da não compreensão de alguma das atividades que envolva o preenchimento de algum instrumento previsto nesta pesquisa. Caso sinta alguns desses incômodos ou qualquer outro risco fale com sua professora, ela saberá como resolver os possíveis desconfortos/riscos garantindo um tempo hábil para a realização dos questionários, proporcionando um ambiente tranquilo e seguro para a conclusão de todas as atividades. Ela também manterá uma relação de confiança com você e os demais participantes para que se sintam seguros para a realização de todas as atividades sem constrangimento, pois é imprescindível a participação de todos. Quanto ao risco das atividades em grupo caso ocorra alguma discordância com algum colega, também direcione-se a sua professora, ela estará atenta e conversará com os envolvidos explicando e esclarecendo de forma imparcial resolvendo a situação, e fica claro que você poderá interromper e desistir de sua participação. Em relação ao risco de sua participação ser exposta, deixamos claro que a atividade será desenvolvida na sua instituição e é garantida a manutenção de sigilo e da sua privacidade em todos os registros durante todas as fases da pesquisa, tendo acesso a esses dados somente as pesquisadoras responsáveis. Quanto ao uso das atividades que envolvam a internet ocorrerá respeitando as “orientações para procedimentos em pesquisas com qualquer etapa em ambiente virtual” - SEI/MS - 0019229966 - Comunicado de 24/02/2021.

Esclarecemos ainda que entre os benefícios você terá com a sua participação uma aprendizagem de forma mais atrativa e dinâmica. Irá aprender a relacionar a Física com eventos do cotidiano, tendo um novo olhar. O benefício de aprender com a gamificação, por meio do aplicativo Kahoot e também o uso de recursos da mídia eletrônica de livre acesso, como os simuladores, além da parte experimental em que poderão trabalhar com as observações e/ou coletar seus dados experimentais para a análise. Acreditamos que tais recursos tornarão as aulas mais atrativas e dinâmicas, em que você pode participar ativamente. Informamos ainda, que a importância de sua participação estará contribuindo tanto para a validação da dissertação de mestrado de sua professora, e ao programa de pós-graduação do MNPEF/UEM, bem com o Produto Educacional (PE), que após o término do mestrado e sua defesa, será disponibilizado de forma gratuita para uso de qualquer pessoa da comunidade acadêmica ou não, portanto de uso público e seu próprio caso necessite no futuro.

Durante todo o período da pesquisa você terá a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento. Para isso, entre em contato com a pesquisadora ..., Celular:, e-mail:ou, residente em, local de aplicação do PE, bem como com a Profa., email:, telefone no Departamento de da UEM, situado na, Maringá – PR. Além disso, se tiver algum problema relacionado com a pesquisa você terá direito à assistência gratuita que será prestada por mim,, docente responsável da turma e pela aplicação da pesquisa. Fica garantida a possibilidade de desistir e de retirar a presente autorização a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão.

Os resultados desta pesquisa são de livre acesso e por tempo indeterminado, e poderão ser divulgadas, serão divulgadas na dissertação de mestrado, e talvez em eventos e/ou publicações em revista da área de ensino, sem a identificação dos voluntários para isso será usado um código, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do participante da pesquisa. Também serão utilizadas as imagens registradas em aula, sem identificação e de forma que não se possam identificar os

participantes. Os materiais para a coleta dos resultados desta pesquisa serão destruídos após 5 anos após o seu término. Nesse período o material impresso ficará de posse da mestranda e guardadas em local seguro, e os digitais ficarão armazenados em um HD externo de posse da orientadora, pesquisadoras responsáveis por essa pesquisa. Esclarecendo ainda que tais armazenamentos ocorrerão de forma que não haja prejuízo de obtenção de novo consentimento para utilização destes dados ou material de pesquisa futuros.

As despesas necessárias para a sua participação na pesquisa serão assumidas pelas pesquisadoras. A sua participação é totalmente voluntária e de forma gratuita. Fica, também, garantida indenização em casos de danos comprovadamente associado ou decorrentes da participação nesta pesquisa.

As dúvidas, caso ainda tenha, sobre os direitos do participante desta pesquisa você poderá ainda contatar o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP). O comitê de ética e pesquisa (CEP) é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, existentes nas instituições que realizam pesquisa que envolve serem humanos no Brasil, e foi criado com o objetivo de proteger os participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro dos padrões de ética (Resolução Nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde-CNE. O Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

Eu, _____ após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com a pesquisadora responsável por aplicar a presente pesquisa, esclarecendo todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro que a participação é voluntária e que este consentimento e a participação podem ser retirados a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos e benefícios deles provenientes e da garantia de confidencialidade (quanto a imagem, materiais de coletas e identificação). Diante do exposto e de espontânea vontade, fica expressa a concordância da minha participação nesta pesquisa, rubricadas todas as páginas e assinando este termo em duas vias, uma das quais me foi entregue.

Assinatura do voluntário

Profa.
Assinatura do responsável pela obtenção do TALE

Colorado, ____ de _____ de 2022.

CONTATOS:

- Profa.
- Profa.
- Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP/UEM) situa-se na Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá - Pr. Telefone: (44) 3011-4597, e-mail: copep@uem.br. A COPEP solicita a gentileza de agendar horário, a fim de evitar aglomerações caso necessite de atendimento presencial.

APÊNDICE B – INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS DOS EXPERIMENTOS



Mestranda: Profa. Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira
Projeto de mestrado - “ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA”

Nome completo

Idade

Série

Parte Experimental – Experimento 1 – Terrário – atividade em casa

- Construa um terrário com materiais fornecidos pela docente, e materiais recicláveis (fornecido no primeiro contato com os alunos);
- Atividade individual.
- Objetivos: verificar o desenvolvimento de plantas ornamentais no mesmo, para a compreensão de Vida em um planeta, incluindo o processo que ocorre em uma estufa;
- Siga o roteiro experimental e faça um relatório do que observou;
- Entregue o relatório na penúltima aula;

1. Tire uma foto da montagem experimental e das plantas, meça o comprimento da mesma e anote;
2. De quanto em quanto tempo você ministrou água, anote o horário;
3. Qual a quantidade de água ministrada a cada vez? Se forem borrifadas utilizando um borrifador, cite quantas borrifadas e o motivo de ter aplicado a água;
4. Qual o comprimento da planta após ...dias?
5. Anote a temperatura em três horários diferentes, todos os dias, anote as informações na Tabela 1.1. Acrescente mais linhas se necessário.

Tabela 1.1 – Dados da temperatura anotados por dia e 3 vezes em 24 horas.

Dia	Horário	T(°C)

6. Qual comportamento você espera que ocorra no seu terrário e com a planta?

7. Anote o que observou de diferente ao que você esperava durante o seu experimento

8. Qual local você deixou o seu terrário e por qual motivo?

9. Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?

10. Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?

11. Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?

Mestranda: Profa. Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira
Projeto de mestrado - "ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA"

Nome completo

Idade

Série

Parte Experimental – Experimento 2 – Dessalinizador - atividade e casa

1. Construir um dessalinizador com material fornecido pela docente
2. Atividade individual –
3. Objetivo(s): para que compreendam como transformar água salgada em potável, que é a água de que necessitamos para sobreviver;
 - Siga o roteiro experimental e faça um relatório do que observou;
 - Entrega do relatório em.....

- 1) Registre com uma foto a sua montagem experimental, identificando o material utilizado;
- 2) Preencha a Tabela 2.1

Tabela 2.1 – Dados informados pelo aluno.

Massa de Sal (g)	
Volume de água inicial (ml)	
Diâmetro do recipiente (cm)	
Profundidade do recipiente (cm)	
Horário inicial	
Horário final	
Tempo de exposição solar	
Temperatura média	
Volume de água potável colhida	
Quantidade final de sal (g)	

2. Anote os dados da temperatura de 30 em 30 minutos e anote na Tabela 2.2, caso necessite coloque mais colunas para preencher.

Tabela 2.2 – Dados da temperatura de 30 em 30 minutos.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)

3. Descreva a cada meia hora o que você observa em seu aparato experimental, se puder registre em fotos.
4. O que você concluiu de seu experimento?
5. Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?
6. Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?
7. Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?



Mestranda: Profa. Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira
 Projeto de mestrado - "ASTROBIOLOGIA, UMA MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA"

Nome completo

Idade

Série

Parte Experimental – Experimento 3 – Energia Solar

- Carrinho movido a energia solar, construído pela docente, e realizar coleta de os alunos dados, como posição variando no tempo (se der tempo). Será utilizado principalmente para estudar energia limpa, e o processo de transformação de energia. E explorar a física envolvida. Atividade conjunta.
- Anotem as observações realizadas de acordo com a orientação docente.

As questões serão questões abertas, de acordo com a curiosidade dos alunos, eles farão as perguntas e essas serão registradas.

1. Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?
2. Qual a velocidade média do carrinho? Preencha a Tabela 3.1, e confeccione o gráfico.

Tabela 3.1 – Dados da posição S(cm) a partir da origem e o respectivo tempo.

S(cm)	t(s)

3. Para uma maior eficiência do carrinho o que você sugere e por qual motivo?
4. Quais tipos de energia você detecta neste experimento? Escreva na ordem de sua transformação.
5. Você acha que há conservação de energia mecânica? Justifique a sua resposta.
6. Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?
7. Como esse experimento de relaciona com os conceitos da Termodinâmica?

APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL

Neste apêndice está apresentado o Produto Educacional para ser utilizado de forma independente ao contido na dissertação para facilitar seu uso e atender as normas do MNPEF/SBF.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL



*Astrobiologia, viajando pela Ciências da Natureza:
a importância de conceitos termodinâmicos em
nosso Universo*

Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira e Hatsumi Mukai

MARINGÁ - PR
Julho, 2023

APRESENTAÇÃO

O presente texto didático-pedagógico foi desenvolvido como o Produto Educacional (PE) da Dissertação de Mestrado (FERREIRA, 2023) sob orientação da Profa. Dra. Hatsumi Mukai apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, na área de concentração: Física/Astronomia (CAPES) e em específico no MNPEF: Formação de professores de Física em nível de mestrado, na linha de pesquisa: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física. Tem por finalidade trabalhar com o processo ensino-aprendizagem dos conceitos básicos envolvidos nas Leis da Termodinâmica, tendo como motivação o tema Astrobiologia.

Foi desenvolvido [PE] em pleno período de pandemia devido ao SARS-CoV-2 em que o isolamento social era mundial. Os docentes tiveram que se adaptar ministrando aulas de forma remota e síncrona de suas residências, posteriormente o ensino passou para a forma híbrida com distanciamento social, em que partes dos alunos iam a escola e os demais assistiam aulas de forma remota de suas residências, e isso ocorria em forma de rodízio entre os alunos. Com o início da vacinação, ainda era obrigatório o uso de máscaras e álcool em gel, aos poucos as aulas puderam ser totalmente presenciais após a aplicação da segunda dose e a dose de reforço liberada em 2022. Portanto, em sua programação consta que pode ser ministrado de duas formas, tanto a remota quanto a presencial. Ressaltando que a implementação ocorreu de forma presencial, a primeira em final de 2021 com distanciamento social e sem troca de materiais e contato entre os alunos. E a segunda um ano após, em novembro de 2022 com todos os participantes vacinados.

Essa proposta surgiu na busca de um tema que fornecesse uma forma diferente de contextualização desses conceitos considerando: a formação da mestranda que é em Ciências e sua busca em um assunto de Física que gostaria de compreender melhor, o público alvo são os alunos do Ensino Fundamental e o componente curricular de Ciências. Além disso, um assunto que permitisse a mestranda usar os conhecimentos que já possui com os novos, adquiridos no componente curricular de Termodinâmica e Mecânica Estatística cursada no MNPEF/UEM. Assim, a escolha do tema além de ser algo recente e multidisciplinar, é a de propor aos alunos o esclarecimento sobre os conceitos básicos envolvidos nas leis da termodinâmica importantes na origem do Universo baseado na Teoria do *Big Bang*, e na consideração de um exoplaneta habitável baseada nos conhecimentos de vida no Planeta Terra.

Utilizou-se como alicerce cognitivo para o processo ensino-aprendizagem a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, considerando os subsunçores, organizadores prévios, e novos os conhecimentos adquiridos, estruturada metodologicamente em uma Sequência Didática (SD) segundo Antoni Zabala. Os recursos didáticos envolvem: análise de textos e de vídeos, o uso de simuladores gratuitos disponíveis na *internet*, principalmente de duas fontes: PhET-*Physics Education Technology* (Universidade de Colorado - https://phet.colorado.edu/pt_BR/) e *Física na Escola – Physics at School* - disponibilizado por Vladimir Vascak (<https://www.vascak.cz/>) e, três experimentos utilizando o procedimento científico relacionados a relação vida, água, calor, temperatura e energia, - sendo esses a construção de um terrário, dessalinizador e carrinho elétrico “movido” a energia solar.

A forma de avaliação proposta envolve a parte observacional baseada na participação dos alunos nas aulas e a quantitativa baseada em questionários aplicados no início, durante a aplicação e no final. Para acompanhar o processo aprendizagem, além da participação dos alunos nos recursos didáticos, sugere-se para avaliação a forma padrão impressa se presencial ou o *google form*[®] se aplicado de forma remota, e o *Kahoot*[®] em forma de *quiz*.

Ressalta-se que o público alvo não é restrito ao ensino fundamental, podendo ser utilizado para aulas do ensino médio e nível universitário, realizando as devidas adaptações nos questionários, textos e experimentos conforme o nível a ser utilizado.

O texto aqui apresentado é em sua grande parte o mesmo do apresentado na referência (FERREIRA, 2023), pois foi elaborado para aplicação e desenvolvimento da dissertação de mestrado, como citado no início desta apresentação. Este PE está disponibilizado no site: http://www.dfi.uem.br/proeducacionais/mnpef/uem_prod.php para *download*. para uso livre desde que a fonte seja devidamente citada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

As autoras.

SUMÁRIO

Introdução	270
1 Aspectos Metodológicos	273
1.1 Sequência Didática (SD).....	274
2 Planos e Desenvolvimento das Aulas	282
2.1 Aula 01 – Aplicação do Questionário Diagnóstico.....	282
2.2 Aulas 02 e 03 – Montagem de Experimentos: terrário e dessalinizador.....	285
2.3 Aula 04 – Vida na Terra e Astrobiologia.....	293
2.4 Aula 05 – Cosmologia: origem do Universo e o Sistema Solar.....	300
2.5 Aula 06 – Termodinâmica;/Termologia.....	309
2.6 Aula 07 – Energia e suas Formas.....	321
2.7 Aula 08 – Formas de Propagação de Calor.....	325
2.8 Aula 09 – Energia Solar e a Vida no Planeta Terra.....	335
2.9 Aula 10 – Experimento 3 – Carrinho “movido” a energia solar.....	339
2.10 Aula 11 – Exoplanetas e o Futuro do Planeta Terra.....	345
2.11 Aula 12 – Verificação do Aprendizado.....	357
2.12 Aula 13 – <i>Feedback</i>	358
Considerações Finais	360
Referências Bibliográficas	361

INTRODUÇÃO

O presente Produto Educacional (PE) é um texto didático complementar ao conteúdo exposto em livros textos de Ciências, mais especificamente para o 9º ano do ensino fundamental, complementadas por abordar a duas primeiras leis da termodinâmica para que os alunos saibam que por trás dos conceitos básicos há uma lei física associada. Além disso, mostrar que esses conceitos são importantes em outras áreas como na Astrobiologia. Nesse texto a proposta é o uso de recursos da mídia eletrônica, como os simuladores, para auxiliar no processo ensino-aprendizagem, além do uso do método científico de experimentos relacionados ao cotidiano dos alunos.

Conforme foi escrito na apresentação deste trabalho, devido à pandemia do vírus²⁶ SARS-CoV-2 (que causa a doença coronavírus 2019 - Covid-19), e o isolamento social durante o ano de 2020 e “parte”²⁷ do ano de 2021, a sua implementação foi aplicada, em formato de oficina pedagógica, primeiramente em uma escola particular no final do ano de 2021, e uma segunda aplicação ocorreu um ano após, em 2022, em um colégio estadual do NRE, ambas de forma presencial. E, como a proposta foi elaborada nos anos de 2020 e 2021, está aqui apresentada para o uso de forma remota e presencial, além disso pode ser aplicada de forma híbrida caso tenham os recursos de transmissão disponíveis.

Como um ano atípico, em 2020, novas formas de trabalhar o processo ensino-aprendizagem foram necessárias, como o uso do *google meet*, o *google sala de aula*, o formulário *google*, além do procedimento para ministrar aulas utilizando tais meios de comunicação. O trabalho *home office*, foi um aprendizado e tanto, pois conciliar as atividades de docência com os particulares, foi uma adaptação que exigiu de todos.

Para maiores detalhes de como foi a implementação e validação do presente produto educacional informamos que ela está apresentada na dissertação de mestrado da referência Ferreira (2023), disponível na *internet* no link: <http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>.

²⁶ *Severe Acute Respiratory Syndrome coronavirus 2* ou Síndrome Respiratória Aguda Grave Coronavirus 2.

²⁷ No momento da elaboração deste PE, as instituições de ensino ainda se encontravam em isolamento social, aguardando a vacina e a forma que o MEC iria orientar os procedimentos a serem adotados.

Como agente motivacional por experiência docente, a proposta é trabalhar com os conceitos fundamentais das Leis da Termodinâmica que também estão contidos na Astrobiologia. O interessante do estudo da Astrobiologia, além de ser multidisciplinar, é a sua vasta abrangência de temas que despertam a curiosidade natural do ser humano, pois se discute, por exemplo, desde a origem do Universo (teoria do *Big Bang*), a questão da habitabilidade em um planeta, seja a do sistema solar, ou fora dele (exoplanetas), saindo do que contém nos livros didáticos. Proporcionando assim, uma justificativa daquele estudo (aplicação dos conceitos físicos) de forma atrativa em assuntos atuais, com o que ele já conhece, predispondo o aluno a compreensão daquele tema.

Conforme citado por Moreira (p.8, 2011) as condições para a aprendizagem significativa:

- 1) *O material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo;*
- 2) *O aprendiz deve apresentar uma predisposição a aprender.*

Ele ainda ressalta que o significado é atribuído pelas pessoas, logo deve estar nelas e não no material. O material somente vai ser significativo se o aluno por meio dele conseguir compreender o seu conteúdo, o que pode não estar no livro texto adotado. E, que esse aprendizado somente vai ocorrer se o aluno conectar o que já sabe com o novo:

“..o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significado a esses conhecimentos. Pode ser simplesmente porque ela ou ele sabe que sem compreensão não terá bons resultados nas avaliações.”
(MOREIRA, 2011, p.8)

Moreira (2021) ainda enfatiza que, quando o aluno não possuir subsunções adequados pode-se fazer uso dos chamados organizadores prévios (O. P.), sendo esses “um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem” (MOREIRA, 2011, p.11). Ele sugere alguns exemplos de O. P.: vídeo, uma leitura introdutória, simulação, uma situação problema, uma demonstração, entre outras. E, ele ainda alerta que nem sempre os O. P. funcionam e nesse caso o melhor é facilitar, promover, a construção desses conhecimentos prévios antes de prosseguir.

Desse ponto de vista a Astrobiologia pode ser colocado não somente como um agente motivacional, e também como um organizador prévio tanto para o docente caso tenha formação em Ciências, como é o caso de uma das autoras deste PE, como para os alunos, sendo que para esses, aplica-se conjuntamente a construção dos conhecimentos prévios.

Este texto está assim organizado: inicialmente apresenta-se os aspectos metodológicos, basicamente a proposta de sequência didática seguindo a seleção de conteúdos segundo Antoni Zabala (ZABALA, 1998). No segundo capítulo estão descritos o plano de aula e seu desenvolvimento de forma individual, em um total de 13 aulas, informando todos os recursos utilizados que podem ser considerados tanto como O.P. ou aplicados para a construção dos conhecimentos prévios, de acordo com o público, objetivando o aprendizado dos principais conceitos das Leis da Termodinâmica, bem como as leis em si. Também possui sugestões de como trabalhar alguns problemas vistos no ensino fundamental que envolvam o conteúdo com a parte algébrica. Os textos utilizados estão apresentados na descrição do desenvolvimento de cada aula e para finalizar, apresenta-se as considerações finais e referências.

1 - ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este material Didático-Pedagógico foi elaborado para ser utilizado como uma forma alternativa às aulas ministradas da forma tradicional em que o foco é o docente, sendo os alunos observadores, caso em que a metodologia de aprendizagem é exclusiva do aluno. A sua forma estrutural é a apresentada na Figura 1.1 em que o docente tem o papel de mediador e o foco está no aluno.

Figura 1.1 – Ilustração da forma estrutural do PE em que o foco é o discente/aprendiz/aluno(a) e o mediador é o(a) Docente/Professor(a).



Na sua elaboração, levou-se em consideração a realidade do aluno e o desenvolvimento de um tema que englobe um conteúdo capaz de despertar, tanto a sua curiosidade quanto a sua motivação em entender o assunto.

Assim, selecionou-se os conceitos fundamentais presentes nas Leis da Termodinâmica, mais precisamente a lei Zero e a Primeira Lei, e também na Astrobiologia. Esses conceitos fundamentais são: temperatura; calor, o que leva ao conceito de trabalho e energia interna; e equilíbrio térmico. No caso do 9º ano do ensino fundamental as Leis da Termodinâmica não são abordadas, e considerou-se importante introduzir para que os alunos saibam que por trás dos conceitos básicos há uma lei física associada. Além disso, que esses conceitos são importantes em outras áreas do conhecimento como na Astrobiologia.

Este capítulo apresenta orientações para a realização da prática pedagógica, baseado na Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel na década de 60. Essa teoria considera o conhecimento prévio do estudante, que denominou de subsunçores para o futuro aprendizado. Leva-se em consideração o uso dos organizadores prévios, e sempre que necessário, eles serão utilizados conectados com o que o aluno tem conhecimento do cotidiano. Por exemplo, ao se trabalhar calor como energia térmica transitando de um corpo de maior temperatura para um de menor temperatura, explora-se a fonte de energia, o Sol; no caso da habitabilidade no planeta Terra, a sua importância; bem como um experimento envolvendo essa energia (energia solar) sendo transformada em energia elétrica, e posteriormente em energia cinética (mecânica).

Os conteúdos selecionados e a metodologia adotada ajudarão o discente a compreender o assunto, levando assim a uma construção do conhecimento. A TAS embora proposta na década de 60 é ainda uma teoria de aprendizagem atual devido a sua abordagem, e concorda com os dizeres de Paulo Freire, que devemos aprender a aprender, aprender a viver e aprender a conviver.

A seguir, segue a sequência didática.

1.1- SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)

Uma sequência didática (SD), é formada por várias atividades interligadas, organizadas para ensinar um conteúdo de forma sequencial. As atividades que fazem parte da sequência didática são ordenadas e articuladas de forma a aprofundar o

objeto de estudo e são diversificadas em relação a estratégias: aula dialogada, simulações computacionais, leitura compartilhada, experimentos, etc. Assim o tema será exposto no decorrer de um conjunto de aulas, consolidando a aquisição de novos conhecimentos.

Uma das maiores referências no assunto, o filósofo Antoni Zabala, é formado em Filosofia e Ciências da Educação pela Universidade de Barcelona, sendo considerado um especialista em pedagogia e educação e um dos maiores pesquisadores dos fundamentos do construtivismo escolar. Para Zabala (1998, p. 18), “uma sequência didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor”.

Nessa perspectiva, a SD apresentada neste trabalho, teve a participação dos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio, e contou com a realização de atividades diversificadas, objetivando abordar conceitos fundamentais da Termodinâmica, tendo como motivação a Astrobiologia. Como descreve Brasil (2012), as sequências são instrumentos muito importantes para a construção do conhecimento:

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p. 21)

Em suma, cabe ao professor o papel de transmissor e mediador das atividades propostas na SD, visando uma aprendizagem contextualizada e significativa, levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos, bem como a aquisição e construção de novas concepções relacionadas a temática desenvolvida.

Zabala (1998) propõem que se considere quatro conteúdos de aprendizagem: factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais, de forma a responder as seguintes questões: “o que se deve saber?”, “o que se deve fazer?” e “como se deve ser?”:

- **Factuais:** utilizar fatos do cotidiano, bem como o tema Astrobiologia para despertar nos alunos o interesse pela Física, mais precisamente pela Termodinâmica.

- **Conceituais:** compreender os conceitos e leis envolvidos na Termodinâmica como: Temperatura, Calor, Equilíbrio Térmico, a Lei Zero e Primeira Lei, por meio do Tema Astrobiologia.
- **Procedimentais:** utilizar simuladores de uso livre disponíveis na *internet*, três experimentos relacionados ao tema, e um jogo lúdico por meio de um *quiz*, para relacionar o conteúdo teórico com a experimentação (por simuladores e *in loco*, neste caso trabalhar os dados experimentais em um deles)
- **Atitudinais:** possibilitar uma reflexão sobre a importância da termodinâmica no cotidiano e em temas científicos e do papel da experimentação na aprendizagem de Física.

Dentro dessa estrutura, neste trabalho foi proposto uma sequência didática conforme descrito no Quadro 1.1. Considerou-se um total de 13 aulas, sendo necessário aproximadamente 4 semanas para os locais com 3 aulas semanais de 50 minutos cada, e caso seja muito tempo, sugere-se aplicar parte do conteúdo em contraturno por meio de aulas síncronas via *google meet* (foi o sistema disponibilizado pelo governo durante a pandemia do SARSCoV 2, ficando livre o uso de qualquer outro sistema similar) ou até presencial.

Em relação ao conteúdo, embora tenha sido elaborado em uma forma sequencial para sua assimilação de forma aditiva, há a possibilidade de ministrar a parte que seja adequada a qualquer momento, e se necessário, introduzir o que os alunos desconhecem como organizadores prévios.

São sugeridos textos auxiliares no decorrer das aulas como organizadores prévios ou reforço ao assunto tratado no momento.

Quadro 1.1 – Proposta da Sequência Didática para a aplicação do PE para explorar os conceitos da Termodinâmica. O sistema para aulas síncronas de forma remota fica a critério do leitor.

Dados de identificação da Instituição Concedente	
Nome da escola: _____	
Docente responsável: _____	
Série _____	
Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos). Período: _____	
Nº da aula – 01	
Conteúdo – Termodinâmica e Astrobiologia	
Objetivos	Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Astrobiologia e Termodinâmica

Continua.....

Recursos	- Se presencial - Folhas impressas com um questionário diagnóstico sobre Astrobiologia e Termodinâmica. - Via acesso remoto - Questionário diagnóstico via <i>google form</i> (formulário <i>google</i> ou outro similar) sobre Astrobiologia e Termodinâmica
Metodologia	1º momento - Explicar o questionário que será entregue. 2º momento - Entregar/Enviar para cada aluno um questionário diagnóstico sobre Astrobiologia e Termodinâmica.
Avaliação	Análise do questionário e também por meio de observação do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 02 e 03	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira individual e coletiva, por meio da construção de terrários e dessalinizadores, para que possam observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.
Recursos	- Se presencial - Folhas impressas com instruções para a montagem dos experimentos e um de coleta de dados. - Via acesso remoto - Arquivo disponibilizado pelo <i>Google</i> sala de aula.
Metodologia	1º momento - Explicar sobre o “método” científico para cada experimento. 3º momento - Leitura das instruções para a montagem dos experimentos. 3º momento - Explicar sobre a entrega da conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do “método” científico para a elaboração do relatório.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 04	
Conteúdo – Astrobiologia	
Objetivos	Apresentar a Astrobiologia como uma disciplina promotora da prática multidisciplinar.
Recursos	- Se presencial - Apresentação em slides via <i>datashow</i> ou TV multimídia. - Via acesso remoto, e um computador - Apresentação <i>slides por meio do google</i> sala de aula. - Acesso à <i>internet</i> . O material ficará disponibilizado para <i>download</i> no <i>google</i> sala de aula
Metodologia	1º momento - Apresentar os textos sobre Astrobiologia (Textos 1 e 2). 2º momento - Leitura e discussão dos textos.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 05	
Conteúdo – Astrobiologia - Cosmologia: Origem do Universo	
Objetivos	Compreender a teoria <i>Big Bang</i> para origem do Universo. Conhecer os planetas do Sistema Solar
Recursos	- Se presencial ou Via acesso remoto: computador, - <i>Datashow</i> ou TV multimídia e os vídeos: - <i>O Universo - Além do Big Bang–History Channel</i> e <i>Viajando pelo Sistema Solar</i> . - Acesso à <i>internet</i> . - Simuladores computacionais apresentados por meio do <i>datashow</i> ou TV multimídia ou <i>google</i> sala de aula, ou ainda o uso de <i>smartphones</i> .
Metodologia	1º momento - Visualização dos 10 primeiros minutos do vídeo: O Universo – além do Big Bang – <i>History channel</i> – disponível em: < https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD > (dublado em português). Tempo total do vídeo: 1h30min51s.

Continua...

	<p>2º momento - Visualização do vídeo – Viajando pelo Sistema solar – disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zLFvrurSef8> em português -Tempo total do vídeo: 14min45s.</p> <p>3º momento - Discussão sobre os vídeos.</p> <p>4º momento - Atividade com o uso de simulador <i>Física na Escola</i> https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt</p> <p>Como os vídeos podem ficar indisponíveis apresentam-se três textos auxiliares referentes aos assuntos dos vídeos.</p>
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 06	
Conteúdo – Termodinâmica/Termologia	
Objetivos	<p>Conceituar temperatura (Lei zero da Termodinâmica), calor, equilíbrio térmico.</p> <p>Compreender as mudanças de estado físico da água.</p> <p>Relacionar tais conceitos com a habitabilidade em um planeta.</p>
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Se presencial: quadro de giz e livro didático - Via acesso remoto: editor de texto e livro didático. - Acesso à <i>internet</i>. - Computador e <i>smartphones</i> para os simuladores.
Metodologia	<p>1º momento - Leitura do texto sobre calor, temperatura e as mudanças de estado físico da água presentes no livro didático: CARNEVALLE, M. R. Araribá mais Ciências: 9º ano - 1.ed. - São Paulo: Moderna, 2018. – Os conteúdos também foram elaborados e estão apresentados na descrição do desenvolvimento da aula.</p> <p>2º momento - Explanar sobre os conteúdos: a Lei zero da Termodinâmica e Escalas termométricas.</p> <p>3º momento - Atividades com o uso de simuladores: “escala de temperatura” <i>Física na Escola</i> https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt e “formas de energia e transformações-introdução” e “estados da matéria – mudança de fase” do PhET (Universidade de Colorado - https://phet.colorado.edu/pt_BR/)</p>
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 07	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Compreender os principais aspectos sobre o conceito de Energia no âmbito da Termodinâmica, sabendo relacionar com a Primeira lei da Termodinâmica.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Se presencial: Folhas impressas com textos sobre energia e suas formas. - Via acesso remoto: Arquivo disponibilizado pelo <i>Google</i> sala de aula. Simuladores computacionais via <i>datashow</i> ou TV multimídia ou <i>Google</i> sala de aula.
Metodologia	<p>1º momento - Leitura do Texto 3 - Energia e suas formas</p> <p>2º momento - planar o conceito de trabalho e energia, presentes na Primeira Lei da Termodinâmica e sua associação com o Princípio da conservação de energia.</p> <p>3º momento - Atividade com o uso de simulador “formas de energia e transformações - sistemas” PhET (Universidade de Colorado - https://phet.colorado.edu/pt_BR/).</p>
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Nº da aula – 08	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Diferenciar as formas de propagação de calor.
Recursos	- Se presencial - Folhas impressas com o Texto 4 sobre as formas de propagação de calor. - Via acesso remoto - Arquivo disponibilizado pelo <i>Google</i> sala de aula. Simuladores computacionais via <i>datashow</i> ou TV multimídia ou <i>Google</i> sala de aula.
Metodologia	1º momento - Leitura do Texto 4 - Formas de propagação de calor. 2º momento - Atividade com o uso do aplicativo Kahoot® (https://kahoot.com/); 3º momento - Atividades com o uso de simuladores: “Transferência e energia por condução”; “Transferência de energia por convecção” e “Transferência de Energia por radiação” do <i>Física na Escola</i> < https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt >.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 09	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Compreender a produção e emissão de energia solar e a sua importância para a conservação da vida na Terra.
Recursos	- Se presencial - Folhas impressas com o Texto 5 sobre produção e emissão de energia solar. - Via acesso remoto: computador, arquivo disponibilizado pelo <i>Google</i> sala de aula por meio do <i>datashow</i> , ou TV multimídia.
Metodologia	1º momento - Leitura do Texto 5. 2º momento - Discussão sobre os conteúdos apresentados.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes nas atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 10	
Conteúdo – Termodinâmica	
Objetivos	Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira coletiva, por meio da construção de carrinho movido a energia solar, para que possam observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.
Recursos	- Se presencial - Folhas impressas com instruções para a montagem do experimento - Via acesso remoto - Arquivo disponibilizado pelo <i>Google</i> sala de aula ou outro sistema semelhante.
Metodologia	1º momento - Montagem do carrinho movido a energia solar pelo professor. 2º momento - Apresentação do funcionamento do experimento. 3º momento - Conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do “método científico”.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 11	
Conteúdo – Exoplanetas e o Futuro do Planeta Terra	
Objetivos	Discutir a existências de exoplanetas e o futuro do planeta Terra.
Recursos	- Se presencial ou Via acesso remoto: Computador, <i>Datashow</i> ou TV multimídia ou um computador e sistema de transmissão, e vídeos: 7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos e Detectando Exoplanetas.

Continua...

Metodologia	1º momento - Visualização do vídeo: 7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos, por Stephen Hawking https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8 Tempo total: 11min58s. 2º momento – Visualização do vídeo: Detectando Exoplanetas. https://www.youtube.com/watch?v=upKY2QqxPLI Tempo total: 9min35s. 3º momento - Discussão sobre os vídeos. Caso seja necessário são apresentados na parte da descrição das aulas, textos auxiliares sobre os assuntos dos vídeos.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 12	
Conteúdo – Termodinâmica e Astrobiologia	
Objetivos	Verificar o aprendizado dos conteúdos trabalhados
Recursos	- Se presencial - Folhas impressas com um questionário avaliativo sobre Astrobiologia e Termodinâmica. - Via acesso remoto - Questionário avaliativo por meio do formulário <i>google</i> sobre Astrobiologia e Termodinâmica
Metodologia	1º momento - Recolher os relatórios dos experimentos. 2º momento - Escrever um texto sobre os conteúdos trabalhados durante a aulas. 3º momento – Reaplicação do Questionário.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Nº da aula – 13	
Conteúdo – <i>Feedback</i> aos/dos alunos.	
Objetivos	Receber um retorno(<i>feedback</i>) dos alunos sobre o PE aplicado e também dar um retorno a eles.
Recursos	- Se presencial - Folhas sulfites para que os alunos escrevam sobre o PE aplicado, pontos positivos e negativos. Apresentação em <i>slides</i> por meio de <i>datashow</i> . - <i>Computador</i> . - Via acesso remoto - retorno por meio do formulário <i>google</i> . Apresentação <i>slides</i> por meio do <i>google sala de aula</i> . O material ficará disponibilizado para <i>download</i> no <i>google sala de aula</i> .
Metodologia	1º momento - Receber um retorno dos alunos sobre o PE. 2º momento – Dar um retorno aos alunos da evolução dos mesmos, em relação a comparação dos questionários diagnóstico e avaliativo, e também por meio de observações do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.
Avaliação	Participação e envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021

A presente proposta, em relação a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), apresenta como base as seguintes habilidades:

EM13CNT101 - Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

EM13CNT102 - Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, com base na análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas e da composição dos sistemas naturais e tecnológicos.

EM13CNT103 - Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.

(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(BRASIL, 2018, p.541 e 543).

Lembrando que, a BNCC é um documento que define os direitos de aprendizagem de todos os alunos do Brasil, como regula o Plano Nacional de Educação (PNE). Isso significa que todos os estudantes, independente da sua região, devem aprender as mesmas competências e habilidades ao longo das etapas da Educação Básica. De acordo com a BNCC:

Competência é definida como mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioeconômicas), atitudes e valores, para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, 2018, p. 8).

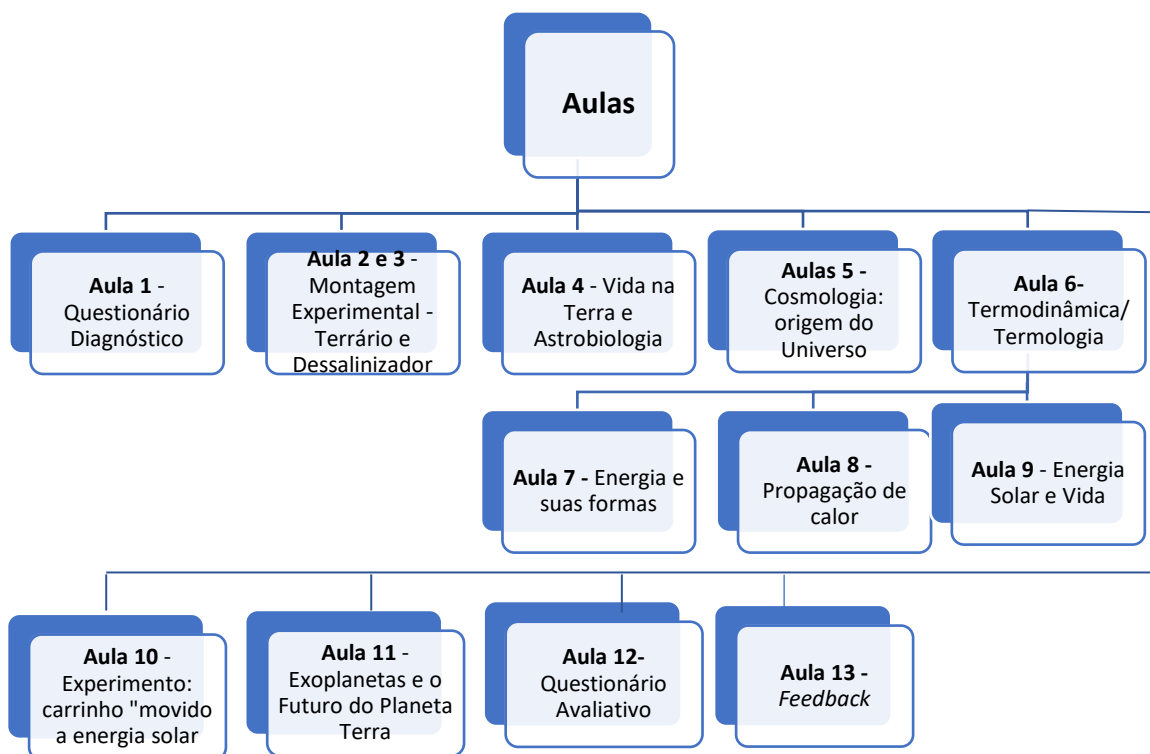
Sendo parâmetro nacional para a elaboração de currículos em escolas municipais, estaduais ou particulares, espera-se que a BNCC ajude a unificar as políticas educacionais e seja indicadora da qualidade de ensino no país.

Ainda na BNCC, o componente curricular de Ciências apresenta três unidades temáticas: Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. No presente PE, a unidade temática apresentada com maior ênfase será Matéria e Energia, que contempla o estudo de conceitos termodinâmicos e sua importância no papel do equilíbrio termodinâmico para a existência e manutenção da vida na Terra, e contempla de forma indireta as outras duas temáticas.

2 - PLANOS E DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

Neste capítulo estão apresentadas cada aula e o conteúdo a ser trabalhado de forma detalhada. A sua estrutura é a apresentada na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Organograma da estrutura do conteúdo a ser abordado em cada aula da aplicação do PE.



Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

2.1 Aula 01 - Aplicação do Questionário Diagnóstico

No Quadro 2.1 está apresentado o Plano de Aula da Aula 01.

Quadro 2.1 – Descrição do plano de aula da Aula 01.

Dados de identificação da Instituição Concedente	
Nome da escola _____	
Série _____	
Duração: 1 hora/aula (50 minutos).	Período: _____
Conteúdo - Astrobiologia e Termodinâmica	

Objetivos - Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Astrobiologia e Termodinâmica.

Local - sala de aula

Organização dos estudantes – individual – carteiras alinhadas.

Recursos - Folhas impressas com um questionário diagnóstico sobre Astrobiologia e Termodinâmica.

Metodologia:

1º momento - Explicar o questionário que será entregue.

2º momento - Entregar para cada aluno um questionário investigativo sobre Astrobiologia e Termodinâmica.

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 01

Aplicar o questionário diagnóstico, o modelo está descrito no Quadro 2.2, a fim de avaliar os conteúdos prévios (subsunçores) que os alunos possuem sobre os temas: Termodinâmica e Astrobiologia. Para isso, leia com eles as instruções, e de que este questionário será utilizado para detectar os conhecimentos prévios e o resultado será utilizado nas futuras aulas.

As respostas corretas são as destacadas em cor azul.

Quadro 2.2 – Modelo do questionário diagnóstico com a finalidade de avaliar os conteúdos prévios sobre Termodinâmica e Astrobiologia.

Questionário Diagnóstico	
Nome completo	_____
Idade	_____
Série	_____
INSTRUÇÕES – Questionário Diagnóstico	
Esta atividade será utilizada para fazer um levantamento do conhecimento prévio de cada um; Leia com atenção o enunciado e escolha somente uma	
1) A Astrobiologia estuda a origem, evolução e futuro da vida no Universo.	
a) sim.	
b) não.	
c) não sei.	

Continua...

02) Atualmente a teoria do *Big Bang* é a mais aceita pela comunidade científica para explicar a origem do Universo.

a) **sim.**

b) não.

c) não sei.

3) Exoplanetas são planetas que se encontram dentro do Sistema Solar.

a) sim.

b) **não.**

c) não sei.

Comentário: ao contrário o termo “exo” significa externo a algo.

4) O Sol é a fonte primária de energia responsável por gerar luz e calor necessários para a manutenção da vida na Terra.

a) **sim.**

b) não.

c) não sei.

5) A energia solar é um dos fatores que permitem que a água esteja em um estado líquido aqui na Terra, o que é vital para o nosso planeta.

a) **sim.**

b) não.

c) não sei.

6) Quando a água passa do estado líquido para o estado gasoso suas moléculas ficam mais agitadas, aumentando a desordem das partículas.

a) **sim.**

b) não.

c) não sei.

7) Calor é definido como uma forma de energia em trânsito. Esta energia em trânsito tem um sentido único: é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

a) **sim.**

b) não.

c) não sei.

8) A energia produzida pelo Sol (calor) é transmitida para a Terra por meio de um processo chamado condução.

a) sim.

b) **não.**

c) não sei.

Comentário: o processo é chamado de radiação.

9) A energia proveniente do Sol pode ser convertida em outros tipos de energia como a energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas.

a) **sim.**

b) não.

c) não sei.

10) A energia que chega à Terra vinda do Sol pode assumir diferentes formas durante esse fluxo, e ela nunca é criada ou destruída, apenas transformada. A sua quantidade total permanece constante.

a) sim.

b) **não.**

c) não sei.

Comentário: a quantidade total de energia que é transformada não provém somente do Sol, mas envolve outras fontes cósmicas. (Roque, A., Aula 22 - USP: <http://sisne.org/Disciplinas/Grad/Fisica2FisMed/aula22.pdf>).

Continua...

11) Um objeto A, à temperatura de 200°C e um objeto B, à temperatura de 20°C são postos em contato, com o passar do tempo, a temperatura do objeto A diminui enquanto que a temperatura do objeto B aumenta, até que ambos atinjam a mesma temperatura.

a) sim.

b) não.

c) não sei.

12) Um copo de água gelada e um copo de água quente colocados sobre a bancada da cozinha por algumas horas, atingirão o equilíbrio térmico com o ambiente, quando todos os 3 atingirem a mesma temperatura. E, esse conceito (Eq. Térmico) está relacionado a Lei Zero da Termodinâmica.

a) sim.

b) não.

c) não sei.

13) A primeira lei da Termodinâmica é uma espécie de Lei de conservação de Energia, esta relaciona o trabalho, calor e energia interna em um sistema termodinâmico.

a) sim.

b) não.

c) não sei.

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

O(A) docente após sua correção, poderá diagnosticar quais são os subsunçores que os alunos possuem ligados ao tema, para direcionar as próximas aulas. Esse processo é importante, pois mesmo com os planos de aula prontos, dependendo do resultado o professor pode auxiliar os alunos com o uso de organizadores prévio, citado na introdução, conforme previsto na Teoria de Aprendizagem de Ausubel (MOREIRA, 2011).

2.2 - Aulas 02 e 03 - Montagem Experimental: terrário e dessalinizador

No Quadro 2.3 estão apresentadas o Plano de Aula das aulas 02 e 03.

Quadro 2.3 – Descrição do Plano de Aula das aulas 02 e 03.

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola: _____

Série _____

Tempo da aula: 2 horas/aula (50 minutos cada aula).

Período:

Conteúdo: Termodinâmica

Objetivos: Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira individual e coletiva, por meio da construção de terrários e dessalinizadores, para que possam observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.

Local: sala de aula ou laboratório se houver na escola.

Organização dos alunos: esta atividade pode ser individual ou em duplas. No caso de ser em dupla, dividir o tempo em que os experimentos ficarão sobre sua responsabilidade.

Recursos: Folhas impressas com instruções para a montagem dos experimentos e materiais para cada montagem.

Metodologia:

1º momento - Explicar o método científico para cada experimento.

3º momento - Leitura das instruções para a montagem dos experimentos.

3º momento - Explicar sobre a entrega da conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do “método” científico.

Avaliação: a avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento das Aulas 2 e 3

Iniciar a aula explicando que o método científico conforme citado por muitos autores, entre eles Gil (2008) e principalmente na *internet* como Lima [s.d.] e Cerizze (2021), não é uma receita, ela traz etapas que o pesquisador pode considerar ao realizar uma pesquisa, e não é fechada, conforme discutido por Moreira e Ostermann (1993):

[...] o método científico não é uma receita, uma seqüência linear de passos que necessariamente conduz a uma descoberta ou, pelo menos, a uma conclusão ou a um resultado. Na prática, muitas vezes, o cientista procede por tentativas, vai numa direção, volta, mede novamente, abandona certas hipóteses porque não tem equipamento adequado, faz uso da intuição, dá chutes, se deprime, se entusiasma, se apegando a uma teoria. Enfim, fazer ciência é uma atividade humana, com todos os defeitos e virtudes que o ser humano tem, e com muita teoria que ele tem na cabeça. Conceber o método científico como uma seqüência rigorosa de passos que o cientista segue disciplinadamente é conceber de maneira errônea a atividade científica. (MOREIRA e OSTERMANN,1993, p.114).

No sentido de que os alunos tenham uma orientação sobre esse procedimento que é muito adotado nas escolas e disponíveis na *internet* intitulado como “etapas do método científico”, colocaremos a seqüência de itens, Quadro 2.4 – Texto 1, e orientando como um direcionamento para a confecção do relatório e não como um método fechado.

Quadro 2.4 – Etapas a serem seguidas para elaboração do relatório.

Texto 1 – Etapas para auxiliar na elaboração do relatório.

Para a elaboração do relatório sugere-se que os alunos sigam as seguintes etapas durante o período de execução experimental, e que não fiquem engessados a esses itens.

1º - Observação (do método)

Envolve a coleta de informações qualitativas ou quantitativas sobre o fenômeno. O pesquisador deve olhar para o que precisa ser respondido e buscar mais informações sobre a situação fazendo uma pesquisa bibliográfica.

2º - Elaboração do problema (fase do questionamento)

Nesta etapa, o pesquisador elabora perguntas do objeto (fenômeno, material) de pesquisa, tais como: *Por que e como esse fenômeno ocorre? Quais são os fatores influenciaram? Como é possível descrevê-lo?*

3º - Hipóteses

É a etapa em que o pesquisador responde às perguntas do item anterior. Ao fazer o levantamento das hipóteses baseados em seus subsunçores, ou em pesquisas bibliográficas, o levará ao primeiro passo do próximo item.

4º - Experimentação

Nesta etapa, realiza-se os experimentos e desenvolvimento do trabalho de pesquisa considerando as hipóteses, em busca das respostas.

5º - Análise dos resultados

Após obter os resultados nesta etapa realiza-se a análise de cada resultado se são coerentes com o que já se conhece, ou com as hipóteses levantadas no passo 3. Caso não sejam satisfatórios, faz-se o levantamento de novas hipóteses realizando nova coleta de dados ou informações. Se forem satisfatórios segue-se para a conclusão.

6º - Conclusão(ões)

A(s) conclusão(ões) é a etapa em que o pesquisador verifica se os experimentos e pesquisas respondem às hipóteses de forma que seja possível afirmar algo. Essas afirmações denominam-se de teoria, se o resultado de um experimento for reprodutível pode conduzir a uma lei. Isso quando for algo inédito, caso contrário a conclusão deve ser escrito comparando com o que já existe.

Exemplos de Fontes que citam como “etapas do método científico” – MENEZES, [s. d.] <<https://www.todamateria.com.br/metodo-cientifico/>>; LIMA, [s.d.] <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/metodo-cientifico.htm>>; CERIZZE, 2020 <<https://blog.enem.com.br/entenda-como-funciona-o-metodo-cientifico/>>.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021

Como os experimentos do Terrário e Dessalinizador os alunos levam um tempo a mais para observar o processo ocorrido, sugere-se entregar o material e os roteiros nessa aula. Portanto, para que os alunos possam executar o experimento e elaborar o relatório por meio de uma orientação inicial do que fazer, foi utilizado o texto e etapas do Quadro 2.4, e entregar aos alunos o roteiro apresentado no Quadro 2.5 para a execução do experimento do Terrário.

Quadro 2.5 – Roteiro do experimento 01 – TERRÁRIO.

<p style="text-align: center;">Experimento 01 – Terrário Baseado em Magalhães (2016).</p> <p>Materiais Utilizados: Muda de planta (suculentas) e sementes (alpiste, feijão). Terra vegetal, areia, cascalho, carvão vegetal triturado (evita odor e que as raízes deterioreem). Água. Termômetro (para medir a temperatura). 1 pote de vidro ou garrafa PET de 2 litros (recipiente para o terrário).</p> <p>Objetivos - Construir um terrário para simular uma mini biosfera, possibilitando a observação e a análise dos fatores abióticos presentes e essenciais a sobrevivência dos seres vivos, como: o solo, a água, o ar e a luz. - Reproduzir um ambiente natural que será observado por um determinado período, verificando o desenvolvimento dos seres vivos em seu interior, enfatizando a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.</p> <p>Metodologia Os alunos farão a montagem dos terrários em suas casas de forma individual seguindo os procedimentos e deverão deixar expostos em um ambiente que tenha incidência solar para que possam observar o seu desenvolvimento por 10 dias.</p> <p>Montagem Experimental e Procedimentos a) Primeiramente cortar a garrafa PET próxima a extremidade do topo. b) Colocar uma camada de aproximadamente três centímetros de cascalho, em seguida cobrir com 1 cm de carvão vegetal, 2 cm de areia e por último uma camada de 4 cm de terra vegetal. c) Plantar a muda ou sementes, regar o suficiente sem encharcar o solo. d) Fixar o termômetro dentro do pote e tampar o terrário. e) Aguardar a adaptação e o desenvolvimento das plantas por 10 dias.</p>

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021

Na Figura 2.2 apresenta-se uma montagem experimental de um terrário como resultado da aplicação feita por uma das autoras do presente trabalho.

Figura 2.2 – Imagem fotográfica da montagem experimental do experimento terrário.



Fonte: arquivos de M. S. F. Ferreira, 2021

Entregar o instrumento de coleta de dados apresentado no Quadro 2.6. Este roteiro foi criado após a primeira aplicação, pois para a avaliação do comitê de ética deveria ter esse instrumento, e também por ter detectado que houve uma dificuldade na redação e avaliação do relatório entregue pelos alunos na primeira aplicação baseado no conteúdo do Quadro 2.5, e com um guia o resultado foi bem mais proveitoso, pois houve um acompanhamento do processo ocorrido.

Quadro 2.6 – Etapas do relatório pré-definidos sobre o experimento do terrário.

Nome completo _____
Idade _____
Série _____
Parte Experimental – Experimento 1 – Terrário – atividade em casa
<ul style="list-style-type: none">• Construa um terrário com materiais fornecidos pela docente, e materiais recicláveis (fornecido no primeiro contato com os alunos);• Atividade individual.• Objetivos: verificar o desenvolvimento de plantas ornamentais no mesmo, para a compreensão de Vida em um planeta, incluindo o processo que ocorre em uma estufa;• Siga o roteiro experimental e faça um relatório do que observou;• Entregue o relatório na penúltima aula;

1. Fotografe a sua montagem experimental incluindo as plantas, meça o comprimento da mesma e anote:
2. De quanto em quanto tempo você ministrou água, anote o horário;
3. Qual a quantidade de água ministrada a cada vez? Se forem borrifadas utilizando um borrifador, cite quantas borrifadas e o motivo de ter aplicado a água;
4. Qual o comprimento da planta após ...dias? O docente deve informar aos discentes, por depender do tempo disponível de execução experimental. Sugere-se de 7 em 7 dias se por 28 dias;
5. Anote a temperatura em três horários diferentes, todos os dias, anote as informações na Tabela 1.1. Acrescente mais linhas se necessário.

Tabela 1.1 – Dados da temperatura anotados por dia e 3 vezes em 24 hora.

Dia	Horário	T(°C)

6. Qual comportamento você espera que ocorra no interior de seu terrário e com a planta?
7. Anote o que observou de diferente ao que você esperava durante o seu experimento
8. Qual local você deixou o seu terrário e por qual motivo?
9. Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?
10. Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?
11. Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?

Fonte: elaborado pelas autoras, 2022.

Neste mesmo dia entregar o roteiro o experimento 2 sobre o dessalinizador como a do apresentado no Quadro 2.7. Esse equipamento, para mais funções é também conhecido como destilador solar, utilizado para eliminar impurezas, bactérias e tornar a água potável.

Quadro 2.7 – Roteiro sobre o experimento 2 - dessalinizador.

Experimento 2 – Dessalinizador ou Destilador Solar

Referência: baseado em Sarmiento *et al.*, 2021.

Materiais Utilizados:

- Água filtrada
- Sal refinado.

- Filme plástico
- Garrafa PET 2 litros
- 1 colher das de sopa para usar como medida e para misturar e dissolver o sal na água;

Objetivos:

- Utilizar meios de baixo custo e de fácil acesso;
- Obter água doce a partir de água salobra ou salina²⁸ por meio da incidência de energia solar.

Metodologia

Os alunos farão a montagem dos dessalinizadores em suas casas de forma individual seguindo os procedimentos e deverão deixar expostos em um ambiente que tenha incidência solar para que possam observar o seu desenvolvimento por 2 horas.

Procedimento

- Fazer um recipiente aberto a partir da garrafa PET de 2L, cortando a extremidade perto do topo;
- Preencher o conteúdo da garrafa com 750 ml de água filtrada;
- Dissolver uma colher (das de sopa – medidora têm 15 ml) de sal²⁹ (18,3 g) na água (caso queira uma água salina colocar 1 colher e meia das de sopa de sal para a mesma quantidade de água);
- Vedar a garrafa com o filme transparente, de forma que não haja entrada de ar (se for preciso, prenda com fita adesiva);
- Expor a garrafa ao Sol por 2 horas;
- Observar a superfície do filme plástico;
- Retire o filme plástico com cuidado e recolha a água em um outro recipiente;
- Experimentar o líquido da superfície do filme plástico.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Na Figura 2.3 (a) apresenta-se a montagem experimental do experimento 2 do dessalinizador. Uma proposta alternativa é utilizar o esquema da Figura 2.3 (b) que

²⁸ Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB-SP- de autoria Roseli Pereira, 2017 – A água é classificada como salina a que possui uma concentração acima de 30 partes por mil como no caso da água do mar. E água salobra, a que possui entre 0,5 a 30 partes em mil. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/03/20/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua/#:~:text=%C3%81gua%20salobra%3A%20%C3%A1gua%20com%20salinidade,ser%20consumida%20pelo%20ser%20humano.> Acesso em: 24 nov. 2023,

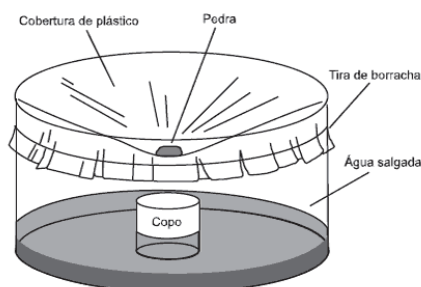
²⁹ <https://conversor-de-medidas.com/culinaria-vm/--1--colher-de-sopa-de-sal-de-cozinha-em-grama>. Acesso em: 24 nov. 2023.

será mais fácil coletar a água doce. Para isso insira um copo de vidro dentro da garrafa pet e a água salgada em volta, e coloque uma pedra ou esfera tal que o filme consiga sustentar.

Figura 2.3 – (a) Imagem fotográfica do experimento dessalinizador feito pela Profa. Marisa uma das autoras do presente trabalho, e em (b) sugestão para facilitar a coleta de água doce



(a)



(b)

Fonte: (a) arquivos de M. S. F. Ferreira, 2021, e (b) <<https://www.mochileiros.com/topic/16689-sobreviv%C3%A2ncia-como-dessalinizar-%C3%A1gua-do-m>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

O Instrumento de coleta de dados a utilizar como um roteiro do relatório é o apresentado no Quadro 2.8.

Quadro 2.8 – Etapas do relatório pré-definidos sobre o experimento do dessalinizador.

Nome completo _____
 Idade _____
 Série _____

Parte Experimental – Experimento 2 – Dessalinizador - atividade de casa

1. Construir um dessalinizador com material fornecido pela docente
2. Atividade individual –
3. Objetivo(s): para que compreendam como transformar água salgada em potável, que é a água de que necessitamos para sobreviver;
 - Siga o roteiro experimental e faça um relatório do que observou;
 - Entrega do relatório em ____/____/____.

1.Registre com uma foto a sua montagem experimental, identificando o material utilizado;

2.Preencha a Tabela 1

Tabela 1 – Dados informados pelo aluno.

Massa de Sal (g)	
Volume de água inicial (ml)	
Diâmetro do recipiente (cm)	
Profundidade do recipiente (cm)	
Horário inicial	
Horário final	
Tempo de exposição solar	
Temperatura média	
Volume de água potável colhida	
Quantidade final de sal (g)	

3. Anote os dados da temperatura de 30 em 30 minutos e anote na Tabela 2, caso necessite coloque mais linhas para preencher.

Tabela 2 – Dados da temperatura de 30 em 30 minutos.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)

4. Descreva a cada meia hora o que você observa em seu aparato experimental, se puder registre em fotos.

5. O que você concluiu de seu experimento?

6. Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?

7. Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?

8. Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?

Fonte: elaborado pelas autoras, 2022.

Para o fechamento das aulas avisar os alunos que os relatórios dos Experimentos 1 e 2 deverão ser entregues na penúltima aula prevista na sequência didática, para que se tenha tempo de dar um retorno aos alunos sobre os experimentos e sobre o relatório. E tirar as possíveis dúvidas que tiveram em relação as aulas 1,2 e 3.

2.3 - Aula 04 - Vida na Terra e Astrobiologia

No Quadro 2.9 está apresentado o Plano de Aula da aula 04.

Quadro 2.9 – Descrição do Plano de Aula da aula 04.

Dados de identificação da Instituição Concedente	
Nome da escola _____	
Série _____	
Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos).	Período: _____
Conteúdo - Astrobiologia	
Objetivos - Apresentar a Astrobiologia como uma disciplina promotora da prática interdisciplinar e transdisciplinar.	
Recursos - Apresentação em slides via <i>datashow</i> ou TV multimídia; Computador.	
Metodologia:	
1º momento - Discussão sobre a Vida na Terra e sua manutenção, e os textos sobre Astrobiologia.	
2º momento - Leitura e discussão dos textos.	
Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.	

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 04

Nesta aula, primeiramente faz-se uma explanação dos parâmetros principais para ter Vida na Terra.

➤ **Vida na Terra**

Para que haja Vida em planetas, primeiramente vejamos o que diz a literatura (Farias e Barbosa, 2017), quais parâmetros são necessários para que o mesmo ocorra e o que é uma zona habitável.

O que se sabe para que um planeta seja habitável? A chamada habitabilidade instantânea (existência de pelo menos um ser vivo), requer alguns parâmetros como:

- A principal é água líquida, que está relacionada à temperatura do local, e esta, relacionada à fonte de calor.
- Energia disponível para a reprodução, crescimento e manutenção de organismos vivos;
- Existência de pelo menos os seguintes elementos químicos: Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre.

Para manter o local habitável, a distribuição da água líquida deve existir não somente na superfície do planeta, e no seu interior também. No caso do planeta Terra o que mantém a água na sua superfície é a combinação da energia solar em maior grau (devido a sua distância em relação ao Sol) com o seu aquecimento interno.

Quando um planeta preserva as condições da habitabilidade instantânea é conhecido por habitabilidade contínua, nesse caso leva-se em consideração o tempo da existência de água líquida no corpo celeste (milhões de anos).

Assim, os astrobiólogos trabalham para definir quais fatores permitem a existência de água líquida e fotossíntese, na qual Farias e Barbosa (2017) classificam como planetários e astronômicos:

Fatores planetários: 1. massa/densidade: influencia na composição atmosférica, determinando a perda ou a retenção de materiais voláteis; 2. atmosfera: o balanço de energia de um planeta é fortemente influenciado pela composição atmosférica e pelo albedo, que indica a reflexividade de uma superfície; 3. Placas tectônicas: sustentam a temperatura média do planeta e permitem a reciclagem de substâncias como CO_2 ; 4. Campo magnético: atua como um escudo para a atmosfera do planeta protegendo-a contra a radiação solar e fluxos de plasma; Fatores astronômicos: 5. Tipo de estrela: determina a distância adequada para a existência de água líquida na superfície de um planeta; 6. Rotação: determinante para a intensidade do campo magnético do planeta; 7. Presença de satélite: interfere na regulação do clima do planeta; 8. Impactos: podem afetar negativamente a habitabilidade provocando a vaporização de oceanos e extinções de espécies, porém também podem favorecer as condições para a vida aumentando a disponibilidade de nutrientes e energia. (FARIAS e BARBOSA, p. e4402-3, 2017)

Na sequência, apresentam-se aos alunos dois textos (Quadros 2.10 e 2.11) para uma leitura em aula, conjuntamente com o professor.

Quadro 2.10 – Descrição do Texto 2 sobre a Astrobiologia

Texto 2 – Astrobiologia – do que se que se trata?

Recortes do texto da referência: GALANTE, D. *et al.* (2016) <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-daterra/>> e-book-gratuito-reune-textos-sobre-astrobiologia. Acesso em: 11 jun. 2021.

A Astrobiologia é uma área recente de pesquisa científica, que procura entender o fenômeno da vida em nosso Universo, não se restringindo apenas à vida na Terra, ou mesmo à vida como a conhecemos.

Ela aborda algumas das questões mais complexas sobre os sistemas biológicos, como sua origem, evolução, distribuição e futuro, na Terra e, possivelmente, em outros planetas e luas.

Por ser multi e interdisciplinar é, acima de tudo, uma ferramenta para facilitar a comunicação e interação entre especialistas de diferentes áreas, e também com a população em geral, já que trata de temas que despertam o interesse geral.

Pela primeira vez, estão disponíveis as ferramentas tecnológicas e o rigor científico à disposição para lidar com alguns dos problemas mais complexos e antigos da humanidade. De onde viemos? Para onde vamos? Estamos sozinhos no Universo?

A Astrobiologia procura responder essas perguntas baseando-se na história da vida na Terra e suas relações com o planeta, extrapolando esse conhecimento para o desenvolvimento de metodologias para o estudo de outros mundos, seja com robôs, missões tripuladas ou técnicas astronômicas.

Os cientistas dessa área estão desbravando novas fronteiras do conhecimento humano, e esse é apenas o início desse esforço interdisciplinar e internacional, que já está se estabelecendo também no Brasil.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Sugestões de Discussões:

- **O tema Astrobiologia é algo interessante? Por qual motivo?**

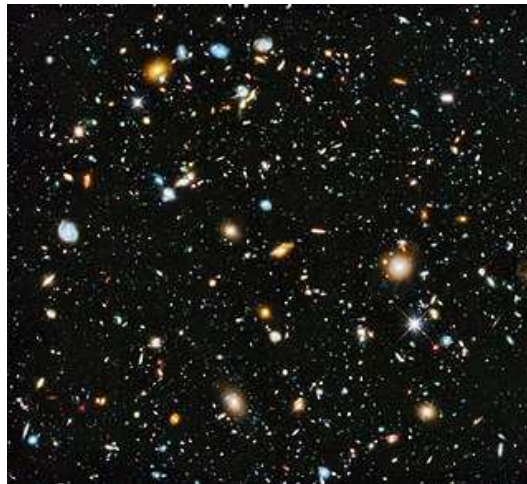
Nesta abordagem, caso o aluno diga sim ou não, será possível detectar a motivação dos alunos perante o assunto e texto apresentado. Se a resposta for sim, siga com o assunto; se for não, então questione o motivo, e como pode trabalhar o assunto. Nesse caso, apresente uma imagem, pois talvez o motivo seja por falta de visualização do que está sendo abordado. Aqui entram os organizadores prévios.

Ex.: Vocês imaginam o que é o Universo?

Segundo a enciclopédia Britânica, “Universo é todo sistema cósmico de matéria e energia na qual a Terra e desta forma a raça humana faz parte”. É uma composição das mais variadas formas existentes em uma imensa dimensão contendo, planetas, estrelas, galáxias, componentes intergalácticos, entre outros.

O que foi possível ser observado é o que está em um raio de 46 bilhões de anos-luz ($1 \text{ ano-luz} = 9,461 \cdot 10^{15} m$), chamado de Universo observável. A Figura 2.4 apresenta uma imagem registrada pelo telescópio Hubble, mostrando uma grande variedade de galáxias, sendo que as distâncias são avaliadas pelas cores, as mais distantes são as vermelhas. Cada galáxia é composta por bilhões de estrelas. Em nossa galáxia, o Sol é uma das estrelas.

Figura 2.4 – Imagem registrada pelo telescópio Hubble, ilustrando uma parte do Universo. Um raio de 46 bilhões de anos-luz.



Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Universo#/media/Ficheiro:NASAHS201427aHubbleUltraDeepField2014-20140603.jpg>> . Acesso em: 20 mar. 2021.

Nessa imensidão, encontra-se a nossa galáxia e dentro dela o sistema solar. Como é composto em termos de planetas o nosso sistema solar? A Figura 2.5 apresenta essa composição: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, apresentados da esquerda para a direita do Sol.

Figura 2.5 – Imagem ilustrativa dos planetas que compõem o sistema solar.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar#/media/Ficheiro:Planets2013-unlabeled.jpg> , Acesso em: 20 mar.2021.

Portanto (Os ícones de imagens utilizados como ilustração neste trabalho são do editor de texto da *Microsoft*),

a Astrobiologia é uma área recente de pesquisa científica, que procura entender o fenômeno da vida em nosso Universo, não se restringindo apenas à vida na Terra, ou mesmo à vida como a conhecemos.



- **O que envolve seu estudo?**

Ela aborda algumas das questões mais complexas sobre os sistemas biológicos, como sua origem, evolução, distribuição e futuro, na Terra e, possivelmente, em outros planetas e luas.



- **O que é interdisciplinar e multidisciplinar???**

O primeiro aborda interação aos pares entre conteúdos de componentes curriculares (disciplinas) diferentes, e o segundo entre várias disciplinas.



- **O que tem essa área de tão interessante? Imaginem um dia poder responder:**

De onde viemos? Para onde vamos? Estamos sozinhos no Universo?

E, o principal, o laboratório de estudo é a Vida em nosso Planeta!

A Astrobiologia procura responder essas perguntas baseando-se na história da vida na Terra e suas relações com o planeta, extrapolando esse conhecimento para o desenvolvimento de metodologias para o estudo de outros mundos, seja com robôs, missões tripuladas ou técnicas astronômicas.

Logo, nós fazemos parte desse aprendizado. Dar continuidade ao entendimento desse assunto.

Quadro 2.11 – Descrição do Texto 2 sobre a Astrobiologia continuação.

Texto 2 – Astrobiologia, continuação.....

Fonte: Yara Laiz Souza, [s.d.] Disponível em: <https://www.infoescola.com/ciencias/astrobiologia/> “Sobre a astrobiologia”. Autorizada a reprodução pelo Editor do InfoEscola Lucas Martins em 22/11/2023.

“Sempre nos perguntamos acerca de como a Vida surgiu em nosso planeta. A astronomia é o campo que cuida dos saberes sobre o Universo: sua origem, leis e curiosidades. Entretanto, para responder a muitas perguntas, esse campo precisou se desmembrar em outras áreas complementares. Para responder sobre a questão do surgimento da vida, a Astrobiologia surgiu como uma forma de reunir os estudos e pesquisa sobre o assunto.

A Astrobiologia é uma área de pesquisa recente; o departamento de astrobiologia da Agência Espacial Americana (NASA) completou 50 anos em 2015.

De modo geral, a Astrobiologia busca compreender a origem, evolução, futuro e distribuição da vida tanto na Terra como em outras partes do Universo.

Ao longo dos anos, pesquisadores vêm encontrando indícios de como a vida se estabeleceu e evoluiu na Terra, e algumas dicas de como ela sobreviveria em outras partes do Universo.

Algumas espécies terrestres, chamados de extremófilos, vivem em condições de ambientes extremos e quase insuportáveis como à beira de vulcões ou debaixo de extensas calotas de gelo. Esses animais ajudam os pesquisadores a entender como seria a adaptação da vida em planetas muito quentes como Mercúrio ou a locais muito gelados como Plutão.

Muitas pessoas confundem astrobiologia com exobiologia. Apesar da definição quase semelhante, uma é mais abrangente e a outra é mais específica e limitada, respectivamente. Exobiologia diz respeito à busca da vida fora da Terra e como os ambientes extraterrestres surtem efeitos em tais seres vivos, enquanto que a Astrobiologia busca as origens da Vida na Terra e busca compreender a ligação da vida com o Universo, além de se perguntar como encontrar e entender a vida em outros planetas e luas.

Para estudar todas as questões referentes à Vida e sua origem e adaptação na Terra e no Universo, a Astrobiologia conta com a ajuda de diversas áreas como, biologia, astronomia, física, geografia, ciências planetárias, entre outras. Além de cálculos teóricos especialmente criados para responder a essas perguntas e a simulação experimental de diversos ambientes. A simulação pode ocorrer tanto em laboratórios especiais quanto em ambientes da própria natureza como as áreas mais geladas do Planeta.

Até agora, as pesquisas têm encontrado grandes respostas para o surgimento de Vida na Terra, e continua buscando por similares do tipo de vida terrestre em outros locais ou por coisas totalmente novas. A NASA é uma das agências que lidera esses esforços e sempre traz resultados incríveis.”

Referências citadas pela autora:

<http://www.universoracionalista.org/introducao-a-astrobiologia/>

<http://www.observatorio.iag.usp.br/index.php/mppesq/astrobio.html?start=1>

http://www.astrobiobrazil.org/index.php/pt_br/

Fonte: SOUZA, Y. L. [s.d] - <https://www.infoescola.com/ciencias/astrobiologia/> “Sobre a astrobiologia
Acesso em: 20 mar. 2021. Autorizado para publicação em: 22 nov. 2023.

Discussão

Nesta discussão o professor deve ser o mediador da troca de informações, para a construção do aprendizado, e detectar por partes o que já compreenderam e o que não, para que se possa buscar outras estratégias metodológicas a auxiliar nessa compreensão.

Para o fechamento desta aula podem ser feitas algumas perguntas.

Sugestão de questões:

- **Compreenderam o que se estuda nesse novo ramo da ciência?**

A Astrobiologia busca as origens da Vida na Terra e busca compreender a ligação da vida com o Universo, além de se perguntar como encontrar e entender a vida em outros planetas e luas.



- **O que mais chamou a atenção nesse estudo? O que acharam de interessante? Será algo ligado com a NASA?**

Após anotar o que é necessário reforçar, abrir via google sala de aula, um espaço para esclarecimentos, antes da próxima aula.

[2.4 - Aula 05 - Cosmologia: origem do Universo e o Sistema Solar](#)

No Quadro 2.12 está apresentado o Plano de Aula da aula 05 da sequência didática apresentada no Quadro 1.1.

Quadro 2.12 – Descrição do Plano de Aula da aula 05.

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola _____

Série _____

Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos). Período: _____

Conteúdo - Cosmologia: Origem do Universo e o Sistema Solar

Objetivos - Compreender a teoria *Big Bang* para origem do Universo.

Conhecer os planetas do Sistema Solar.

Recursos - Datashow, Simulador computacional e vídeos - O Universo - Além do *Big Bang* – *History Channel* e Viajando pelo Sistema Solar,

Metodologia:

1º momento - Visualização **de uma parte** do vídeo: O Universo - Além do *Big Bang* – HistoryChannel -:disponível em: < <https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD>> (dublado em português)

Tempo total do vídeo: 1h30m51s

2º momento - Visualização do vídeo - Viajando pelo Sistema Solar. - < <https://www.youtube.com/watch?v=zLFvrrSef8>> em português - Tempo total do vídeo: 14min45s.

3º momento - Discussão sobre os vídeos.

4º momento - Atividade com o uso de simulador *Física na Escola*

<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021

Desenvolvimento da Aula 05

Após a introdução do que se trata o tema Astrobiologia e sabendo que o mesmo trata do estudo da origem, evolução e futuro da vida no Universo trata do estudo da Vida na Terra, escolheu-se por apresentar aos alunos um tema que muitos ouvem falar, que é sobre o *Big Bang*. Como metodologia, apresentar parte de um vídeo disponível na *internet* de forma que se os alunos quiserem rever, podem fazê-lo pelo celular.

- **1º momento:** Visualização dos primeiros 10 minutos do vídeo: O Universo - Além do Big Bang – HistoryChannel -:disponível em: < <https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD>> (dublado em português)
Tempo total do vídeo: 1h30m51s

Discussões:

- O *Big Bang* realmente aconteceu?
- Como era a temperatura antes e depois do *Big Bang*?

É interessante disponibilizar aos alunos o Texto Auxiliar 01 (Quadro 2.13) que trata da teoria do *Big Bang*. Servirá como um organizador prévio aos que não compreenderam o vídeo e de reforço aos demais.

Texto Auxiliar 01 – Big Bang - A teoria do *Big Bang*

FRANCISCO, W. C. [s.d.] <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>>. Acesso em: 09 jul. 2021.

“A busca pela compreensão sobre como foi desencadeado o processo que originou o Universo atual, proporcionou – e ainda proporciona – vários debates, pesquisas e teorias. Até o momento, a explicação mais aceita sobre a origem do Universo é baseada na teoria da Grande Explosão, em inglês, *Big Bang*.

Ela apoia-se, em parte, na teoria da relatividade do físico Albert Einstein (1879-1955) e nos estudos dos astrônomos Edwin Hubble (1889-1953) e Milton Humason (1891-1972), os quais demonstraram que o Universo não é estático (parado) e se encontra em constante expansão, ou seja, as galáxias estão se afastando umas das outras. Portanto, no passado elas deveriam estar mais próximas que hoje, e, até mesmo, formando um único ponto.

Segundo o cientista russo, George Gamow (1904-1968) e o padre e astrônomo belga Georges Lemaître (1894-1966), o Universo teria surgido após uma grande explosão cósmica, entre 10 e 20 bilhões de anos atrás. O termo explosão refere-se a uma grande liberação de energia, criando o espaço-tempo. Ao expandir-se, o Universo também se resfriou e os elementos químicos começaram a se unir dando origem às galáxias.

A teoria do *Big Bang* é aceita pela maioria dos cientistas, entretanto, muito contestada por alguns pesquisadores.”

A Figura 1 mostra uma ilustração da possível imagem do “*Big Bang*”.

Figura 1 - Imagem ilustrando a possível “grande explosão” que deu origem ao Universo.



Fonte: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>>. Acesso em 09 de julho de 2021.

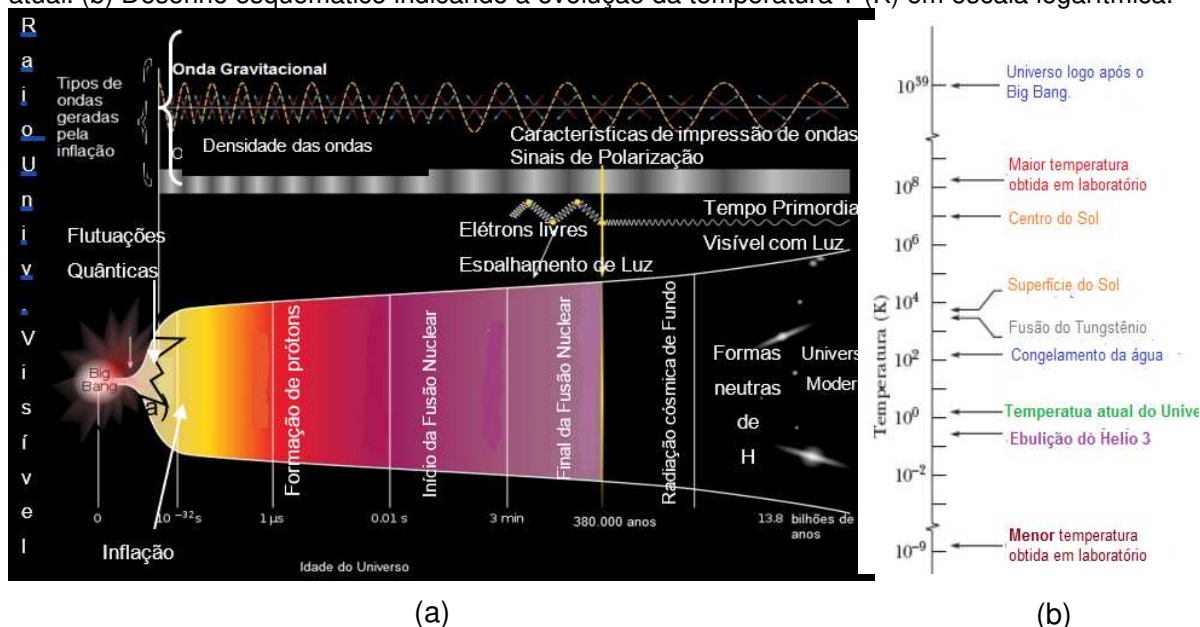
Fonte: FRANCISCO, W. C. [s.d.] <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>>. Acesso em: 09 jul. 2021.

Na sequência apresenta-se um texto sobre a temperatura do Universo no momento do *Big-Bang* e a sua evolução até os dias atuais. Essa parte é importante, pois entra o conceito de temperatura visto na Termodinâmica.

➤ Temperatura do Universo

A temperatura do Universo na sua origem (há 13,7 bilhões de anos) era da ordem de $10^{39} K$. Estudos relatam que este se expandiu e esfriou quando há 10^9 anos atingiu a temperatura $3 K$ e se mantém na média atualmente (Figura 2.7 (a)). Nessa imagem na vertical está o raio do Universo visível e na horizontal a idade do Universo. Na Figura 2.7 (b) apresentam-se uma escala da Temperatura logo após o *Big Bang*, até a menor temperatura obtida em laboratório (HALLIDAY e RESNICK, 2016).

Figura 2.7 – (a) Imagem ilustrando de forma geral a ordem cronológica desde o *Big-Bang* à época atual. (b) Desenho esquemático indicando a evolução da temperatura T (K) em escala logarítmica.



Fontes: (a) tradução e adaptação de H. Mukai, extraído de Wikipedia. Original: DrbogdanVector: Yinweichen - Obra do próprio, CC BY-SA 3.0, <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31825049>>. Acesso em: 09 jun.2021. (b) adaptado da Fig.18-1 da referência (Halliday e Resnick, 2016).

Caso os alunos questionem sobre a **evidência da existência do *Big Bang***, pode-se citar: a expansão do Universo; a escuridão da noite; a radiação cósmica de fundo, e a abundância de Hélio no Universo. Sobre cada uma pode ser visto no *site*: <<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/cosmo3.html>>.

Na sequência a escolha do segundo vídeo - Viajando pelo Sistema Solar, tem por objetivo analisar as condições de habitabilidade em outros planetas desse sistema.

➤ **2º Momento - Iniciar com o vídeo - Viajando pelo Sistema Solar**

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=zLFvurSef8>>. Tempo total do vídeo: 14min45s.

Discussões (Os ícones de imagens utilizados como ilustração neste trabalho são do Editor de texto da *Microsoft*.):

• **Todos os planetas do Sistema Solar podem ser considerados habitáveis?**

Não, pois devem satisfazer alguns fatores, como existência de água doce, ar, fonte de energia e somente o Planeta Terra pertence a Zona habitável (como será ilustrado na Figura 1 do texto auxiliar 5).



• **Quais fatores influenciam na habitabilidade de um planeta?**

- - A principal é água líquida, que está relacionada à temperatura do local, e esta, relacionada à fonte de calor.
 - Energia disponível para a reprodução, crescimento e manutenção de organismos vivos;
 - Existência de pelo menos os seguintes elementos químicos: Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre.
- Entre outros....



Apresentar o Texto Auxiliar 02 (Quadro 2.14) para que os alunos saibam quais características possuem os planetas do sistema solar, para compreender o que há em um planeta habitável e que possui condições de habitabilidade em relação aos demais.

Quadro 2.14 – Texto Auxiliar 02 – Características dos Planetas do Sistema Solar.

Texto Auxiliar 02 – Características dos Planetas do Sistema Solar

Conforme apresentado o Sistema Solar, Figura 2.5, é composto por 8 planetas e 1 planeta anão (desde 2006). No Quadro 1, apresentam-se as características dos mesmos. A temperatura nos planetas que compõem o nosso sistema varia de acordo com a sua distância em relação a uma estrela, que é o Sol.

Quadro 1– Informações sobre os planetas de sistema solar.

Planeta	Características	Rotação em torno de seu próprio eixo	Ano (Translação) Giro ao redor do Sol	Distância Planeta-Sol (km)	Temperatura
Mercúrio	Rochoso, com crateras, sem satélite, atmosfera rarefeita, 8º em tamanho	58 dias e 16 horas terrestres	87,97 dias terrestres	57.910.000	400°C lado voltado ao Sol, e -180°C lado oposto ao Sol
Vênus	Rochoso e Vulcânico. Atmosfera composta por gás carbônico e ácido sulfúrico, não possui satélite, 6º em tamanho. Mais brilhante conhecida como Estrela D'ÁLVA	243,01 dias terrestres	224,7 dias terrestres	108.200.00	460°C
Terra	Atmosfera: rico em Oxigênio e Nitrogênio, relevo rochoso, possui água líquida, Satélite: Lua; 5º em tamanho.	23 horas e 56 minutos	365 dias e 6 horas (ano bissexto)	149.600.00	-70°C a 55°C Temperatura média de 14°C
Marte	Montanhoso, vulcânico, deserto e possui calotas polares. Atmosfera rarefeita. Satélites: Fobos e Deimos	24 horas e 37 minutos	686,98 dias terrestres	227.940.000	-120°C a 25°C
Júpiter	Gigante gasoso, Satélites: 39; 3 anéis de poeira e pedaços de rochas 1º em tamanho.	9 horas e 56 minutos	11 anos e 315 dias terrestres	778.330.000	-150°C
Saturno	Gasoso, 7 anéis maiores e outros muitos menores formados de rochas e cristais de gelo. Ventos de 1500 Km/h, 23 satélites, 2º em tamanho.	10 horas e 15 minutos	29 anos e 6 meses terrestres	1.429.400.000	-150°C
Urano	Atmosfera: Hidrogênio e Hélio e um pouco de metano. Possui 21 satélites e 10 anéis. Descoberto em 1781.	12 horas e 14 minutos Eixo de rotação quase horizontal.	84 anos e 4 dias terrestres	2.880.990.000	-216°C
Netuno	4º em tamanho Atmosfera: Hidrogênio, e em menor grau Hélio e Metano Possui 8 satélites naturais e 5 anéis. Sua cor é azulada. Tempestades de ventos de até 2.000 Km/h	16h e 7 m	165 anos terrestres	4.504.3000.000	-214°C
"Plutão"	Desde 2006 – planeta anão – composta de rochas e gelo. Bola de neve gigante de metano e água.	6 dias e 9 horas terrestres	248 anos e 6 meses	-----	-220°C

Fontes: SOUSA, Rafaela. "Sistema Solar"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sistema-solar.htm>; Pedagogia & Educação, 2013. "Sistema Solar :planetas e características". Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/sistema-solar-planetas-e-caracteristicas.htm>. Acesso em: 30/0/2021. GOUVEIA, R. *Características do Sol. Toda Matéria*. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/caracteristicas-do-sol/> > acesso em 18/01/2021.

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Também é importante conhecer a atmosfera da Terra, para a questão da Vida no Planeta. E veremos que envolve muitas definições estudadas na termodinâmica. Para tal apresenta-se o Texto Auxiliar 03 (Quadro 2.15) por meio do *datashow* ou TV multimídia.

Quadro 2.15 – Texto Auxiliar 03 – Atmosfera da Terra.

Texto Auxiliar 03 - Atmosfera da Terra

Fonte: <<https://www.iag.usp.br/siae98/estufa/estufa.htm>>. Acesso em :30 jun. 2021.

“A atmosfera da Terra é constituída de gases que permitem a passagem da **radiação** solar, e absorvem grande parte do calor (a **radiação** infravermelha térmica), emitido pela superfície aquecida da Terra. Conforme indicado na Figura 1. Esta propriedade é conhecida como **efeito estufa**. Graças a ela, a **temperatura** média da superfície do planeta mantém-se em cerca de 15°C. Sem o efeito estufa, a **temperatura** média da Terra seria de 18°C abaixo de zero, ou seja, ele é responsável por um aumento de 33°C. Portanto, é benefício ao planeta, pois cria condições para a existência de vida, quanto maior for a concentração de gases, maior será o aprisionamento do calor, e conseqüentemente mais alta a **temperatura média** do globo terrestre.”

Figura 1 – Desenho ilustrativo do processo que ocorre da radiação recebida do Sol na atmosfera.



Fonte: <https://www.iag.usp.br/siae97/meteo/met_estu.htm>. Acesso em 30 jun. 2021.

Fonte: Texto – Estufa. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/siae98/estufa/estufa.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

Essa parte é importante no experimento do terrário, que é uma mini estufa, introduzido para que os alunos compreendam a manutenção da vida em um planeta, controlando a “atmosfera” no seu interior, além de poder completar com o esclarecimento sobre o problema do aquecimento global. Que o efeito estufa é necessário para a sobrevivência em um planeta, e caso a camada de gases emitidos interiormente se tornar muito espessa, haverá o aquecimento interno indevido, e isso sim é prejudicial para a manutenção de vida no planeta, ocasionando vários

desequilíbrios na natureza. E em relação ao conteúdo de termodinâmica, tem-se o conceito de temperatura e a introdução de forma indireta o conceito de calor.

No texto original ainda é informado que:



“as descargas de gases na atmosfera por parte das indústrias e das frotas de veículos, contribuem para aumentar o problema, e naturalmente ainda continuarão a ser objeto de muita discussão entre os cientistas e a sociedade”.



Algo para os alunos refletirem.

Como sites de internet podem não estar disponíveis, deixamos uma outra referência como alternativa: SILVA, Carolina Nunes da. A Importância da Atmosfera Terrestre. Jovem Explorador, 11 mar. 2022. Disponível em: <<http://jovemexplorador.iag.usp.br/?p=importancia-da-atmosfera>>. Acesso em: 14 out. 2023; e a referência Junges *et al.* (2018).

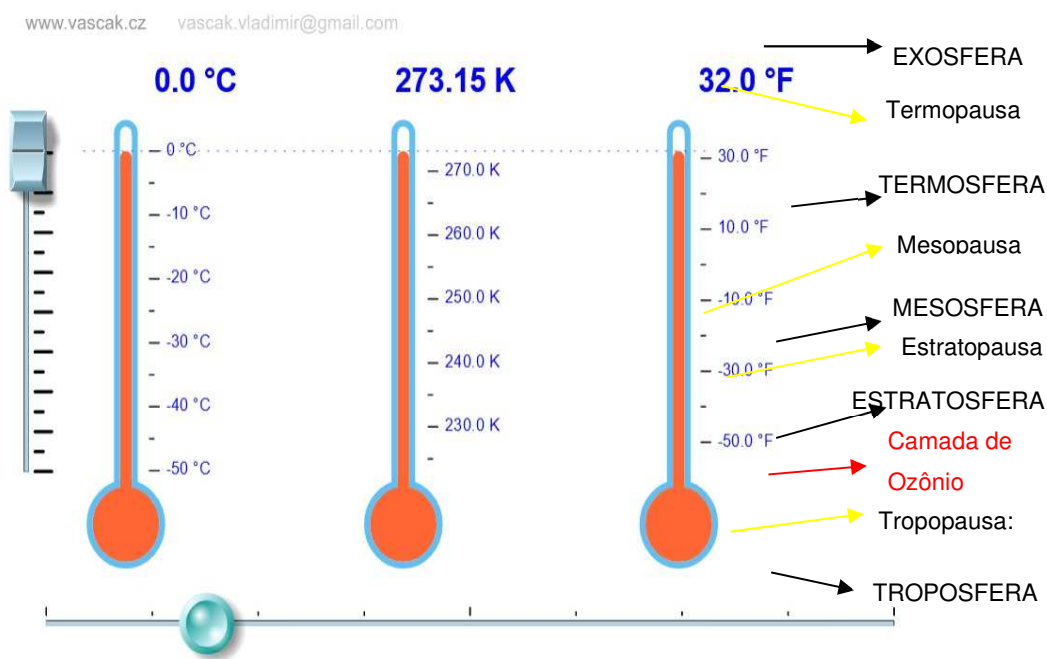
Continuando a importância **da temperatura e termômetro** para a próxima aula., utilizar os simuladores disponibilizados por Vladimir Vascak nos links: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplota_varu_vyska&l=en> e <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_atmosfera&l=en> .

(Figura 2.8) que tratam de:

(a) variação da **pressão** conforme aumenta a altura e como fica a **temperatura**, ainda compara com uma **água em ebulição** (*boiling point* – ponto de ebulição). No eixo da vertical está a temperatura em °C aumentando de baixo para cima, e na horizontal a altura aumentando da esquerda para a direita. Para observar as variações, com o *mouse* mexa o cursor na parte inferior o simulador. É possível verificar que conforme a altitude aumenta a temperatura diminui e pode ser observado no gráfico que aparece de uma reta decrescente. E em

(b) a variação da altura pela **pressão e temperatura** para a atmosfera. Para observar, eleve o cursor que fica à esquerda da tela para cima com o *mouse*. Observe, conforme aumenta a altura, o que ocorre com os “objetos” como os aviões e satélites, para ter uma ideia de onde ficam os gases estufa e como é composta a atmosfera terrestre.

Figura 2.8 – Cópia de tela da variação de temperatura e pressão (a) com gráfico, e (b) na atmosfera terrestre.



Fonte: Vladimir Vascak – simulador, disponível em: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplota_varu_vyska&l=en. Acesso em: 30 jun. 2021. Tradução das autoras.

Fechamento da aula.

Solicitar que resolvam 2 questões de Vestibular (Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/geografia/termosfera>). Acesso em: 30 jun. 2021). A resposta correta está destacada em cor azul.

01. [MACKENZIE, 2018] - A respeito das camadas que compõem a atmosfera terrestre, considere as afirmações I, II, III e IV:

I. A Troposfera é a camada mais baixa da atmosfera e, é nela, que os principais fenômenos meteorológicos ocorrem, tais como tempestades, chuvas, precipitações de neve ou granizo e formação de geadas.

II. A camada de ozônio (O_3) concentra-se na Termosfera. Formada a cerca de 400 milhões de anos, protege a Terra dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol, nocivos à vida. Porém sabemos que, devido à emissão crescente de CO_2 pelas sociedades modernas, abriram-se buracos enormes nessa camada, permitindo a entrada de tais raios.

III. A Mesosfera se estende da Estratosfera a até aproximadamente 80 quilômetros acima do nível do mar. É a faixa mais fria, porque nela não há nuvens nem gases capazes de absorver a energia do Sol. A temperatura varia de $-5^\circ C$ a $-95^\circ C$.

IV. O efeito estufa é um fenômeno natural que mantém o planeta aquecido nos limites de temperaturas necessárias para a manutenção da vida. Nos últimos dois séculos, vem aumentando, na camada atmosférica que recobre a Terra, a concentração de dióxido de carbono, do metano, do óxido nitroso e de outros gases. Esse aumento anormal provoca a aceleração do aquecimento global.

Estão corretas:

- a) I e II, apenas.
- b) I, II e III, apenas.
- c) II, III e IV, apenas.
- d) I, III e IV, apenas. (item II errado, a camada de ozônio pertence estratosfera)
- e) I, II, III e IV

02. [UNIFEI [s.d.]] - A maior parte dos fenômenos meteorológicos, como, as chuvas, os ventos e os deslocamentos de massas de ar, ocorre na:

- a) Estratosfera
- b) Troposfera
- c) Mesosfera
- d) Termosfera

Encerrar a aula observando se o uso de simulador ajudou na compreensão do conteúdo e responder as questões.

2.5 - Aula 06 - Termodinâmica/Termologia

No Quadro 2.16 está apresentado o Plano de Aula da aula 06 da sequência didática apresentada no Quadro 1.1.

Quadro 2.16 – Descrição do Plano de Aula da aula 06.

<p>Dados de identificação da Instituição Concedente</p> <p>Nome da escola _____</p> <p>Série _____</p> <p>Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos). Período: _____</p> <p>Conteúdo - Termodinâmica – Temperatura (Lei zero da Termodinâmica), Calor, Estado Físico da água</p> <p>Objetivos</p> <ul style="list-style-type: none">– Conceituar temperatura (Lei Zero da Termodinâmica), calor, equilíbrio térmico.- Compreender as mudanças de estado físico da água.- Relacionar tais conceitos com a habitabilidade em um Planeta. <p>Recursos - Quadro de giz (ou textos em apresentação), simuladores e livro didático.</p>
--

Metodologia:

1º momento - Leitura do texto sobre calor, temperatura e as mudanças de estado físico da água presentes no livro didático, ou utilizando o texto disposto no desenvolvimento desta aula.

2º momento - Explanar sobre os conteúdos: a Lei Zero da Termodinâmica e Escalas Termométricas.

3º momento: Atividades com o uso de simuladores: *Física na Escola*

<<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt> > e PhET (Universidade de Colorado - <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>).

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 06

Até o momento os conceitos de temperatura, calor, pressão, volume apareceram nas aulas abordadas. Assim, nesta aula direcionou-se a trabalhar com o conceito de temperatura, os instrumentos de medidas e transformação de unidades, para introduzir a Lei Zero da Termodinâmica.

➤ **Lei Zero da Termodinâmica**

Primeiramente abordar as Escalas de Temperaturas em três principais unidades - usar o simulador “escalas de temperatura” disponível no site: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplotni_stu_pnice&l=pt Varie as escalas na vertical, indicado na Figura 2.9 com as setas vermelhas, clicando sobre o “botão” lateral, mantendo apertado o botão do “mouse”, e variando para cima e para baixo, veja o valor equivalente nas três unidades termométricas (Figura 2.9 (a)); faça o mesmo depois na horizontal (Figura 2.9 (b)) movimento para a esquerda e para a direita. Vejam que podem mostrar quanto vale o zero grau Celsius³⁰ nas escalas em Kelvin³¹ e em grau Fahrenheit³² (Figura 2.9 (c)).

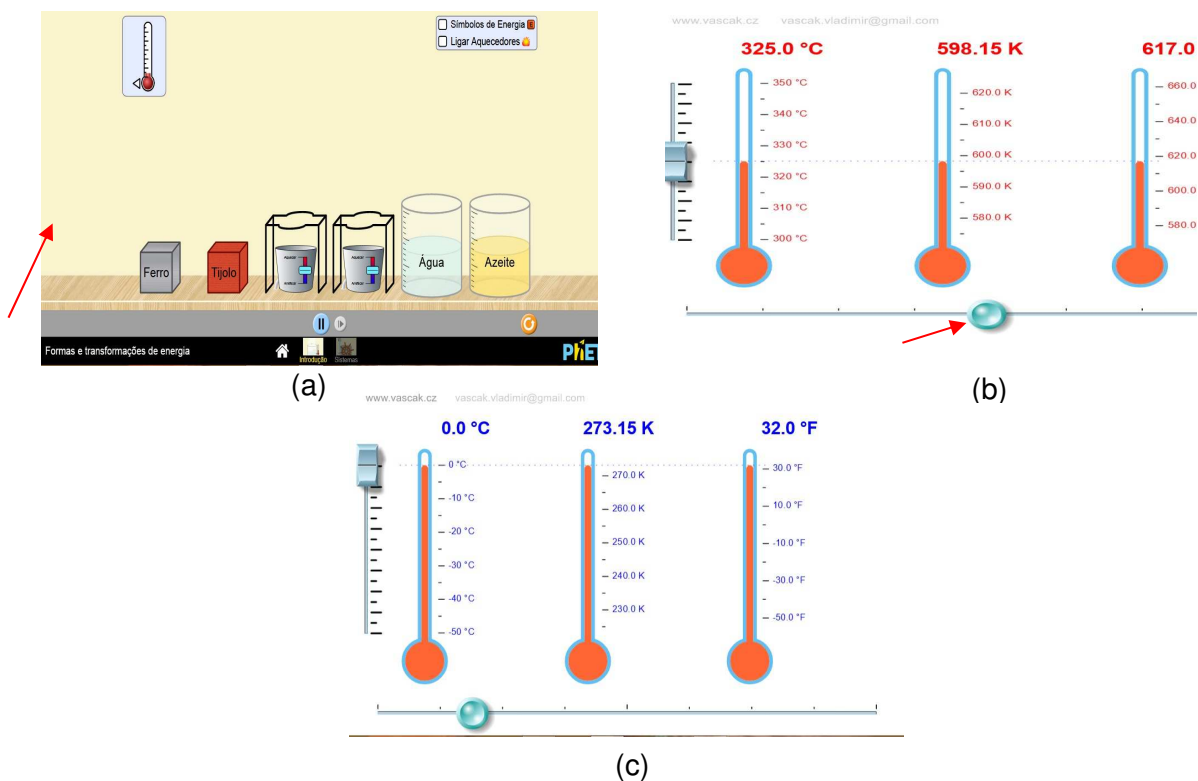
³⁰ Em 1742 o astrônomo e físico Anders Celsius criou a escala Celsius, usou o ponto de fusão da água como 0°C e o ponto de ebulição 100°C.

³¹ A escala Kelvin, proposta pelo Lord Kelvin, foi baseada na agitação molecular, considerando que a 0 K, não há agitação, chamado de zero absoluto;

³² Já a escala Fahrenheit é foi proposta pelo físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit, em que considerou o 0°F à mistura de água líquida, gelo e cloreto de amônia, e a 32°F à mistura gelo e água, tendo um terceiro ponto de 96°F a temperatura do corpo humano;

E, se mover o botão da vertical é possível mostrar quanto vale o zero absoluto (0 K) na escala Celsius e Fahrenheit.

Figura 2.9 – Cópia da tela do Simulador de escalas de temperatura, graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Kelvin (K) e graus Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).



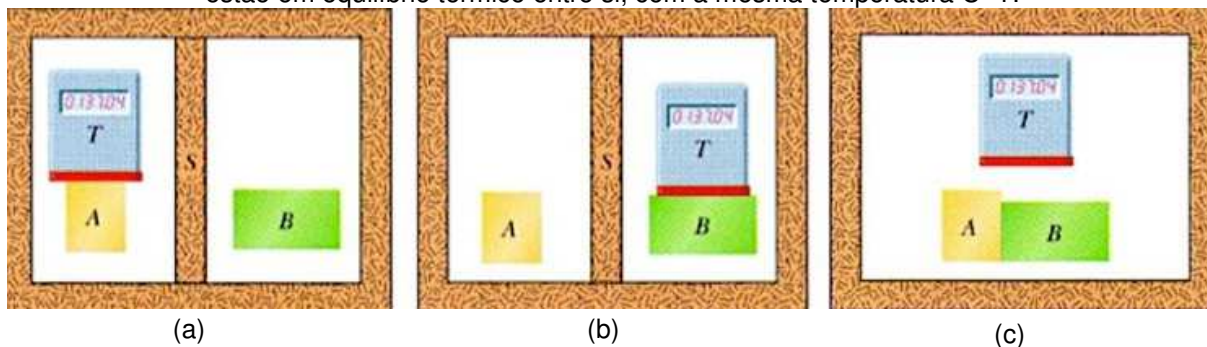
Fonte: *Vladimir Vascak*, Simulador Física na escola, disponível no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_teplotni_stupnice&l=pt>. Acesso em: 21 set. 2021.

Na sequência, reforçar que o conceito de temperatura, calor e equilíbrio térmico, está ligado diretamente com a **lei zero da termodinâmica**³³: “Se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C (o termômetro), eles também estarão em equilíbrio térmico entre si.” (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p.415). Na Figura 2.10, reproduz a descrição dessa Lei. Sendo o terceiro corpo o termômetro³⁴.

³³ Essa lei foi denominada de Lei Zero, por já terem sido enunciadas a Primeira e a Segunda Leis da Termodinâmica, e ela possui conceitos anteriores a da primeira lei. Essa denominação foi dada pelo Físico inglês Ralph H. Fowler (1889-1944) em meados do século XX. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_zero_da_termodin%C3%A2mica>. Acesso em: 20 set. 2023.

³⁴ O primeiro termômetro foi inventado por Galileu Galilei em 1593 em Florença na Itália.

Figura 2.10 - Desenho ilustrando a Lei Zero da Termodinâmica: Em um sistema isolado termicamente, (a) o corpo A em equilíbrio térmico com o corpo C=T, isolado de B, e (b) o corpo B também em equilíbrio térmico com B,=T isolado de A então (c) pode-se afirmar que o corpo A e B estão em equilíbrio térmico entre si, com a mesma temperatura C=T.



Fonte: Halliday e Resnick 2016, p.416.

Sugestão - Nesse ponto pode-se trabalhar com as equações de transformação das escalas termométrica (Eqs. (2.1)) e comparar com o resultado fornecido pelo simulador.

$$T_{\text{°C}} = \frac{5}{9}(T_{\text{°F}} - 32) \quad \text{ou} \quad T_{\text{°F}} = 1,8 T_{\text{°C}} + 32 \quad (2.1(a))$$

$$T_{\text{K}} = T_{\text{°C}} + 273,15 \quad \text{ou} \quad T_{\text{°C}} = T_{\text{K}} - 273,15 \quad (2.1(b))$$

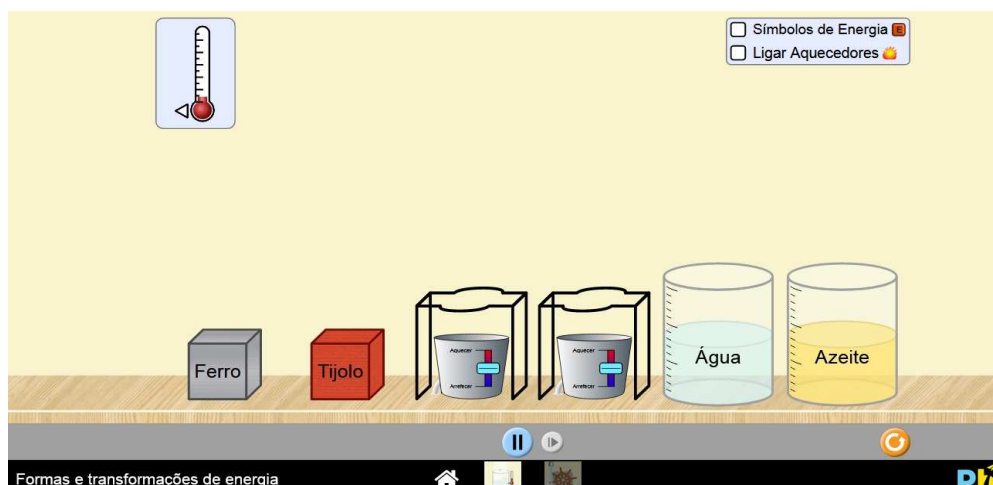
Observação – A menor temperatura que se pode existir é aquela em que a agitação térmica das moléculas seria nula, ou seja, as moléculas estariam em repouso. A essa temperatura, denominada de **zero absoluto**, em 1848, Lord Kelvin (William Thompson) estabeleceu uma escala absoluta. Tal que o zero absoluto dado por zero Kelvin 0 K equivale a $273,15 \text{ °C}$, $273,15 \text{ K}$ ao ponto de fusão da água 0 °C e $373,15 \text{ K}$ a 100 °C (ponto de ebulição da água). (RAMALHO *et al.*, 1976).

➤ Calor e Energia

Calor (Q) é **energia térmica que transita** de um corpo de maior temperatura para uma de menor temperatura de forma espontânea. Quando acaba a transição o calor deixa de existir, e se diz que os corpos estão em equilíbrio térmico.

Para trabalhar com o conceito de calor use o simulador de uso livre “formas e transformações de energia” disponível pela *Colorado University* o *Physics Education Technology* (PhET): <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. A página inicial do simulador “formas e transformações de energia” é a apresentada na Figura 2.11.

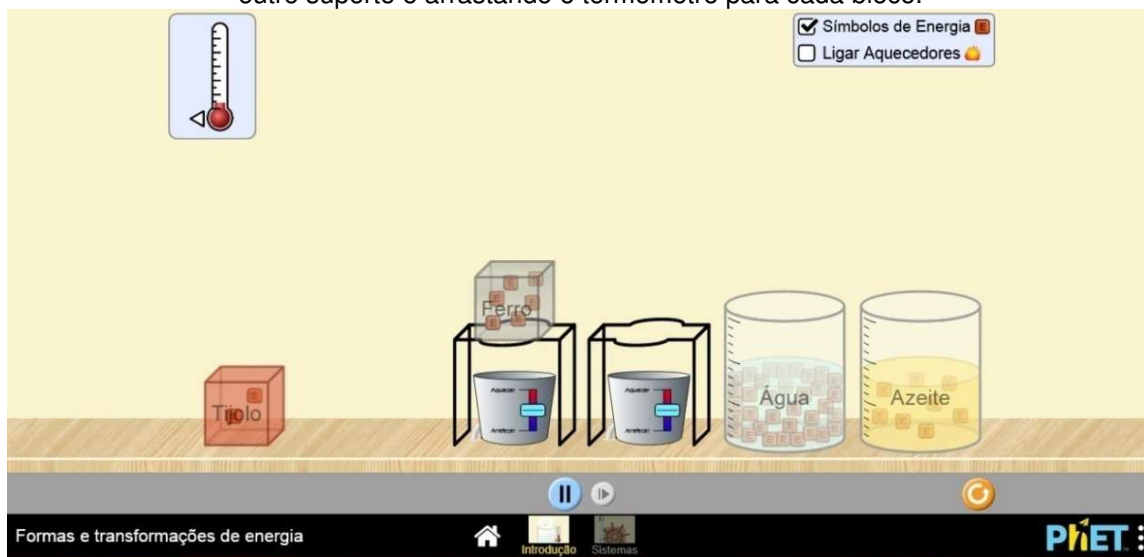
Figura 2.11 - Cópia da tela do simulador PhET da primeira página do simulador “formas e transformações de energia”.



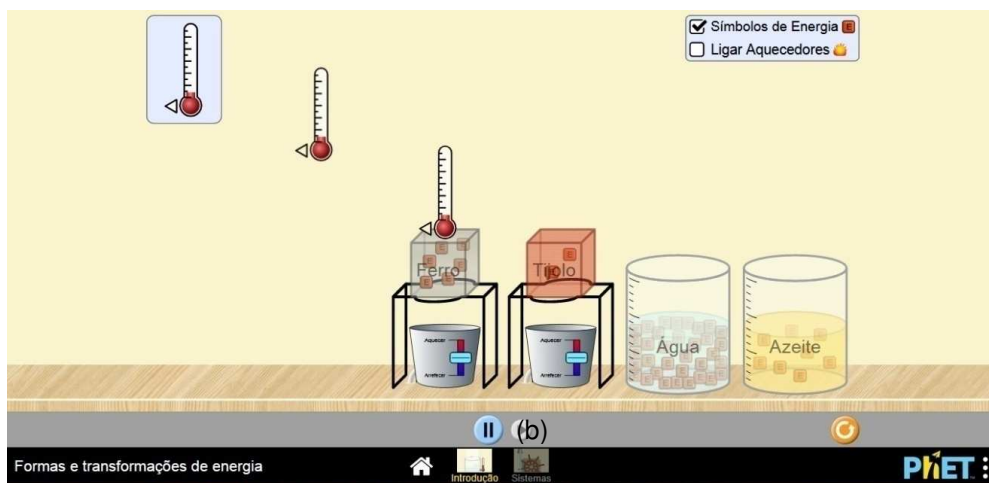
Fonte: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Esse simulador demonstra que o calor transita do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Para isso, primeiro arraste o bloco de ferro para cima do suporte, conforme indicado na Figura 2.12.(a) e em (b) coloque um “tijolo” (material feito de barro tipo argila) sobre o outro suporte, e arraste um termômetro com o *mouse* sobre cada material.

Figura 2.12 - Cópia da tela do PhET Formas e Transformações de Energia. Indicando (a) o bloco de Ferro sobre o suporte e assinalado os símbolos de energia, e em (b) o bloco de tijolo em cima de outro suporte e arrastando o termômetro para cada bloco.



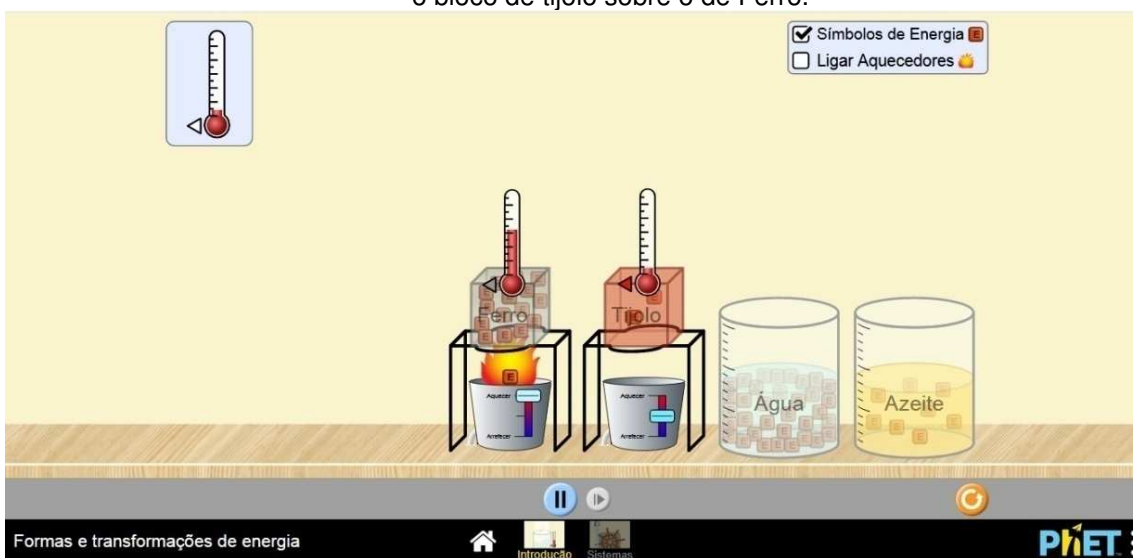
(a)



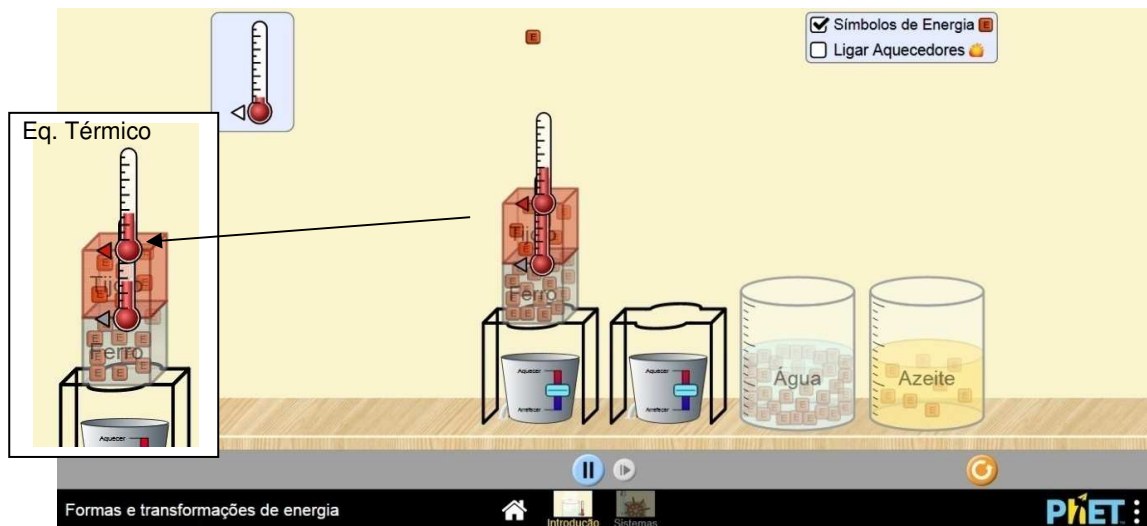
Fonte: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Após colocar um termômetro sobre cada bloco, aqueça o bloco de ferro, deslocando para cima o botão, aparecerá a imagem da chama. Mantenha segurando e observe a elevação da temperatura no termômetro (Figura 2.13 (a)). Desloque rapidamente o bloco de tijolo sobre o bloco de Ferro, e observe os termômetros, verá que o calor transita do corpo de maior temperatura, no caso o bloco de ferro que foi aquecido, para o de tijolo que não foi aquecido, até atingir o equilíbrio térmico (Figura 2.13 (b)).

Figura 2.13 - Cópia da tela do PhET Formas e Transformações de Energia. Indicando (a) o bloco de Ferro sobre o suporte e simulando o seu aquecimento, e em (b) o equilíbrio térmico quando se coloca o bloco de tijolo sobre o de Ferro.



(a)



(b)

Fonte: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Sugestão: retire os blocos de cima dos suportes e coloque o béquer com água e outro com óleo, os termômetros, e aqueça os dois simultaneamente para isso assinale “ligar aquecedores”. Observe qual a temperatura eleva mais rapidamente. Depois aqueça novamente coloque um termômetro sobre um dos blocos e mergulhe sobre um dos béqueres, veja o que acontece com a temperatura.

Discussões:

- O que você entendeu sobre a diferença entre calor e temperatura?
- Qual a relação entre os conceitos apresentados e o vídeo do *Big Bang*?
- Como os conceitos vistos influenciam na Vida de um planeta?
- E, em relação ao segundo vídeo?

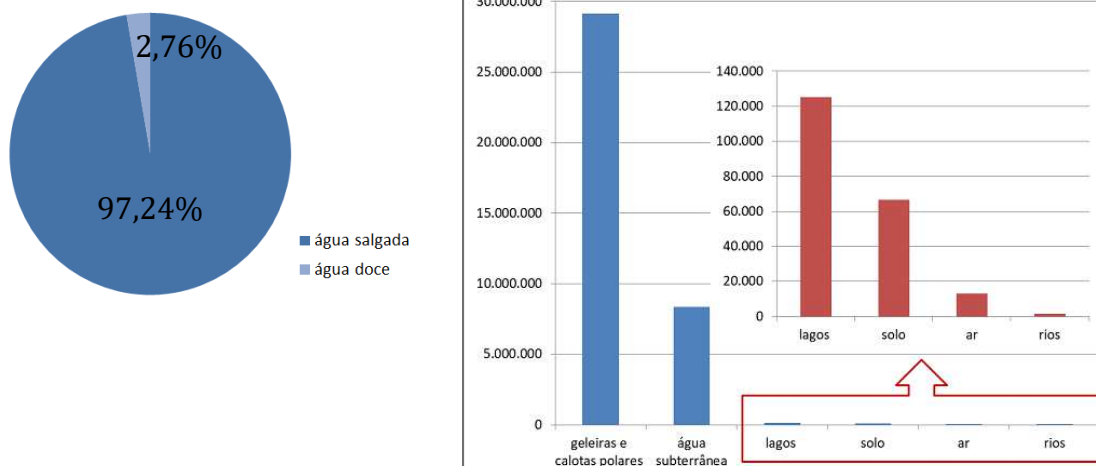
Como dito, a água é outro elemento essencial para a Vida e Manutenção de Vida no Planeta, portanto o próximo item é sobre a água e seus estados físicos em relação aos aspectos termodinâmicos explorados no ensino médio e fundamental.

➤ Estados Físicos da Água

A água é o elemento mais abundante no nosso planeta. De um total de $1.358.099.876 \text{ km}^3$ de água no Planeta Terra 97,24% é de água salgada (oceanos e mares) e 2,76% de água doce (geleiras, calotas polares, lagos lençóis freáticos, atmosfera, rios e solo) (Figura 2.14(a)). Em relação a distribuição da água doce a

maior parte está nas geleiras, calotas polares e lençóis freáticos conforme Figura 2.14 (b). (Khan Academy, [s.d.]).

Figura 2.14 –(a) gráfico da porcentagem de água salgada e doce, e (b) distribuição de água doce, no Planeta Terra.



Fonte: <<https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/materia-e-energia-a-gua-na-terra/a-gua-na-terra/a/distribuicao-da-gua-na-terra>>. Acesso em: 04 maio 2023.

O processo de transformar água salgada em água doce, é o explorado no experimento do dessalinizador/destilador solar (Experimento 2). Os alunos irão compreender que a água dos mares e oceanos evapora, e o que evapora é água doce. Na Figura 2.15 apresenta-se o ciclo da água.

Figura 2.15 – Ilustração do Ciclo da água.



Fonte: M. Evans/USGS-USA Gov - <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>> apud wikipedia 2016. Acesso em: 30 mar.2023.

De acordo com a Figura 2.15, a água está em forma líquida (rios), geleiras (sólido), e na atmosfera (gasoso), então vemos sobre esses três estados físico e a à sua mudança de fase.

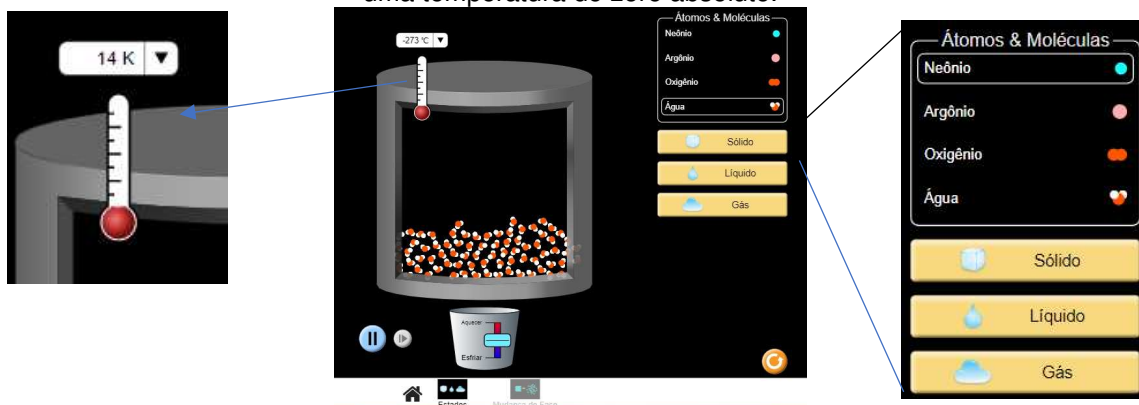
A água possui três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. O que influencia na transformação de um estado para o outro são as variáveis termodinâmicas como a pressão e a temperatura. Segundo os autores, do Val, Domingues e Matencio: *fase é a parte do sistema de composição e propriedades físicas uniformes. Essa definição inclui os estados físicos da matéria: líquido, gasoso ou sólido.* (do VAL, DOMINGUES e MATENCIO, 2013, p.45).

Portanto, neste texto, serão referidos como fases da matéria, os estados, sólido, líquido e gasoso da água. Diferença entre cada fase (RAMALHO *et al.*, 1977):

- **Gasosa:** alto grau de liberdade de movimentação das moléculas, a energia cinética depende da temperatura. A substância não possui nem forma e nem volumes definidos.
- **Líquida:** o grau de liberdade é menor do que a fase gasosa, a energia cinética depende da temperatura. A sua forma é definida pelo recipiente que a envolve e seu volume pela quantidade de substância envolvida;
- **Sólida:** o grau de liberdade de movimentação é bem menor do que nas outras fases, dependendo da temperatura. Além disso as moléculas possuem regularidades na sua disposição em um arranjo denominado de retículo cristalino, tal que a forma e volume são bem definidas.

Essas três fases podem ser vistas no simulador do PhET, Figura 2.16, disponível no site: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>.

Figura 2.16 - Cópia da tela do PhET – “Estados da Matéria”. Análise para a água na fase líquida a uma temperatura do zero absoluto.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>. Acesso em: 24 set.2021.

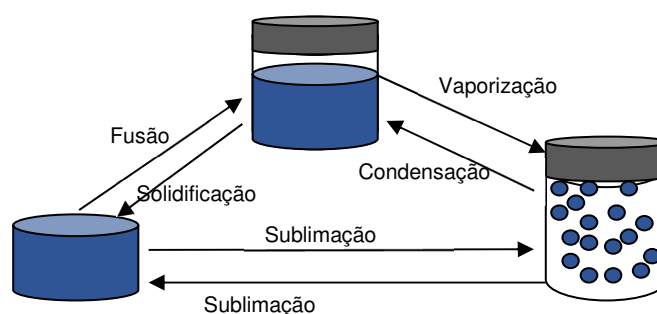
Procedimento:

- Escolha básico na parte inferior;
- Escolha na lateral direita a opção “água” (quadro em destaque `direita).
- Clique sobre a fase que se quer analisar, sólido, líquido ou gás (gasoso);
- Varie a temperatura, ou colocando “gelo” ou a chama em contato com o recipiente, para isso eleve o cursor e aparecerá um desenho de chama;
- Observe a variação da temperatura. Clicando sobre a seta no leitor da temperatura acima do termômetro é possível ver a temperatura em Kelvin e em °C, assim é possível ver a temperatura inicial e o final após o aquecimento para cada fase. Anote o que observou. Por exemplo, antes de encostar a chama para a fase sólida da água a temperatura inicial é de 146 K ou -127°C e após o aquecimento aumenta até 766 K ou 493°C . Repita para os demais estados.

• TRANSIÇÃO de FASES

Na Figura 2.17 apresenta-se a mudança de fase de uma substância e a nomenclatura para cada mudança (RAMALHO *et al.*, 1977)

Figura 2.17 – Nomenclatura dada para cada mudança de fase. Ilustrada para a água.



Fonte: H. Mukai, 2021. Adaptada da referência Ramalho *et al.*, 1977, p.173.

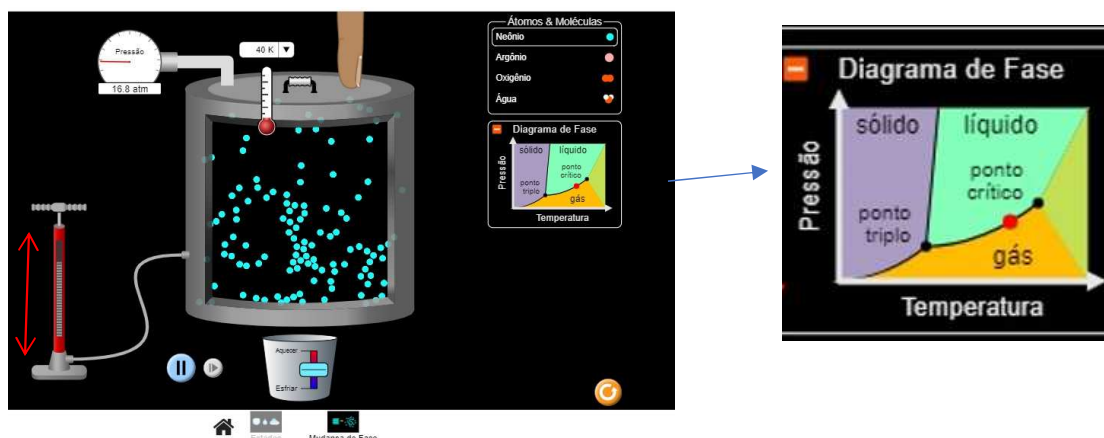
As temperaturas de fusão (ponto de equilíbrio, a pressão constante, entre as fases sólido-líquido), e ebulição para a água são, 0°C e 100°C , respectivamente.

Usando o mesmo simulador do PhET, para apresentar a transição de fase (Figura 2.18). Escolha a opção “Mudança de Fase” na parte inferior; selecione água. E clique em diagrama de fase;

Para inserir mais moléculas ao sistema use a bomba, elevando e abaixando a para superior, usando o *mouse*, para isso, coloque o cursor sobre a parte superior, aperte o *mouse* com o botão esquerdo e faça o movimento de subir e descer;

Altere a temperatura do sistema e acompanhe no diagrama de fases por meio de uma bolinha vermelha qual ponto está, em destaque na Figura 2.18.

Figura 2.18 - Cópia da tela do PhET – Mudança de fase.

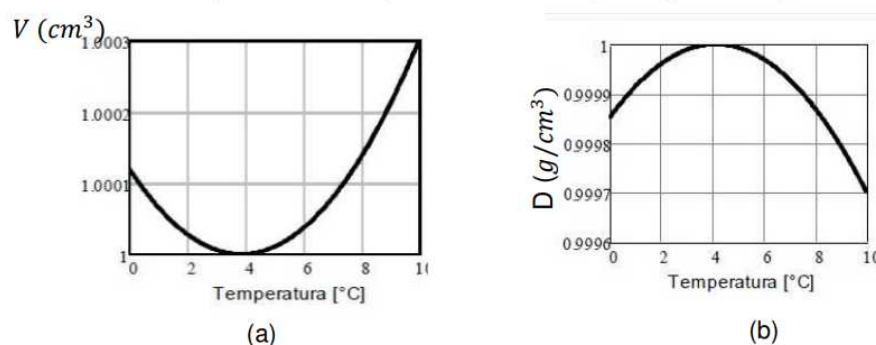


Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>. Acesso em: 24 set. 2021.

Observar no gráfico de transição de fase que a água possui um ponto triplo, o ponto onde as três fases coexistem a mesma pressão³⁵ (4,58 mmHg) e temperatura. (0,01°C). Na figura à direita do diagrama de fases no simulador (Figura 2.18), do zero até o ponto triplo equivale ao processo de sublimação (curva que separa as fases sólido e vapor), a curva da fusão é a que separa as fases sólido e líquido, e a curva da vaporização a que separa as fases líquido e vapor, conforme anteriormente ilustrada na Figura 2.17;

A água possui uma anomalia: a 4°C o seu volume atinge um ponto de mínimo, conforme ilustrados nos gráficos da Figura 2.19.

Figura 2.19 - Esboço do comportamento de gráficos (a) Volume versus temperatura e em (b) da densidade versus temperatura, do comportamento anômalo para 1 grama de água.



Fonte: <<https://www.estudavest.com.br/questoes/?id=46245>>. Acesso em: 10 mar.2023.

³⁵ 1 mmHg = 133,322 Pa. Pascal (Pa) = Newton/metro², ou seja, no SI Pa = $\frac{N}{m^2}$.

Logo, a sua **densidade** atinge um ponto de **máximo** ($\cong 1\text{g/cm}^3$), e entre 0°C e 4°C a sua densidade é menor do que acima de 4°C o que faz com que o gelo flutue por ter uma densidade menor do que a água. É assim que os peixes sobrevivem na época do inverno em locais onde neva, na parte superior o lago forma uma camada de gelo que torna um isolante térmico e impede que o restante da água congele, como ilustrada na Figura 2.20.

Figura 2.20– Imagem fotográfica da água congelada na superfície e abaixo peixes nadando normalmente.



Fonte: <<https://www.tempo.com/noticias/ciencia/como-os-peixes-sobrevivem-em-lagos-congelados-biologia.html>> . Acesso em: 04 abr. 2023.

Pois é, o gelo é isolante térmico, como as moradias feitas de blocos de gelo, os iglus. Além disso, no processo de congelamento, nessa temperatura a água se expande (pois o volume aumenta) e devido a essa expansão, muitos danos são causados no inverno com o rompimento de canos, por exemplo, de sistemas de aquecimentos solares.

Sugestão: trabalhar algumas das **equações da termodinâmica** (HALLIDAY e RESNICK, 2016; RAMALHO *et al.*, 1977). Segue o texto para explorar esse conteúdo.

Associada à definição de calor está a de Capacidade Térmica (C), que é o quanto de calor é necessário fornecer a um corpo para elevar a sua temperatura de uma unidade não importa o sistema de unidades. Matematicamente é expresso como

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}. \quad (2.2)$$

Sua unidade é dada por cal/K ou cal/ $^\circ\text{C}$; ou no SI, J/K ou J/ $^\circ\text{C}$; no sistema gaussiano. ergs/K. ergs/ $^\circ\text{C}$. Além do conceito de calor específico (c) que é a capacidade térmica por massa:

$$c = \frac{C}{m}. \quad (2.3)$$

Sua unidade é dada por cal/gK ou $cal/g^{\circ}C$; ou no SI, J/KgK ou $J/Kg^{\circ}C$; no sistema gaussiano. $ergs/gK$ e $ergs/g^{\circ}C$.

Portanto, a equação do calor para sólidos e líquidos é dada por:

$$Q = mc\Delta T. \quad (2.4)$$

E para gases, considerando n o número de moles, dada por:

$$Q = nc_V\Delta T, \text{ para processos a volume constante;}$$

$$Q = nc_P\Delta T, \text{ para processos a pressão constante;}$$

Esses são os denominados de calor sensível. Ainda envolvendo o calor há o calor existente em uma mudança de fase,

$$L = \frac{Q}{m}, \quad (2.5)$$

como por exemplo o calor latente de vaporização da água é $540 cal/g$, ou $\frac{2,260kJ}{kg}$. O que significa que a $100^{\circ}C$ são necessários $540 cal$ ou $2260 J$ ($1 cal = 4,186 J$) para evaporar $1 g$ de água. E, não é necessário atingir essa temperatura, quando se aquece um ambiente a água evapora como apareceu na Figura 2.6 na parte inferior à direita da imagem o calor latente, e ao seu lado o calor sensível. Esse processo faz parte do ciclo da natureza (Figura 2.15).

Após anotar o que é necessário reforçar, referente às aulas 5 e 6, abrir via *Google* sala de aula (tanto presencial quanto remoto), um espaço para esclarecimentos, antes da próxima aula que irá tratar de energia e suas formas.

2.6 - Aula 7 - ENERGIA e suas Formas

No Quadro 2.17 está apresentado o Plano de Aula da aula 07 da sequência didática apresentada no Quadro 2.17.

Quadro 2.17 – Descrição do Plano de Aula da aula 07.

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola _____

Série _____

Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos).

Período: _____

Conteúdo – Termodinâmica – Energia Interna

Objetivos – Compreender os principais aspectos sobre o conceito de Energia no âmbito da Termodinâmica, sabendo relacionar com a primeira lei da Termodinâmica.

Recursos - Folhas impressas com textos sobre energia e suas formas, ou um arquivo disponibilizado pelo Google sala de aula. Simuladores computacionais via *datashow* ou TV multimídia ou *google* sala de aula e computador.

Metodologia:

1º momento - Leitura do Texto 3 - Energia e suas formas

2º momento - Explanar o conceito de trabalho e energia, presentes na Primeira Lei da Termodinâmica e sua associação com o Princípio da conservação de energia.

3º momento - Atividade com o uso de simulador PhET (Universidade de Colorado - <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>).

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 07

Para direcionar o trabalho a outro elemento primordial, o Sol, para a existência e manutenção de vida no planeta Terra, iniciar essa aula com o conceito de energia na Física e algumas de suas possíveis formas, realizando a leitura do Texto 3 (Quadro 2.18).

Quadro 2.18 – Texto 3 – Energia e suas formas.

Texto 3- Energia e suas formas

Não há uma definição exata para **energia**, e podemos dizer que ela está associada à capacidade de produção de ação e/ou movimento e manifesta-se de muitas formas diferentes, como movimento de corpos, calor, eletricidade etc. Por isso, ela está relacionada com a capacidade de realizar trabalho. (FEYNMAN, 2008).

No caso da Mecânica surge a definição de energia cinética e energia potencial, relacionadas ao conceito de energia mecânica. Em Eletrodinâmica tem-se a energia potencial elétrica, e na Termodinâmica, a energia térmica.

Na Mecânica quando somente forças conservativas atuam em um sistema temos o conceito de conservação de energia mecânica e o trabalho independe da trajetória, bem como o trabalho total realizado pelo corpo é nulo.

Na Termodinâmica o trabalho depende da trajetória, pois resulta do processo realizado, e está associado à **primeira lei da termodinâmica**, sendo uma versão do princípio da conservação da energia para os sistemas termodinâmicos:

$$\Delta Q - \Delta W = \Delta E_{int} . \quad (1)$$

Em que ΔQ variação do calor, ΔW a variação do trabalho, a energia interna (E_{int}) depende somente da temperatura e dos pontos iniciais e finais do processo termodinâmico envolvido.

A maioria dos sistemas da natureza sempre há a presença de forças dissipativas, e nesse caso continua sendo válido uma Lei mais geral a da conservação de energia total (HALLIDAY e RESNICK, 1983):

$$\sum W_{fnc} = \sum \Delta E_{pot} + \Delta E_{cin} + E_{int} , \quad (2)$$

em que: W_{fnc} trabalho realizado por forças não conservativas, E_{pot} energia potencial, E_{cin} é a energia cinética e E_{int} a energia interna. A equação (2) pode ser escrita como:

$$\sum \Delta E_{pot} + \Delta E_{cin} + E_{int} + \sum \left(\begin{array}{l} \text{da variação de outras} \\ \text{formas de energia} \end{array} \right) = 0. \quad (3)$$

Conforme citado pelos autores: [...] a energia total.....- não varia. A energia pode transformar-se de uma espécie a outra, e que não pode ser criada ou destruída; a energia total é constante. (HALLIDAY e RESNICK, 1983, p. 158).

A lei é chamada de conservação da energia. Nela enuncia-se que existe uma certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata, por que é um princípio matemático; ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo. (FEYNMAN, 2008, cap. 4 - p.1).

Energias renováveis e não renováveis

Os tipos de energia provenientes de fontes finitas (fontes de energia que terão um fim) são denominados de **energias não renováveis**. Esse é o caso da energia gerada a partir dos combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão. Já a energia gerada a partir de fontes que possuem capacidade de reposição natural são denominadas de energias renováveis ou limpas. Esse é o caso da energia proveniente da luz do Sol e da energia oriunda da força dos ventos (energia eólica).

A energia também pode se manifestar em diferentes formas, como por exemplo:

Energia térmica: está associada à energia cinética das moléculas que compõem um elemento. A manifestação do calor só ocorrerá caso exista essa energia em trânsito por uma diferença de temperatura entre dois corpos de forma espontânea do maior para o menor

Energia química: é a energia liberada ou formada a partir de reações químicas, como a energia produzida por pilhas e baterias.

Energia solar: é a energia proveniente da luz do Sol. Essa forma de energia pode ser aproveitada na geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas, por exemplo.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Apresentado as formas de energia, utilizar o simulador do PhET: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes> para demonstrar a transformação de energia, como escolha colocando o Sol como fonte e uma placa de fotovoltaica como apresentado na Figura 2.21.

Figura 2.21 – Cópia da tela do simulador PhET “formas de energia e transformações” – sistemas de energia.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>. Acesso em: 25 set. 2021.

Ao entrar na página inicial clique sobre “sistemas”.

Na parte inferior da tela estão as imagens: à esquerda escolha a do Sol, na do meio a placa fotovoltaica e na direita sobre o recipiente com água, para fazer essa escolha posicione o *mouse* sobre a imagem e clique sobre ela.

Selecione na parte superior a direita em “Símbolos de energia”. E poderá acompanhar qual tipo de energia está sendo transformada, para isso identifique pelas cores e descrição ao contido no quadro superior a direita. Nesse caso é possível

observar a transformação de energia luminosa (radiação solar) incidindo na placa fotovoltaica, transformando em energia elétrica, e essa se transformando em energia térmica aquecendo a água que pode ser observado com a elevação da temperatura no termômetro.

O que acontece se colocar nuvens? Quanto mais nuvens menor a incidência de energia luminosa (radiação solar) na placa diminuindo a quantidade de energia elétrica transformada em energia térmica e a água no final irá demorar mais a ser aquecida. Para essa verificação eleve o cursor onde está nenhuma nuvem para mais nuvem à esquerda do painel fotovoltaico e continue observando o que ocorre conforme acrescenta mais nuvens.

Encerrar a aula deixando os alunos alterar no simulador os outros tipos de fontes, receptor e o que a energia gerada produz no final, de acordo com o processo de transformação de energia escolhido por eles.

2.7 - Aula 08 - Formas de Propagação de Calor

No Quadro 2.19 está apresentado o Plano desta Aula. Como foi visto na Figura 2.6 a radiação solar é importante e uma das formas com que sua energia se transfere é denominada de calor por irradiação ou radiação, que faz parte de uma das três formas das denominadas de “propagação” de calor. Há também o calor por condução, e por convecção.

Quadro 2.19 – Descrição do Plano de Aula da aula 08.

Dados de identificação da Instituição Concedente

Nome da escola _____

Série _____

Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos).

Período: _____

Conteúdo – Termodinâmica – Formas de Propagação de Calor

Conceitos – Condução, Convecção, Radiação

Objetivos – Diferenciar as formas de “propagação de calor”.

Recursos - Folhas impressas com textos sobre as formas de “propagação de calor”, ou um arquivo disponibilizado pelo Google sala de aula. Simuladores computacionais via *datashow* ou TV multimídia ou *google sala de aula*. E celular (*smartphone*) para o *quiz*.

Metodologia:

1º momento -Leitura do Texto 4 sobre as formas de “propagação de calor”.

2º momento - Atividade com o uso do aplicativo Kahoot® (<<https://kahoot.com/>>)

3º momento - Atividades com o uso de simuladores: *Física na Escola*

<<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>.

Avaliação - Ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 08

Iniciar a aula com a leitura compartilhada pelos alunos do Texto 4 (Quadro 2.20). Este texto foi dividido em três partes, após cada parte utiliza-se um simulador do Física na Escola (*Physics at School*) para explicação de cada processo de transmissão de calor.

Quadro 2.20 – Texto 4 – “Formas de Propagação de Calor” – Fluxo de calor e Condução.

Texto 4 - Formas de “Propagação de Calor”

Baseado em: Ramalho *et al.* (1977 e 2016)

Como visto na aula 6, o calor é definido como energia em transição que ocorre de forma espontânea de um corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Nenhum corpo pode ter calor, pois a partir do momento em que cesse a transição de energia, já não é mais calor. O que está no corpo depois de terminada a transição é a energia interna do próprio corpo.

Esta energia em trânsito tem um sentido único: é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Assim, se em um dia frio você coloca suas mãos em um metal com temperatura menor que a temperatura de sua mão, a sensação de frio que você sente é seu corpo perdendo energia, que está sendo transferida para o metal. Do mesmo modo, quando queimamos a mão, o objeto tocado perde energia, “esfriando”, e esta energia é transferida para a mão, “esquentando-a”.

O **fluxo de calor** ϕ através de uma superfície de área A é dada por (RAMALHO *et al.*, 1977):

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \quad (1)$$

em que, ΔQ é a quantidade de calor que atravessa a área A no intervalo de tempo Δt . Sua unidade é dada por *cal/s*; ou *kcal/s*, bem como Watts, $W = J/s$, visto que calor é energia em trânsito de forma espontânea.

A “propagação de calor” ocorre de três modos: condução, convecção e radiação. Apresenta-se cada uma delas.

Condução

A transferência de calor ocorre por meio da agitação molecular/átomos, em um corpo ou entre mais corpos, quando estão em contato. Nesse processo, há um choque das moléculas/átomos mais energéticas com as menos energéticas, na vizinhança, transferindo energia cinética. Ex.: A panela de metal da sua casa. O fogo está só embaixo, e a panela toda aquece.

O processo de condução necessita de um meio material para ocorrer, portanto não ocorre no vácuo. E lembrando que é **a energia que se propaga** e não o meio material. Ainda no exemplo da panela, caso o cabo seja de metal, verá que após um tempo não só a panela é aquecida, e o cabo também, por isso normalmente os cabos são cobertos com algum material de baixa condutividade térmica.

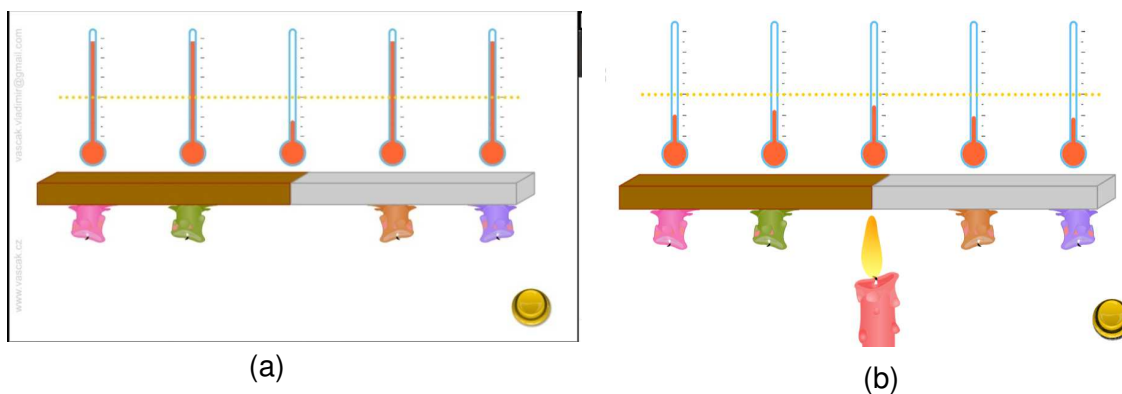
Continua.....

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Por meio do simulador proposto por Vladimir Vascak no site: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_vedeni_energie&l=pt, é possível demonstrar de forma lúdica o processo de condução de calor aos alunos.

Ao acessar o *link* apareça uma imagem igual a apresentada na Figura 2.22 (a). Ao clicar o botão amarelo com o *mouse* aparecerá uma simulação de uma chama Figura 2.22 (b) e o calor sendo conduzido ao longo da barra.

Figura 2.22 – Cópia da tela do simulador do Física na Escola – condução.



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_vedeni_energie&l=pt. Acesso em: 25 set. 2021.

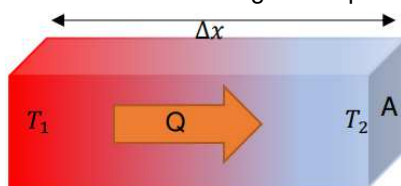
Pode ser observado que conforme o calor se propaga ao longo da barra, por meio da temperatura variando nos termômetros e que cada imagem de vela vai desgrudando da barra e caindo na superfície virtual, indicando a dependência no material com que a barra é feita. As velas grudadas à esquerda da chama caem primeiro, indicando que o material à esquerda tem uma condutividade térmica maior que o material à direita da vela.

Continuar a leitura do Texto 4 (Quadro 2.21), explorando a Lei de Fourier, condutividade térmica de materiais e o processo de transferência de calor denominado de Convecção.

Quadro 2.21 – continuação Texto 4 – “Formas de Propagação de Calor” – Lei de Fourier e Convecção.

O processo de transferência de calor por condução ocorre pela difusão que é o transporte de energia provocado por um gradiente de temperatura (Figura 1).

Figura 1 - Ilustração de um processo de difusão homogênea e linear do calor, da temperatura T_1 a T_2 , $T_1 > T_2$, em um material de largura Δx por uma área A .



Fonte: H. Mukai adaptado de Ramalho *et al.*, 1977.

Quando em regime estacionário, conforme apresentado por Ramalho *et al.*, 1977: [...] fluxo de calor por condução num material homogêneo é diretamente proporcional à área da seção transversal atravessada e à diferença de temperatura entre os extremos e inversamente proporcional à espessura da camada considerada. (RAMALHO *et al.*, 1977, p. 106), Conhecida como Lei de Fourier:

$$\phi = -K \frac{A\Delta T}{e}, \quad (2)$$

em que K é positivo e denominada de constante de condutividade térmica e depende da natureza do material (Tabela 1), e a espessura da camada do material com área de seção transversal A , e a ΔT variação de temperatura (no caso negativo por $T_2 < T_1$ conforme indicado na Figura 1).

Tabela 1 – Valores de condutividade térmica de alguns materiais.

Materiais	$K \left(\frac{\text{cal}}{\text{s cm } ^\circ\text{C}} \right)$
Alumínio	0,99
Ferro	0,16
Água	$1,4 \times 10^{-4}$
Lã	$8,6 \times 10^{-5}$
Ar-seco	$6,1 \times 10^{-5}$

Fonte: adaptado de Ramalho *et al.*, 1977.

Conforme se observa na Tabela 1, é possível compreender algumas situações do cotidiano, como por exemplo: uma panela de ferro demora mais para aquecer do que a de alumínio. A lã por ter uma baixa condutividade térmica torna-se um isolante de perda de calor, por isso quando se usa uma blusa, ela mantém o calor gerado pelo corpo e nos sentimos aquecidos, e não é que a blusa aquece. O mesmo ocorre com cobertores, eles nos mantem aquecidos, são bons isolantes térmicos e não fontes de calor.

Sugestão – Colocar um problema envolvendo o assunto e a equação (2) e os dados da Tabela 1 - Considerando uma blusa de lã de malha fechada com 0,5 cm de espessura, quantas calorías são transmitidas por metro quadrado durante uma hora, considerando que a pele da pessoa está a 34°C e o ambiente a 0°C? (adaptado de (RAMALHO *et al.*, 1977).

$$\phi = K \frac{A\Delta T}{e} = 8,6 \times 10^{-5} \left(\frac{\text{cal}}{\text{s cm}^\circ\text{C}} \right) \frac{(1 \times 10^4 \text{ cm}^2) (34 - 0)(^\circ\text{C})}{0,5 \text{ cm}} = 58,48 \frac{\text{cal}}{\text{s}} = 244,8 \text{ J/s}$$

Em que foi considerado que $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$. Em uma hora, a quantidade de calor transmitida Q em uma hora é de 21.052,80 cal ou 88.127,02 J. Para comparar vamos supor que se coloque uma folha de alumínio com a mesma espessura e temperatura de contato: $340.000 \frac{\text{cal}}{\text{s}}$, ou $1224 \times 10^6 \text{ cal}$ a cada hora.

Conveccão

No caso da conveccão ocorre TRANSPORTE DE MATÉRIA no processo de transporte da energia térmica entre regiões. Portanto é um fenômeno que só ocorre em fluidos como, líquidos, gases e vapores.

Nesses casos, o movimento de suas massas troca de posição até que o sistema entre em equilíbrio térmico com o ambiente. E essa movimentação ocorre pela diferença de densidade que surge devido ao aquecimento ou resfriamento do fluido em questão.

A temperatura é inversamente proporcional a densidade de massa. Logo, quanto mais quente menor a densidade e essa quantidade de massa se posiciona numa região superior

em relação à massa de menor temperatura que desce por estar com uma maior densidade, recebendo calor sobe, e assim continua o ciclo, formando a corrente de convecção no caso de líquidos ou gases.

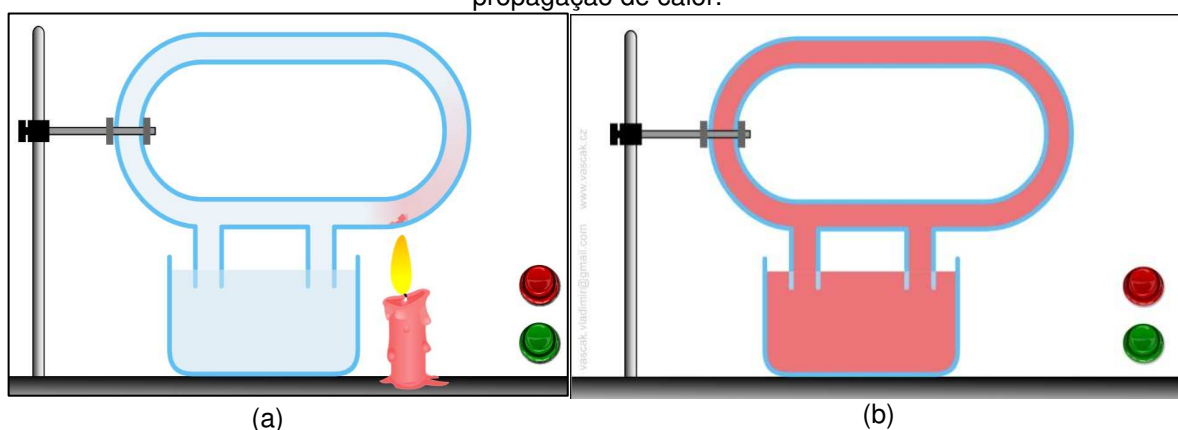
Para observar esse processo, coloque um pouco de pó de serra em um recipiente transparente que possa ir ao fogo e observe a formação dessa corrente de convecção. (RAMALHO *et al.*, 1977).

Continua.....

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Utilizar o simulador proposto por Vladimir Vascak, Figura 2.23, no site: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_proudeni_energie&l=pt>, para explorar o processo de condutividade por convecção.

Figura 2.23 – Cópia da tela do simulador do: Física na Escola – convecção (a) início e (b) final da propagação de calor.



Fonte: Vladimir Vascak, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_proudeni_energie&l=pt>. Acesso em: 25 set. 2021.

Observar neste simulador que o calor sobe (ponto de maior temperatura) e somente depois preenche a parte inferior (menor temperatura). **A explicação é como exposto no texto:** “quanto mais quente menor a densidade e essa quantidade de massa se posiciona numa região superior em relação à massa de menor temperatura que desce por estar com uma maior densidade, recebendo calor sobe, e assim continua o ciclo, formando a corrente de convecção no caso de líquidos ou gases”.

O processo de convecção não ocorre em sólidos e nem no vácuo, pois precisa de um meio material fluido (líquidos e gases). No Quadro 2.22, está a continuação do Texto 4, e inicia com exemplos do cotidiano sobre o processo de convecção, e depois é exposto sobre o processo de Irradiação.

Quadro 2.22 – continuação do Texto 4 “formas de propagação de calor” – parte final.

Exemplos de aplicações de consequências do cotidiano (baseado na referência Ramalho *et al.* (1977)):

Churrasqueira – Os gases aquecidos resultantes da combustão (fumaça) sobem (caso não tenha vento) e ao redor da chama do carvão cria-se uma região de baixa pressão que suga o ar externo que mantém a combustão. Esse efeito é visto mais claramente quando há uma chaminé, uma vez que é possível observar a fumaça saindo na parte superior.

Radiador de automóveis – O processo de convecção ocorre na água do radiador, que quando quente sobe e a fria desce, e isso evita do motor aquecer. Alguns possuem uma bomba d'água para forçar o processo de convecção.

Refrigerador – o fluido na tubulação quando quente sobe e quando resfria desce. Por isso o congelador está situado na parte superior da geladeira.

Ar condicionado ou Split – ambos são instalados em um ambiente na parte superior, mais perto do teto.

Refrigeração de bebidas – para refrigerar bebidas em caixas térmicas o ideal é colocar o gelo na parte superior. Normalmente é visto em barril de chope em que o gelo é colocado sobre ele.

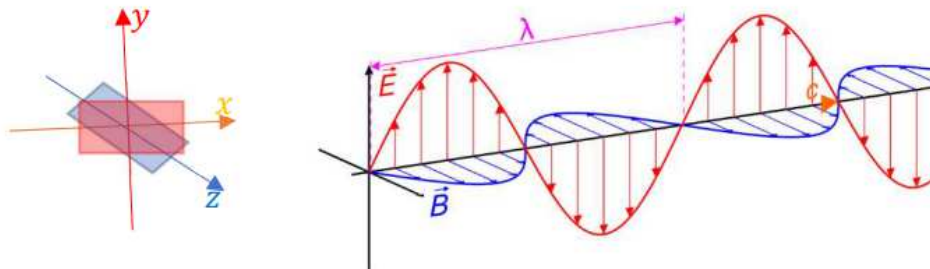
Sugestão – colocar imagens sobre cada situação e solicitar que os alunos expliquem como ocorre o processo de convecção. Posteriormente a resposta dos alunos, discutir cada situação e esclarecer o processo.

Irradiação

Irradiar significa emitir a partir de um ponto, propagar, espalhar. Assim, **ao processo** de emissão, propagação e espalhamento de um conjunto ou de uma radiação é denominado de irradiação. No processo de irradiação térmica só ocorre transporte de energia, não necessitando de um meio material para se propagar, portanto podem se propagar no vácuo.

A luz que o Sol emite é uma onda eletromagnética, em que a onda provinda de um campo elétrico propaga perpendicularmente a uma onda provinda de um campo magnético, a equação que a descreve é a composição destas duas ondas. As ondas de cada campo se propagam perpendiculares entre si, e ambas perpendiculares a direção de propagação (Figura 2).

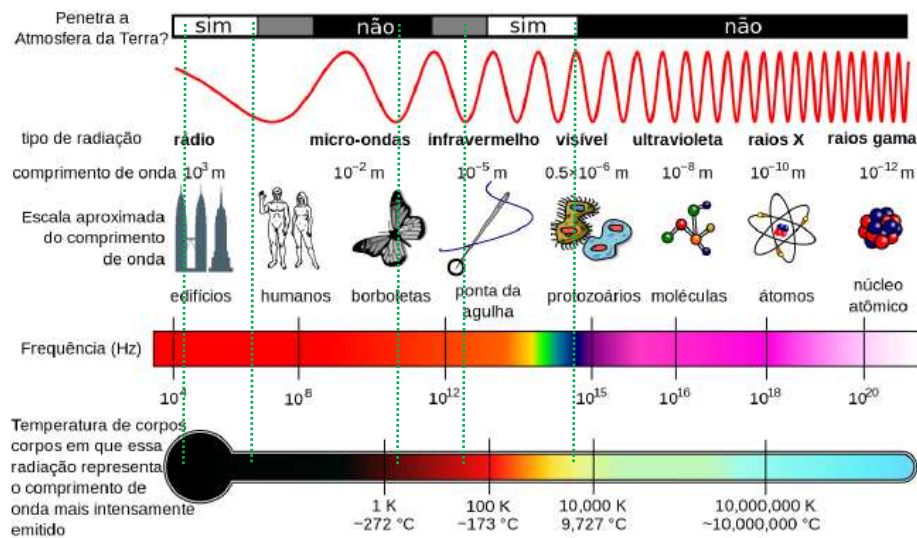
Figura 2 – Representação esquemática da propagação de uma onda eletromagnética, em que λ é o comprimento de onda, \vec{E} o campo elétrico perpendicular, plano (x, y) , ao campo magnético \vec{B} , plano (x, z) , e ambos perpendiculares a direção de propagação (x) com velocidade $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.



Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_vlna&l=es>. Acesso em: 22 fev. 2023.

Na Figura 3, pode-se observar os comprimentos de onda das radiações que a onda eletromagnética transporta. Cada cor está associada a um comprimento de onda. A frequência é dada por $f = c/\lambda$.

Figura 3 - Imagem ilustrativa das faixas dos comprimentos de onda das radiações de uma onda eletromagnética, inclusive a faixa da luz visível. E as faixas que penetram na atmosfera.



Fonte: Villate, 2016, ondas eletromagnéticas e luz. Disponível em: <<https://def.fe.up.pt/electricidade/ondas.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

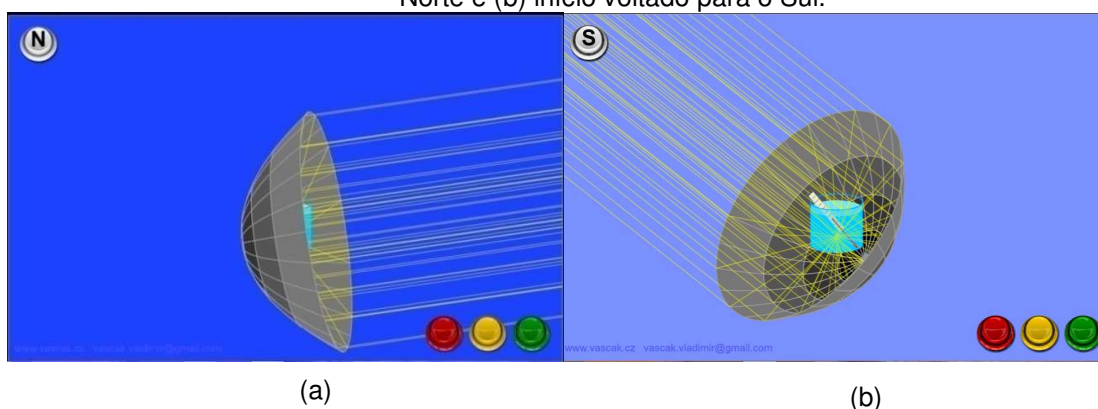
A transferência de calor ocorre por meio dessas ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo, predominando a **radiação infravermelha** como a que transmite calor. Desta forma, não necessita de um meio para ocorrer, podendo estar os corpos separados. Todo corpo com temperatura maior que 0 K (zero Kelvin, o zero absoluto) pode emitir radiação, mesmo que imperceptível. Ex.: Raios de Sol que aquecem a Terra.

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Utilizar o simulador disponível no “Física na Escola” (escolher a versão em Português de Portugal, é só clicar sobre a bandeira: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_zareni_energie&l=pt>).

Conforme Figura 2.24, escolha, N – norte ou S – sul e acompanhar o que ocorre com a temperatura no interior da antena dentro de um *Becker* com água e um termômetro, a antena irá girar e verifique os raios do Sol (radiação solar) conforme a antena gira.

Figura 2.24– Cópia da tela do simulador do: Física na Escola – Radiação (a) início voltado para o Norte e (b) início voltado para o Sul.

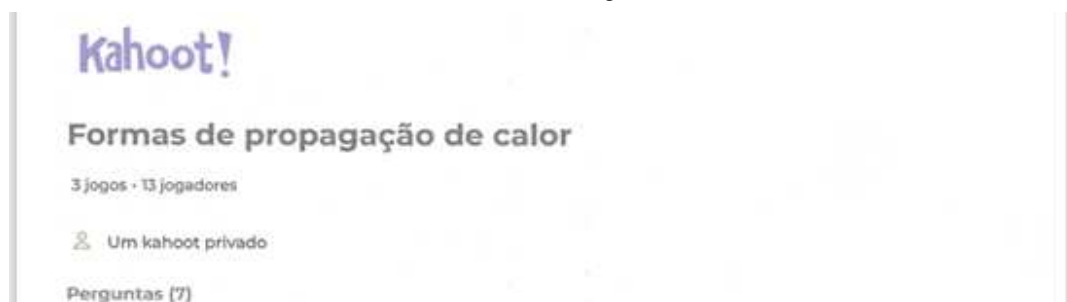


Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_zareni_energie&l=pt>. Acesso: 25 set. 2021.

Após anotar o que se observou, reforçar o conteúdo abrindo um espaço para esclarecimentos, antes da próxima aula. Fechamento por meio de um Quiz por meio do *Kahoot* (Figura 2.25).

Para elaborar um Quiz no *Kahoot* pode ser utilizado o formato gratuito no próprio site que explica como: <<https://support.kahoot.com/hc/pt-br/articles/115002884788-Como-criar-kahoots-e-perguntas>>.

Figura 2.25 – Cópia de tela do Quiz elaborado por Ferreira (2023), autora do presente trabalho utilizando a versão gratuita do Kahoot.



1 - Quiz

Quais são as formas de propagação de calor?

60 seg.

- condução, convecção e propagação ✗
- condução, convecção e radiação ✓
- propagação, radiação e convecção ✗
- condução, radiação e fusão ✗

2 - Quiz

O processo de condução de calor necessita de um meio material para ocorrer, portanto não ocorre no vácuo.

60 seg.

- verdadeiro ✓
- falso ✗

3 - Quiz

O cobertor de lã que usamos nas noites frias tem a função de:

60 seg.

- facilitar que o frio se afaste do nosso corpo ✗
- nos aquecer pois é uma fonte de calor ✗
- dificultar a transmissão de calor do nosso corpo para o ambiente ✓
- dificultar que o frio chegue ao nosso corpo ✗

4 - Quiz

A convecção é um fenômeno que só ocorre em fluidos como, líquidos, gases e vapores.

60 seg.

- verdadeiro ✓
- falso ✗

5 - Quiz

O calor do Sol chega ao planeta Terra por meio do processo chamado:

60 seg.

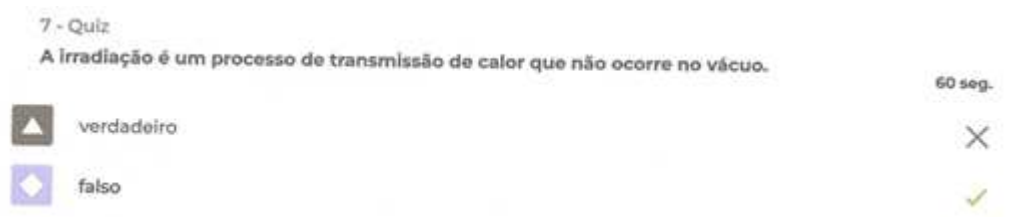
- condução ✗
- propagação ✗
- convecção ✗
- irradiação ✓

6 - Quiz

O aparelho de ar condicionado deve ser instalado em um ambiente na parte superior, mais perto do teto.

60 seg.

- verdadeiro ✓
- falso ✗



Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

2.8 - Aula 09- Energia Solar e a Vida no Planeta Terra

Dando continuidade ao processo de aquecimento planeta Terra, no Quadro 2.22 está exposto o plano de aula da Aula 09. Nessa aula ainda são abordados os conceitos termodinâmicos como o de temperatura, calor e sua forma de propagação voltada a energia solar.

Quadro 2.22 – Descrição do Plano de Aula da aula 09.

<p>Dados de identificação da Instituição Concedente</p> <p>Nome da escola _____</p> <p>Série _____</p> <p>Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos). Período: _____</p> <p>Conteúdo- Termodinâmica</p> <p>Conceitos - Temperatura, Calor, Radiação e Convecção</p> <p>Objetivos</p> <p>- Compreender a produção e emissão de energia solar e a sua importância para a conservação da vida na Terra.</p> <p>Recursos- Folhas impressas com textos sobre produção e emissão de energia solar.</p> <p>Metodologia:</p> <p>1º momento - Leitura dos textos</p> <p>2º momento - Discussão sobre os conteúdos apresentados</p> <p>Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.</p>

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 09

O Texto 5 (Quadro 2.23). é baseado em sua grande parte ao publicado por Rosimar Gouveia, em Característica do Sol, no site: <https://www.todamateria.com.br/caracteristicas-do-sol/>, que será indicado para os alunos terem acesso ao conteúdo.

Quadro 2.23 – Texto 5 - Energia Solar - Sol e suas Características.

Texto 5 – Energia Solar - Sol e suas Características

Fontes: GOUVEIA, [s.d.], no site: <https://www.todamateria.com.br/caracteristicas-do-sol/>, e ZUCCO (2012).

O Sol é uma estrela anã amarela e sua idade é de cerca de 4,6 bilhões de anos. Estima-se que levará em torno de 6,5 bilhões de anos até se transformar em uma anã branca, para quem quiser ler mais sobre o assunto sugerimos o trabalho de conclusão de curso de Zucco (2012), disponível no site: <<http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/12/JAQUELINE-ACOSTA-ZUCCO>>.pdf.

Características do Sol

No interior do Sol são produzidas enormes quantidades de energia, por meio de reações de fusão do hidrogênio em hélio. Essa intensa energia é a nossa fonte de luz e calor e sem ela não existiria vida na Terra.

Figura 1 – Desenho ilustrativo do sistema solar, apresentando o Sol no centro e os planetas a sua volta.



Fonte: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol> > Acesso: 22 jan. 2021.

Conhecendo o Sol

A superfície do Sol tem uma temperatura de $5,5 \times 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$ e aumenta em direção ao núcleo onde atinge cerca de $15 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$; A sua intensidade de campo gravitacional é 0,06% ao da Terra e a aceleração gravitacional é de $273,42 \text{ m/s}^2$. O período de rotação no equador é de 25 dias terrestres e nos polos aumenta para 36 dias. Ele está distante da Terra cerca de $149,6 \times 10^6 \text{ Km}$ o que equivale a 1 unidade astronômica (UA).

O Sol é tão grande que caberiam dentro dele $1,3 \times 10^6$ de planetas do tamanho da Terra. As interações entre o Sol e a Terra produzem as estações do ano, o tempo, o clima e as correntes oceânicas terrestres, bem como todos os fenômenos semelhantes que ocorrem nos demais corpos celestes do Sistema Solar. Ele não possui uma superfície sólida, é formada por gases. **A luz solar demora cerca de 8,3 min. para chegar a Terra.** Para esse cálculo basta dividir a distância Terra-Sol pela velocidade da luz.

Composição e estrutura

A massa do Sol corresponde a 99,8% da massa do nosso sistema solar. Ele é formado por gases, sendo que em número de partículas, a sua composição corresponde a 71% de Hidrogênio e 27% de Hélio. O Sol apresenta seis regiões, Figura 2:

Núcleo – Nessa região é o local onde ocorre a produção de ENERGIA SOLAR, e é a parte mais quente e com maior quantidade de massa do Sol. Tem cerca de $139 \times 10^3 Km$ de diâmetro.

Zona de radiação - a propagação da energia do núcleo ocorre por radiação.

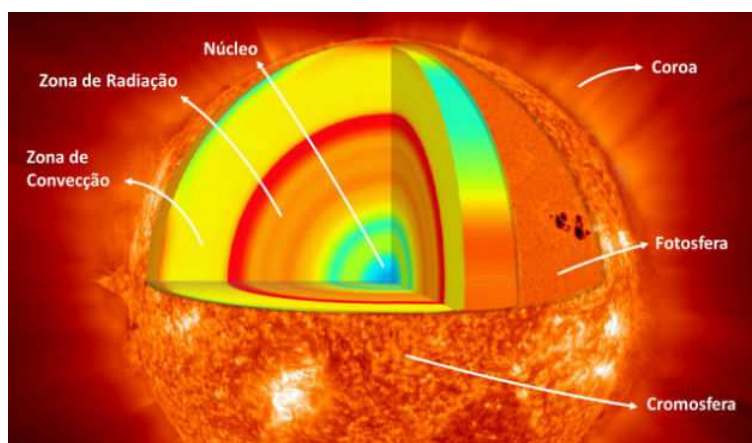
Zona de convecção – parte do Sol onde ocorrem as correntes de convecção de calor. Essas correntes levam a energia para a parte externa da superfície solar.

Fotosfera - é a parte visível a Terra.

Cromosfera - é a parte onde ocorre a transição entre a fotosfera e a coroa do Sol.

Coroa – formada por plasma, é a parte luminosa do Sol e a temperatura atinge $2 \times 10^6°C$.

Figura 2 - Imagem ilustrativa da estrutura do Sol e suas regiões.



Fonte: <<https://www.todamateria.com.br>>. Astronomia. Acesso em: 18 jan. 2021.

Explosões Solares

As reações de fusão termonucleares que ocorrem no interior do Sol produzem uma enorme quantidade de energia. Essa energia é levada para fora pela zona de convecção. Esse escape ocorre com a explosão de gigantes bolhas de plasma quente compostas por

átomos ionizados que se movem para cima. Na fotosfera, que é composta por cerca de 500 quilômetros de espessura, é de onde se escapa a maior parte da **radiação** do Sol.

As atividades solares ocorrem em ciclos de aproximadamente 11 anos. Elas acontecem em virtude da mudança de polaridade dos seus polos geográficos. Nos períodos de maior atividade solar ocorrem tempestades solares (manchas solares, erupções solares e ejeções de massa coronal), que liberam uma enorme quantidade de energia e partículas. O efeito da tempestade solar pode ser visto no vídeo “tempestade solar em 1 agosto 2010” - *Solar Storm on August 1, 2010.ogv* disponível em: no site do Wikipédia (<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol>>) em manchas solares.

Futuro do Sol

Na Figura 3 está representada o ciclo de vida do Sol, indicando no ponto atual e para qual direção a leva. O futuro do Sol será transformar em uma anã branca (ZUCCO, 2012).

Figura 3 – Desenho ilustrativo representando o ciclo de vida do Sol.



Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

Sol e a Vida na Terra

Como apresentado até o momento, o Sol é o centro do Sistema Solar. À sua volta giram os planetas e entre eles a Terra. O que faz com que na Terra exista vida e nos outros não? A sua composição e equilíbrio desta composição é a indicação mais provável. E qual o papel do Sol neste cenário?

O Sol nos fornece diretamente dois tipos de energia, a térmica (radiação infravermelha) e a luminosa conforme foi apresentado na Figura 3 do Texto 4. Em relação a energia térmica, o primeiro ponto a se refletir é o que ocorreria com a água do nosso planeta caso não existisse a energia solar? A água não estaria no seu estado líquido e sim no sólido. A Terra seria um planeta de gelo, pois o Sol fornece energia suficiente para que a água se mantenha no estado líquido, sendo vital para a vida neste planeta. Ao que se refere a energia luminosa, ela é necessária para que os seres autótrofos realizem a fotossíntese, fornecendo oxigênio e glicose, imprescindível para a manutenção da vida na Terra.

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Após a leitura do texto e discussões com os alunos, para o fechamento da aula, pode-se explorar a importância da luz solar do ponto de vista biológico. Nesse sentido, ela é necessária para que os seres autótrofos realizem a fotossíntese, fornecendo oxigênio e glicose, imprescindível para a manutenção da vida na Terra. Além disso, precisamos da luz solar para ativar a absorção de vitamina D nos ossos. Pois conforme explica o Prof. Maurício S. Batista do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP):

“As células da nossa pele têm moléculas que foram selecionadas na evolução biológica para sentir a luz, temos muitos pigmentos na pele que absorvem luz. Os fótons (partículas da luz) em si não são mutagênicos, não fazem nada, a não ser que sejam absorvidos – aí eles participam de reações fotoquímicas, gerando moléculas em estados excitados, que reagem quimicamente com outras moléculas”, Fonte: BATISTA, [s.d.] <https://redoxoma.iq.usp.br/noticias.php/como-funcionam-as-moleculas-que-fazem-nossa-pele-sentir-a-luz-solar>

2.9 - Aula 10 - Experimento 3 - Carrinho “movido” a Energia Solar

Dando continuidade a importância da luz solar e transformação de energia para seu uso como energia limpa, contribuindo para não aumentar o efeito estufa e conseqüentemente o aquecimento global, é proposto nesta aula que os alunos realizem a montagem de um carrinho previamente testado e desmontado para que compreendam o processo de transformação de energia térmica em elétrica e dessa em mecânica realizando trabalho. Para isso o usuário do presente texto deverá adquirir as peças e montar o seu próprio carrinho “movido” a energia solar com o uso de uma placa fotovoltaica. O Plano desta aula é a apresentada no Quadro 2.24.

Quadro 2.24 – Descrição do Plano de Aula da aula 10.

Dados de identificação da Instituição Concedente	
Nome da escola _____	
Série _____	
Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos).	Período: _____
Conteúdo - Termodinâmica	
Objetivos:	
- Promover a interação dos estudantes em atividades práticas de maneira individual e coletiva, por meio da construção de carrinho “movido” a energia solar;	

- Observar e compreender a importância da energia solar para a manutenção da vida na Terra.

Recursos - Folhas impressas com instruções para a montagem do experimento e materiais para a sua construção.

Metodologia:

1º momento - Montagem do carrinho “movido” a energia solar pelo professor.

2º momento: - Apresentação do funcionamento do experimento.

3º momento - Conclusão do experimento por escrito seguindo os passos do procedimento científico apresentado na Aula 02.

Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 10

Com o auxílio do texto do Experimento 3, Quadro 2.25, explicar os materiais envolvidos, objetivos, metodologia e procedimentos do que os alunos farão na aula. Para a compreensão de seu funcionamento sugerimos o vídeo: “Como funciona um carro movido a energia solar?” Youtube, 2020. 1 vídeo (10min43s). Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=uTu2pelrM3k>>. E para auxílio na construção a referência: carrinho solar – projeto social solares, 2018, disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/robo-carrinho-solar>>.

Quadro 2.25 – Texto sobre o Experimento 3 – Carrinho “movido” a energia solar

Experimento 3 – Carrinho “movido” a energia solar

Materiais Utilizados:

2 rodinhas de carrinho de brinquedo, com o eixo.

1 rodinha de carrinho de brinquedo solta.

1 Palito de sorvete.

1 cartão de crédito não utilizável.

1 Motor DC (5,9 V)

1 Placa fotovoltaica (11 x 6 cm, 6 V).

Pistola de cola quente

Super cola

Tesoura

Régua

Objetivos - Observar a transformação de energia solar em energia cinética.

Metodologia - Os alunos observarão a montagem do carrinho “movido” a energia solar pelo professor.

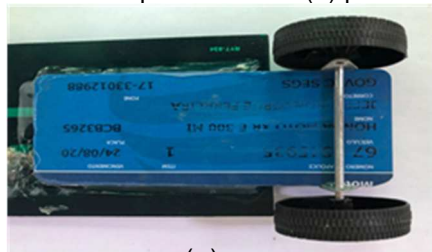
Procedimentos:

- a) Cortar o cartão de crédito com 3,5 cm de largura.
- b) Colar com super cola os dois encaixes do eixo no cartão (aproximadamente a 1 cm de distância da ponta).
- c) Passar o eixo pelos encaixes e colocar as rodinhas.
- d) Centralizar o cartão em uma das extremidades da parte inferior da placa fotovoltaica.
- e) Colar com cola quente o cartão de modo que as rodinhas fiquem próximas à placa.
- f) Cortar o palito de sorvete com 8 cm de comprimento.
- g) Colar com cola quente o motor na ponta do palito de sorvete e encaixar a rodinha solta no motor.
- h) Colar o palito com o motor na outra extremidade da parte inferior da placa fotovoltaica, de modo que a rodinha fique no centro e próxima à placa.
- i) Soldar os fios do motor na placa, positivo com positivo e negativo com negativo.
- j) O carrinho está pronto.

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Na Figura 2.26 apresentam-se as partes do carrinho e o produto final construído por uma das autoras (Profa. Marisa Sayuri Fukuhara Ferreira) do presente trabalho e usada na aplicação do presente PE em duas turmas, uma no ano de 2021 e outra no ano de 2022 (FERREIRA, 2023).

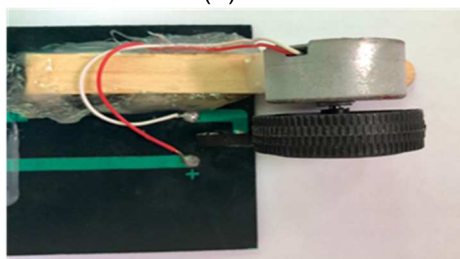
Figura 2.26 – Imagem fotográfica do experimento carrinho “movido” a energia solar – (a) placa fotovoltaica com o cartão e as rodinhas. (b) palito de sorvete com o motor DC e a rodinha. (c) placa fotovoltaica com o palito colado. (d) parte inferior do carrinho pronto e em (e) o carrinho pronto.



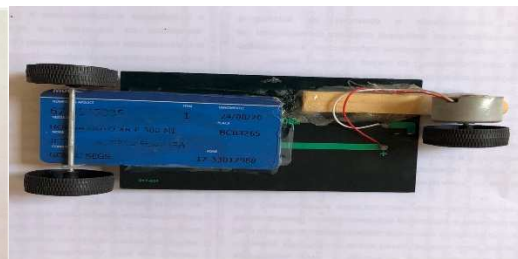
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: arquivos de M. S. F. Ferreira, 2021.

Levar os alunos para um espaço maior para testar o carrinho em local ensolarado, e solicitar que preencham o roteiro de coleta de dados que será utilizado como o relatório apresentado no Quadro 2.26. Utilizar o movimento do carrinho para relembrar a parte da mecânica sobre movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado. Para isso os alunos devem demarcar uma distância e anotar o tempo que o carrinho leva para percorrer cada distância a partir da origem, para confeccionar um gráfico posição por tempo.

Quadro 2.26 – Roteiro de coleta de dados a ser utilizado como relatório no Experimento 3 – carrinho “movido” a energia solar.

Nome completo

Idade

Série

Parte Experimental – Experimento 3 – Energia Solar

Atividade conjunta

Anotem as observações realizadas de acordo com a orientação docente

As questões serão questões abertas, de acordo com a curiosidade dos alunos, eles farão as perguntas e essas serão registradas.

1. Como você relaciona esse experimento com o cotidiano?

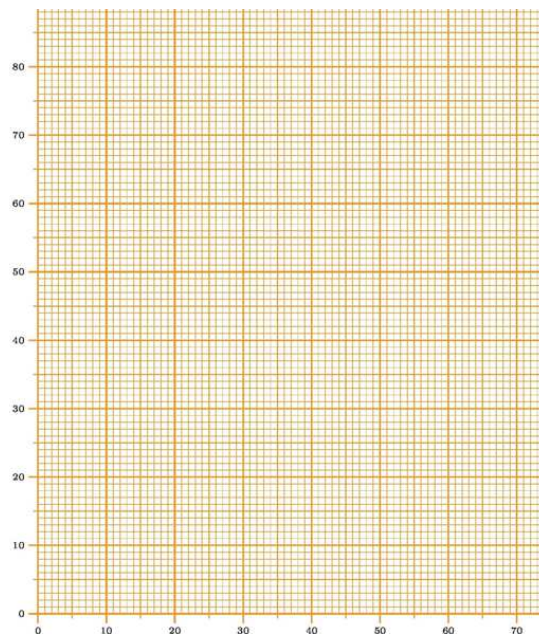
2. Qual a velocidade média do carrinho? Para responder preencha a Tabela 1, confeccione o gráfico no papel em escala milimetrada da Figura 1.

Tabela 1 – Dados da posição e o respectivo tempo para o carrinho movido a energia solar.

S(cm)	t(s)

3. Confeccione com os dados da Tabela 1, o gráfico no papel em escala milimetrada da Figura 1.

Figura 1 – Gráfico confeccionado com os dados da Tabela 1.

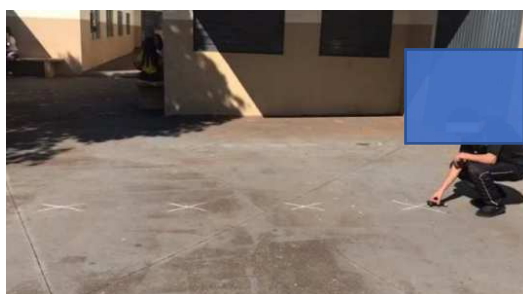


4. Qual tipo de movimento você obteve analisando o gráfico da Figura 1?
5. Para uma maior eficiência do carrinho o que você sugere e por qual motivo?
6. Quais tipos de energia você detecta neste experimento? Escreva na ordem de sua transformação.
7. Você acha que há conservação de energia mecânica? Justifique a sua resposta.
7. Como esse experimento se relaciona com o Tema Astrobiologia?
8. Como esse experimento se relaciona com os conceitos da Termodinâmica?

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Nas imagens da Figura 2.27 (a) apresenta-se um aluno realizando o experimento e em (b) os dados que obtiveram e em (c) o gráfico confeccionado em papel quadriculado.

Figura 2.27 – (a) Imagem fotográfica de alunos realizando o experimento 3; (b) dados medidos por eles, e em (c) o gráfico da posição versus tempo com os dados do item (b).



(a)

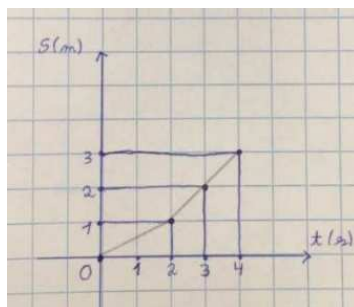
Preencha a Tabela 3.1, e confeccione o gráfico.

S(cm)	t(s)
0	0
100	2
200	3
300	4

$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta T}$
 $v_m = \frac{S - S_0}{T - T_0}$
 $v_m = \frac{3 - 0}{4 - 0}$
 $v_m = \frac{3}{4}$

$\frac{30 \text{ L} \times 2}{20} = 0,75$ $v_m = 0,75 \text{ m/s}$

(b)



(c)

Fonte: arquivos de M. S. F. Ferreira, 2022.

Após os alunos terminarem de responder o roteiro, encerrar a aula com discussão das questões e resultados anotados por eles. Sobre os resultados do experimento, um aluno obteve uma velocidade média de $0,75 \text{ m/s}$, e no gráfico³⁶ que foi um movimento inicialmente acelerado e depois passou a ser uniforme no tempo total de medida, conforme apresentado na Figura 2.27. Uma observação importante foi ele ter trabalhado com os conceitos de cinemática para essa análise e o mesmo não ter sido abordado nas aulas da oficina pedagógica. Quanto à análise dos resultados experimentais por ele obtido, para saber exatamente o tipo de movimento é necessário investigar mais, pois deveria ter mais posições e repetir a medida do tempo pelo menos umas 5 vezes para fazer a média e então fazer o gráfico da posição versus tempo médio e analisar o comportamento obtido. Verificar também, que a superfície seja plana (sem declividade ou aclividade) e tenha a mesma textura no espaço a ser percorrido.

Outra questão a ser analisada é a 7, pois não foi trabalhado explicitamente sobre a conservação de energia mecânica nos textos, foi brevemente citado no Texto 3, e a ideia é saber se percebem a diferença entre a conservação de energia total e a

³⁶ Na implementação não foi fornecido o papel milimetrado e o aluno fez em um papel quadriculado.

da energia mecânica. A transformação de energia foi contínua da energia luminosa para elétrica e dessa para cinética (mecânica). E a energia mecânica é composta de energia cinética e potencial, para que haja conservação a energia mecânica inicial deve ser igual a final, e o experimento não abrange a possibilidade dessa análise.

2.10 - Aula 11 - Exoplanetas e o Futuro do Planeta Terra

No Quadro 2.26 está apresentado o Plano de Aula em que será tratado sobre os Exoplanetas e o futuro do planeta Terra.

Quadro 2.26 – Descrição o Plano de Aula da aula 11.

<p>Dados de identificação da Instituição Concedente</p> <p>Nome da escola _____</p> <p>Série _____</p> <p>Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos). Período: _____</p> <p>Conteúdo: Exoplanetas e o Futuro do Planeta Terra</p> <p>Objetivos: Discutir a existências de exoplanetas e o futuro do planeta Terra.</p> <p>Recursos: <i>Data show</i> e vídeos: “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos” e “Detectando Exoplanetas”.</p> <p>Metodologia:</p> <p>1º momento- Visualização do vídeo: “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos”, por Stephen Hawking <https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8></p> <p>Tempo total: 11min58s.</p> <p>2º momento – Visualização do vídeo: Adriana Valio (VALIO, 2019) explica o vídeo: Detectando Exoplanetas. <https://www.youtube.com/watch?v=upKY2QqxPLI></p> <p>Tempo total: 9min35s.</p> <p>3º momento - Discussão sobre os vídeos.</p> <p>Avaliação - A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.</p> <p>1º momento: Visualização do vídeo - 7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos</p> <p><i>Link:</i> <https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8></p> <p>Tempo total: 11min58s.</p>
--

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 11

Apresentar por meio do *Datashow* o vídeo: “7 Previsões para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos”, por Stephen Hawking <https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8> -Tempo total: 11min58s. Esse vídeo foi disponibilizado por: Incrível: <http://incrivei.club>, sendo uma seleção de conteúdos deles em que selecionaram 7 das previsões feitas pelo físico, sendo elas:

- Vacinas geneticamente modificadas terão um efeito negativo a longo prazo. 1min10s;
- Alienígenas vão invadir o nosso planeta. 2min47s;
- O Universo vai terminar. 4min12s;
- Robôs vão substituir seres humanos. 4min43s;
- Armas nucleares vão destruir a humanidade. 6min3s;
- Nós vamos precisar encontrar outro planeta para viver. 6min37s;
- A Terra entrará em combustão e virará uma bola de fogo. 10min11s.

Discussão:

O planeta Terra é capaz de suportar as “mudanças” causadas pelo ser humano? Ou seja, a sua ação para cada previsão o vídeo cita que:

“Nós ainda não entendemos completamente os danos, a longo prazo, que as misturas de vacina geneticamente modificadas podem ter.

-Muito provavelmente, os seres cósmicos encontrarão nossa rocha flutuante no espaço e provavelmente irão querer nos destruir ou nos estudar como ratos de laboratório.

-Hawking previu que o nosso universo acabará por desaparecer na escuridão quando todas as estrelas padecerão de energia.

-O cientista acreditava que a inteligência artificial poderia eventualmente ficar mais esperta e superar os humanos ou, pior, decidir se livrar de nós.

-O desenvolvimento de tecnologia militarizada e armas de destruição em massa pode nos levar a consequências desastrosas, o que significaria o fim do nosso mundo.

-De acordo com Hawking, temos que encontrar outro planeta para viver dentro dos próximos 100 anos. Caso contrário, morreremos como espécie, porque a Terra já alcançou "o ponto sem volta".

-O aquecimento global deixará as condições na Terra semelhantes às de Vênus. A temperatura média será de cerca de 249°C. Nosso planeta vai explodir em chamas em menos de 600 anos.”

Clube Incrível disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8>

Entregar o Texto Auxiliar 4 (Quadro 2.27) para que os alunos continuem a refletir sobre a ação humana e essa influência no futuro do planeta Terra.

Texto Auxiliar 4 - Futuro do planeta Terra

Fonte: (ROSA, 2021). Disponível em: <<https://canaltech.com.br/meio-ambiente/futuro-do-planeta-terra-esta-mais-ameacado-do-que-se-imagina-diz-novo-estudo-177728/>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

“As próximas décadas serão complicadas para o planeta Terra, que vem aguardando desastres provocados pelas mudanças climáticas já anunciados há um bom tempo. De acordo com um novo estudo realizado por um grupo de 17 pesquisadores da Austrália, Estados Unidos e México, três grandes crises que vão ameaçar a vida na Terra nos próximos anos: distúrbios climáticos, redução da biodiversidade e consumo humano excessivo, além do aumento excessivo da população.

Com a redução da biodiversidade, os principais ecossistemas do planeta serão prejudicados, resultando em poucas florestas que protegeriam os humanos de enchentes e outros desastres naturais.

Devido às alterações climáticas, Figura 1, esses desastres naturais virão com ainda mais força e frequência até o ano de 2050, elevando o nível do mar e forçando pessoas de diversos países a se tornarem refugiadas, o que vai colocar mais vidas em risco e ainda provocar uma ruptura da sociedade.”

Figura 1 - Imagem ilustrativa das mudanças climáticas. Recuo Glacial McCarty entre 1909 e 2004.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aquecimento_global>. Acesso em: 22 jan. 2021.

“A superpopulação e a migração irão trazer problemas sociais graves, como instabilidade de moradia e alimentação, aumento do desemprego e desigualdade social.

Os pesquisadores afirmam, no entanto, que não está garantido que os desastres vão acontecer, e, para evitá-los, será preciso que líderes mundiais comecem a enfrentar as ameaças com mais seriedade.”

2º momento: Visualização do vídeo - **Detectando Exoplanetas**

Link: < <https://www.youtube.com/watch?v=upKY2QqxPLI>>

Tempo total: 9min35s.

Discussão sobre o vídeo

O que são exoplanetas?

Exoplanetas são planetas que se encontram fora do nosso Sistema Solar.



Como detectar um exoplaneta?

Por não emitirem luz própria e devido à sua grande distância até a Terra, os exoplanetas são muito difíceis de serem detectados. Existem métodos apropriados como foi apresentado no vídeo os mais utilizados: velocidade radial, microlente gravitacional, trânsito e o direto.



Entregar aos alunos o Texto Auxiliar 5 (Quadro 2.8), pois o vídeo pode ficar indisponível.

Quadro 2.8 – Texto Auxiliar 5 – Astrobiologia e Exoplanetas

Texto Auxiliar 5 – Astrobiologia e Exoplanetas

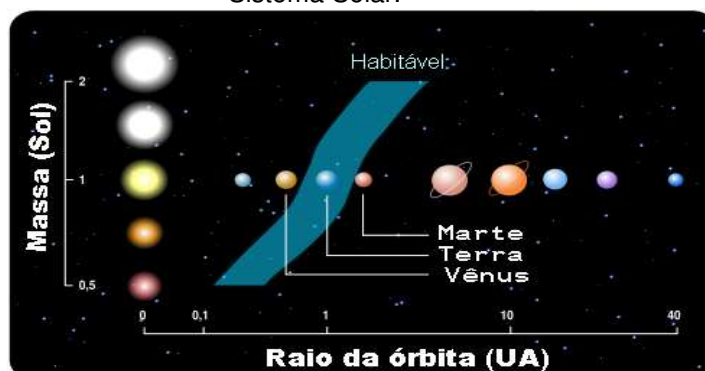
Alguns elementos como água líquida, fontes de energia e uma combinação bastante específica de componentes químicos são essenciais para a existência da vida como a conhecemos, ou seja, a vida no planeta Terra. Todavia, não podemos descartar a existência de vida em outros planetas a partir de combinações diferentes das que aconteceram por aqui.

Por meio de ferramentas e métodos da ciência contemporânea, a Astrobiologia tenta não apenas detectar a presença de vida fora da Terra, e também compreender a sua origem e evolução. Para isso, há necessidade de pesquisar planetas com condições de habitabilidade - termo científico para uma área de um sistema estelar, planetário ou galáctico que reúne as condições físico-químicas necessárias para o desenvolvimento da vida. (GALANTE, 2016).

Para que ocorra a possibilidade de desenvolvimento de vida fora da Terra, algumas condições devem ser satisfeitas (MELLO, 2016):

- **Presença de uma estrela** de longa vida capaz de fornecer energia luminosa de forma contínua durante vários bilhões de anos, proporcionando o surgimento e evolução da vida. Na Figura 1 é apresentada a zona de habitabilidade para estrelas de diferentes massas em função do raio da órbita em unidades astronômicas (UA);

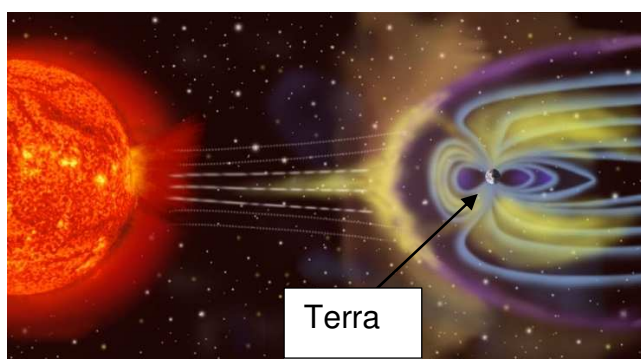
Figura 1 – Imagem ilustrativa da zona de habitabilidade para estrelas de diferentes massas no Sistema Solar.



Fonte: SARAIVA, 2001, disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/vida_ET/vet.htm>. Acesso em: 10 set. 2022

- **A composição rochosa do planeta**, que seja capaz de manter água líquida na superfície durante os bilhões de anos;
- **O campo magnético**, que, no caso da Terra, é de extrema importância para a proteção da sua superfície contra ataques de partículas energéticas do vento solar e dos raios cósmicos. Sendo comprimida durante o período diurno devido às forças das partículas que a atingem e estendida no lado noturno, como ilustrado na Figura 2. (SILVEIRA, 2017).

Figura 2 – Imagem ilustrativa indicando a magnetosfera que protege das partículas energéticas a superfície da Terra. Comprimido no lado do Sol e estendido no lado oposto.

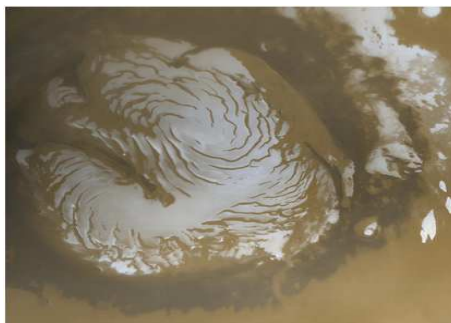


Fonte: Por NASA - <<http://sec.gsfc.nasa.gov/popscise.jpg>>, Domínio público, apud <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=192450>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

Apesar de nenhuma evidência concreta de vida extraterrestre ter sido detectada até agora, os elementos básicos para sua existência parecem existir em outros lugares. No sistema solar há outras luas congeladas como as denominadas de Titã (maior satélite natural de Saturno) descoberto por Christiaan Huygens em 1655, e a Europa (uma das 79 luas/satélites de Jupiter) descoberta por Galileu Galilei em 1610. Já foram identificados materiais orgânicos na atmosfera de Titã e da Europa, e apresenta elementos essenciais para a vida como calor, água e compostos orgânicos.

As observações do relevo de Marte, aparentemente composto por leito secos de rios e a presença de uma calota de gelo na superfície, Figura 3, indicam que esse planeta tenha tido água no estado líquido no passado.

Figura 3 – Imagem fotográfica de uma calota de gelo do planeta Marte.



Fonte: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_\(planeta\)#/media/Ficheiro:Martian_north_polar_cap.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_(planeta)#/media/Ficheiro:Martian_north_polar_cap.jpg)>. Acesso em 25 jan. 2021.

O satélite Europa está localizado em uma região muito fria do sistema solar, possuindo uma superfície coberta de gelo com extensas fendas, Figura 4, provavelmente originadas da presença de água líquida abaixo da sua superfície. Apesar do frio, Europa possui calor gerado pelas forças de maré produzidas por Júpiter, o que possibilita a existência de organismos do tipo extremófilos, formas de vida primitiva que sobrevivem em ambientes extremos, vivendo nas profundidades desse corpo celeste.

Figura 4 – Imagem registrada pela sonda Galileo da superfície congelada e trincada do satélite Europa.



Fonte: Nasa/jplCaltech/seti Institute. <<https://www.nasa.gov/image-article/europas-stunning-surface/>> Acesso em: 25 mar. 2023.

A busca por vida fora da Terra pode ir muito além do sistema solar. Já são conhecidas bilhões de estrelas, cada uma com probabilidade de ter um sistema planetário, assim a possibilidade de existência de vida nesses mundos pode ser muito grande. Partindo dessa premissa, muitos astrônomos voltaram as suas pesquisas pela procura por planetas que orbitam outras estrelas, os chamados exoplanetas, distantes muito anos-luz da Terra e que teriam condições de abrigar vida, mesmo que suas características ambientais sejam diferentes daquelas existentes em nosso planeta.

A maioria dos exoplanetas descobertos são gasosos como Júpiter, ou possuem composição de gelo, como Urano. Todavia, alguns parecem possuir constituição rochosa, como a Terra, e outros, estão a uma distância que possibilitaria a existência de água líquida, oportunizando a vida como a conhecemos.

Por não emitirem luz própria e devido à sua grande distância até a Terra, os exoplanetas são muito difíceis de serem detectados. Recentemente, por meio de métodos alternativos ou indiretos tornou-se possível a detecção de exoplanetas (FARIAS, 2022).

Método da velocidade radial

O método de velocidade radial é uma técnica de detecção indireta, pois consiste na medição da velocidade com o qual a estrela se afasta ou se aproxima do planeta, variando a sua posição. Esse fenômeno é resultado dos efeitos gravitacionais que o exoplaneta exerce sobre sua estrela.

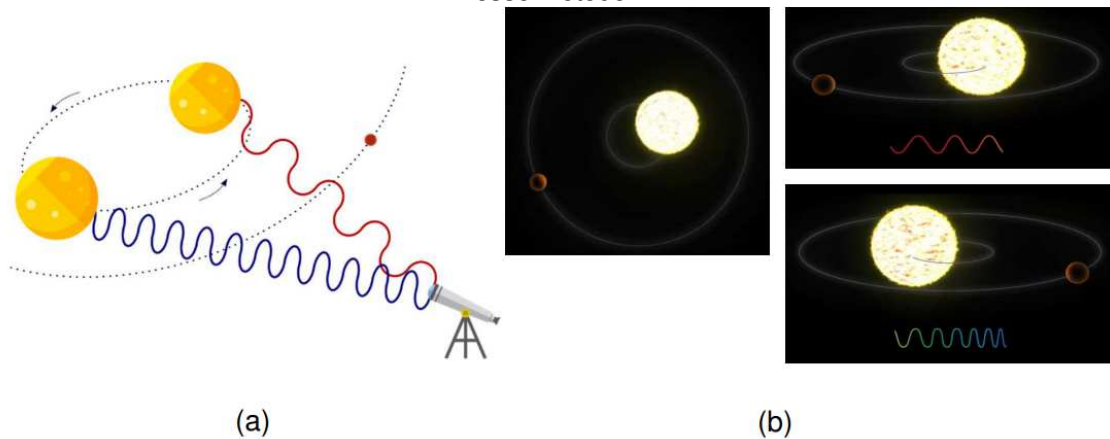
Um sistema composto por apenas uma estrela, possui o centro de massa coincidindo com o centro da estrela. Porém, quando o sistema possui outros corpos, como exoplanetas, a gravidade desses corpos muda o centro de massa do sistema planetário. A presença de um exoplaneta altera a velocidade da estrela hospedeira, ela passa a girar em torno do centro do sistema que não coincide mais com o seu centro.

Isso se deve ao efeito Doppler³⁷, no qual ocorre a variação dos comprimentos de onda da radiação. Ao observarmos uma estrela com exoplanetas, conforme ela rotaciona o centro de massa do sistema, sua órbita provoca o afastamento ou aproximação do observador.

Quando a estrela está se aproximando, ocorre o efeito conhecido como *blueshift*, que em português significa desvio para o azul, em que a luz é deslocada para comprimentos de onda menor - mais próxima do azul ($\lambda = 440$ a 485 nm). E quando ela está se afastando acontece o *redshift*, desvio para o vermelho, pois a luz é transportada para comprimentos de onda maior - mais próximo do vermelho ($\lambda = 625$ a 740 nm). Figura 5 (a). Essa variação só ocorre quando existe a presença de um ou mais exoplanetas orbitando a estrela. No *site* da NASA se refere a “Observando Oscilações”, na Figura 5 (b) a posição do exoplaneta em relação a sua estrela os deslocamentos para o vermelho e o azul.

³⁷ “Efeito Doppler é um fenômeno físico observado nas ondas quando emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimento com relação ao observador. Foi-lhe atribuído este nome em homenagem a Christian Doppler, que o descreveu teoricamente pela primeira vez em 1842.” (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Doppler).

Figura 5 – (a) Ilustração do método da velocidade radial., indicando o deslocamento para o azul e para o vermelho. A onda azul indica que o planeta está aproximando do observador e a vermelha afastando do observador. (b) Cópias de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar esse método.

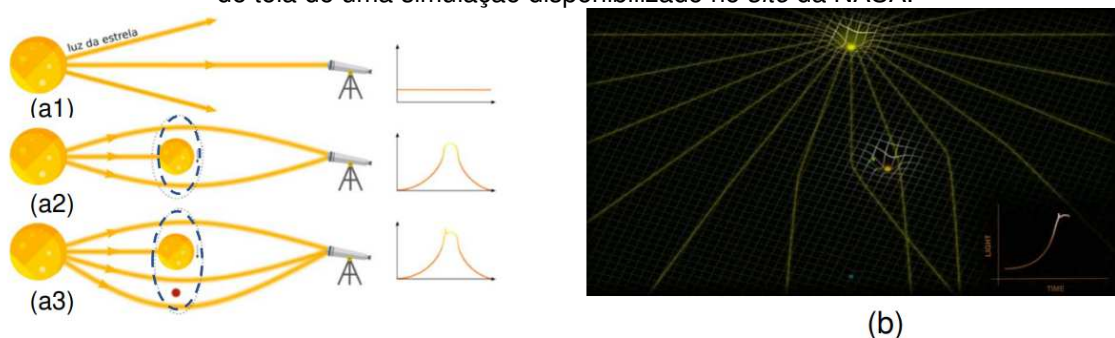


Fonte: (a) autoria de Raquel Farias (2022) - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos>> e b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/1>>. Acesso em: 04 abr.2023.

Método de detecção por microlente gravitacional

Essa técnica é baseada na Teoria da Relatividade geral de Albert Einstein. Para que esse evento ocorra, é necessário que duas estrelas estejam alinhadas com a Terra, de forma que o campo gravitacional da estrela intermediária provoque uma deformação no espaço-tempo. Assim, a gravidade de um objeto maciço, como uma estrela e seu exoplaneta, interferem na trajetória da luz emitida por objetos mais distante, produzindo um efeito de lente convergente para o observador na Terra, ampliando a imagem da estrela ao fundo. Geralmente esse fenômeno de microlente produz uma imagem em forma de anel, conhecida como “anel de Einstein”, como ilustrado na Figura 6 (a). No *site* da NASA se referem como “luz na lente da gravidade” (Figura 6 (b)).

Figura 6 – Desenho ilustrativo do efeito da microlente gravitacional (MLG). (a1) luz da estrela em linha reta; (a2) efeito da MLG e o anel de Einstein e (a3) detecção por meio da MLG do brilho da estrela por meio do alinhamento de uma estrela e seu exoplaneta (ponto em vermelho). Em (b) cópia de tela de uma simulação disponibilizado no *site* da NASA.



Fontes: autoria de Raquel Farias (2022) - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos>> e (b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/4>>. Acesso em: 04 abr.2023.

Em 2016 o telescópio OGLE (acrônimo de *Optical Gravitational Lensing Experiment*³⁸) desenvolvido pela Universidade de Varsóvia da Polónia, situado no deserto do Atacama, utilizou o método da microlente gravitacional para detectar o exoplaneta OGLE-2016-BLG-1195Lb, que é uma “Terra de Gelo”, ilustrado na Figura 7, quando sua estrela mãe produziu o efeito de microlente gravitacional numa estrela mais distante. (CARDIAL, 2017)

Figura 7 – Ilustração artística do exoplaneta OGLE-2016-BLG-1195Lb



Fonte: <<https://www.galeriadometeorito.com/2017/05/microlente-gravitacional-revela-Terra-de-Gelo.html>> - Créditos: NASA/JPL-Caltech. Acesso em: 06 abr. 2023.

A desvantagem desse método é que ocorre de maneira aleatória, sendo muito raro, pois é necessário que uma estrela e o seu exoplaneta cruzem a frente de uma outra estrela mais distante que está sendo observada. Por isso, a utilização dessa técnica se concentra em regiões centrais da galáxia, onde as chances de alinhamento ocorrer são maiores.

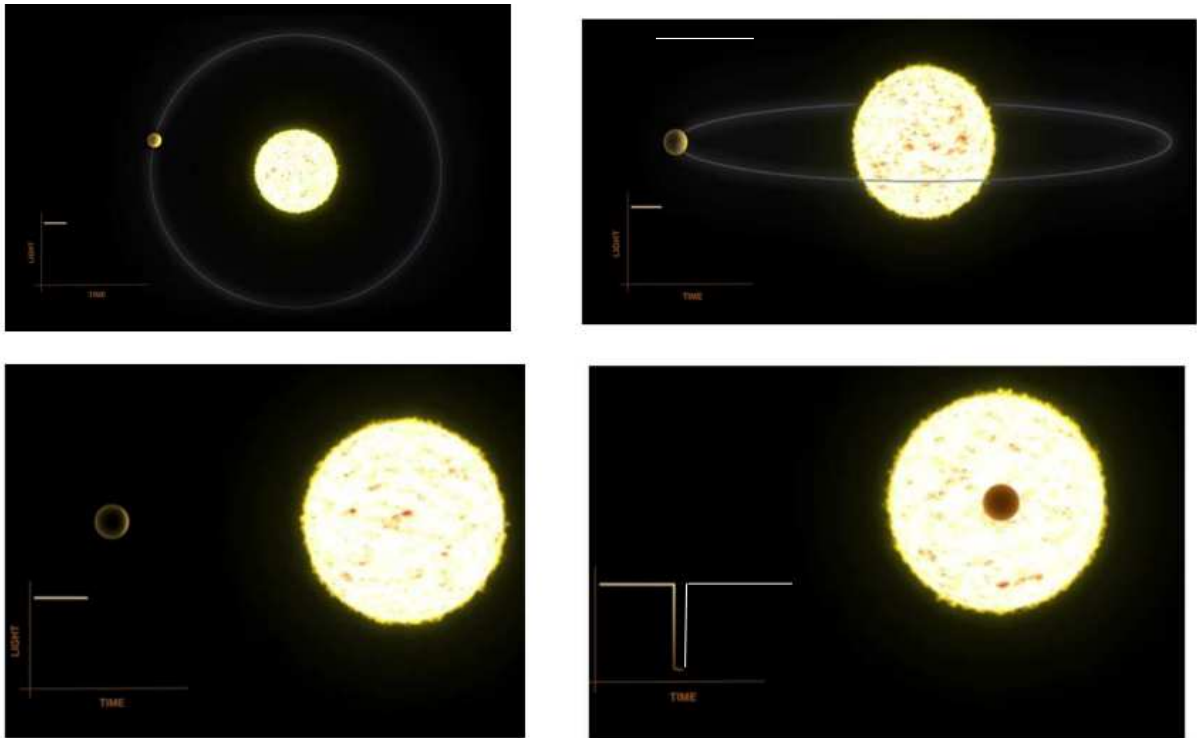
Método de trânsito

O método de trânsito é uma forma indireta de detecção de exoplanetas, também chamado de eclipse ou ocultamento. Ocorre quando o exoplaneta passa diretamente na frente da sua estrela hospedeira, criando um efeito de eclipse, diminuindo a sua luz. Essa alteração na curva de luz da estrela, com pequenas diminuições do seu fluxo, denunciam a presença de um exoplaneta, conforme ilustrado nas imagens da Figura 8 das etapas do simulador disponibilizado pela NASA em seu *site*. A NASA se refere como “procurando por sombras”.

A intensidade e frequência dessas diminuições irão indicar o tamanho e o período da órbita do exoplaneta, pois exoplanetas maiores bloquearão mais luz. Devemos considerar que os planetas são muito pequenos em comparação com a sua estrela e que estão muito distantes, então, a quantidade de luz bloqueada é muito pequena, largura da barreira indicada na última imagem da Figura 8, geralmente inferior a 1% do total emitido.

³⁸ Tradução da autora: Experimento de Lentes Gravitacionais Ópticas.

Figura 8 –Cópia de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar o método de trânsito, do brilho versus tempo na presença de exoplaneta criando um efeito de eclipse, em que na sua presença diminui a intensidade de luz observada no gráfico da última imagem.



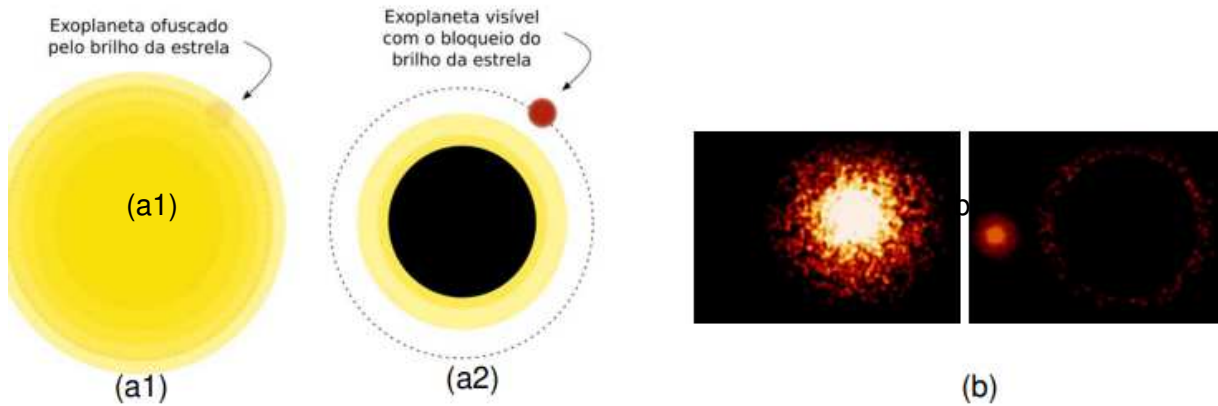
Fonte: <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/2>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

Esse método é considerado muito eficiente, e é necessário que a estrela seja observada por longos períodos com um telescópio de alta precisão e que o planeta cruze à frente da estrela, limitando muito o número de observações por meio dessa técnica.

Método de Imagem Direto

Esse método a NASA se refere a “tirando fotos” e é o menos utilizado, pois as estrelas normalmente apresentam-se com grande intensidade de luz, o que dificulta observar um exoplaneta, pois nessa técnica o observador bloqueia a luz da estrela para observar se a sua volta há um exoplaneta, como ilustrado na Figura 9 (a) e em (b) cópia de telas do simulador disponibilizado pela NASA.

Figura 9 – desenho ilustrativo do método de Imagem direta. Em (a1) a luz da estrela reflete no planeta impedindo a observação da existência de um exoplaneta. Em (a2) a técnica bloqueando a luz da estrela e observando em volta. Em (b) apresentam-se as mesmas situações de (a) sendo cópias de tela do simulador disponibilizado pela NASA para observar o método.



Fonte: (a) autoria de Raquel Farias (2022) - <<http://sbastrobio.org/index.php/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> e (b) <<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/3>> Acesso em: 06 abr. 2023.

Na Tabela 1 apresentam-se o número de exoplanetas detectados por cada método para os exoplanetas com massa e período orbital medido ou estimado.

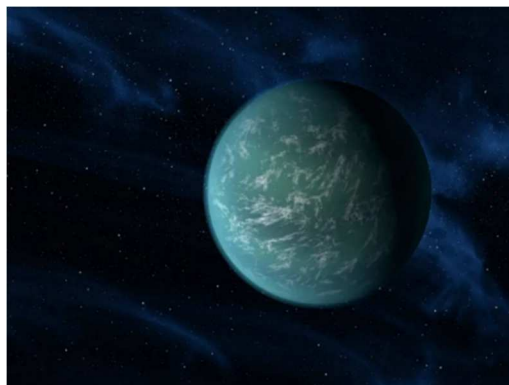
Tabela 1 - Censo de exoplanetas - Método e os dados dos números de exoplanetas descobertos

Método	Nº Exoplanetas	Porcentagem (%)
Trânsito	3.955	74,8
Velocidade radial	1.023	19,4
Microlentes	9	1,2
Imagem	16	3,4
<i>Pulsar Timing</i> (Astrometria – Movimentos minúsculos)	6	
Outros	50	

Fonte: elaborado com os dados da NASA, disponíveis em: <<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/discoveries-dashboard/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

O primeiro exoplaneta que orbita a uma distância de 7 milhões de quilômetros a estrela *51 Pegasi*, foi detectado em 1995, por meio da técnica de variação de velocidade radial. E foi descoberto por Michel Mayor e Didier Queloz da Universidade de Genebra. Segundo a NASA (<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/exoplanet-catalog/>), em 09/04/2023 informam que já foram descobertos 5.322 exoplanetas e há ao menos 9.418 candidatos. Na Figura 10 apresenta-se uma ilustração feita pela NASA do exoplaneta *Kepler 22b*.

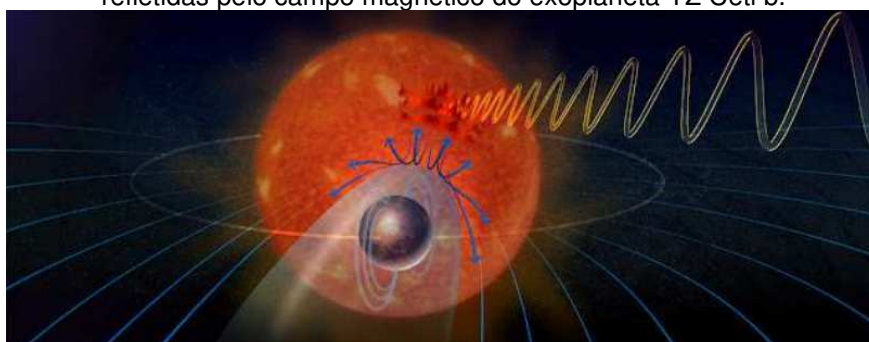
Figura 10 - Ilustração do exoplaneta Kepler 22b.



Fonte: Reprodução Nasa apud <<https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/como-os-astronomos-descobrem-exoplanetas-que-estao-fora-do-nosso-sistema-solar/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

Foi publicado pela revista *Nature Astronomy* em 03/04/2023 por Sebastian Pineda e Jackie Villadsen que um sinal de rádio foi detectado vindo do exoplaneta YZ Ceti b, descoberta em 2017, que é um planeta rochoso que orbita uma estrela anã vermelha próxima ao nosso planeta. Esse sinal de rádio foi emitido por essa estrela e refletida por ele, indicando que há um campo magnético em torno desse exoplaneta, conforme a ilustração artística apresentada na Figura 11. Para detectar as ondas de rádio, são usados os radio telescópios.

Figura 11 - Ilustração artística das ondas de rádio emitidas pela estrela anã vermelha sendo refletidas pelo campo magnético do exoplaneta YZ Ceti b.



Fonte: <<https://www.galeriadometeorito.com/2023/04/um-sinal-de-radio-diferente-de-tudoque.html#more>> – créditos: NASA/divulgação. Acesso em: 09 abr. 2023.

Lembrando que ter um campo magnético é uma das condições para a existência de vida em um planeta.

Mesmo com a tecnologia que dispomos hoje, ainda não é possível afirmar que haja vida em qualquer um dos exoplanetas conhecidos. Entretanto, os astrônomos são capazes de identificar quais os exoplanetas apresentam condições climáticas, diâmetro, massa, atmosfera e incidência de luz parecidos com os da Terra, dessa forma, são capazes de elencar quais exoplanetas podem ser considerados “habitáveis”, em outras palavras, apresentam condições de abrigar vida.

Fonte: elaborado pelas autoras, 2021 e revisado em 2023.

Portanto, como foi visto até o momento, são muitas as condições para a existência de Vida em um Planeta, para a sua habitabilidade e a manutenção da vida no planeta. E os conceitos termodinâmicos estão presentes na sua grande maioria.

Encerrar a aula esclarecendo as dúvidas que os alunos possam ter e informar a quantidade de exoplanetas descobertos e o número de candidatos a exoplanetas que pode ser obtido direto no site da NASA: <<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/exoplanet-catalog/?>>.

2.11 - Aula 12 - Verificação do aprendizado

Nesta aula será verificado os indícios do aprendizado nos conteúdos trabalhados, em que se propõem dois momentos, primeiro que os alunos façam um texto por escrito sobre a Termodinâmica na Astrobiologia, e depois que respondam novamente o questionário inicial (Quadro 2.2) que agora será considerado como avaliativo. Para ter por escrito, uma avaliação do PE, foram acrescentadas as duas seguintes questões:

- “14) Qual das atividades trabalhadas neste projeto você mais gostou? Por quê?”;
- “15) Qual das atividades trabalhadas neste projeto você achou mais difícil de entender? Por quê?”.

O Plano dessa aula está apresentado no Quadro 2.9.

Quadro 2.9 – Descrição do Plano de Aula da aula 11.

Dados de identificação da Instituição Concedente	
Nome da escola _____	
Série _____	
Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos).	Período: _____
Conteúdo: Astrobiologia e Termodinâmica	
Objetivos: Verificar o aprendizado dos conteúdos trabalhados.	
Recursos: Folhas impressas com um questionário avaliativo sobre Astrobiologia e Termodinâmica.	
Metodologia:	
1º momento: Redigir um texto sobre os conteúdos trabalhados durante a aulas.	
2º momento – Reaplicação do Questionário inicial (Quadro 2.2).	
Avaliação: A avaliação também ocorrerá por meio de observação e análise do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.	

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 12

Orientar os alunos a redigir um texto sobre os conteúdos trabalhados durante as aulas e logo a seguir aplica-se o mesmo questionário, descrito no Quadro 2.2, a fim de verificar indícios do aprendizado dos conteúdos trabalhados segundo Ausubel, de forma significativa.

Finalizar a aula, recolhendo o texto e o questionário.

2.12 - Aula 13 - *Feedback*

Esta aula foi reservada para que os alunos deem um retorno sobre o conteúdo e a metodologia adotada, bem como para que o(a) docente dê um retorno aos alunos quanto ao desempenho que tiveram de seu ponto de vista e também da comparação entre os dois questionários respondidos pelos alunos.

O Plano de Aula é o apresentado no Quadro 2.9.

Quadro 2.9 – Descrição do Plano e Aula da aula 13.

<p>Dados de identificação da Instituição Concedente</p> <p>Nome da escola _____</p> <p>Série _____</p> <p>Tempo da aula: 1 hora/aula (50 minutos). Período: _____</p> <p>Conteúdo: Astrobiologia e Termodinâmica</p> <p>Objetivos: Receber um <i>Feedback</i> dos alunos sobre o PE aplicado e também dar um retorno a eles.</p> <p>Recursos: Folhas sulfites. Apresentação em slides via <i>datashow</i> ou <i>TV</i> multimídia.</p> <p>Metodologia:</p> <p>1º momento: Receber um retorno dos alunos sobre o PE</p> <p>2º momento: Dar um retorno aos alunos da evolução dos mesmos, em relação a comparação dos questionários diagnóstico e avaliativo, e também por meio de observações do envolvimento dos estudantes com as atividades realizadas durante a aula.</p> <p>Avaliação: Participação e envolvimento dos estudantes.</p>
--

Fonte: elaborado por M. S. F. Ferreira, 2021.

Desenvolvimento da Aula 13

Apresentação via *datashow* de *slides* contendo as questões e as respostas, tabelas e gráficos com a comparação entre os questionários: diagnóstico e avaliativo da turma.

Fechar a aula agradecendo a todos os alunos pela participação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Produto Educacional tem como objetivo estudar os conceitos vistos em Termodinâmica, partindo da terminologia, relacionando-os com a Astrobiologia por meio de uma sequência didática tendo como aporte teórico o conceito da Aprendizagem Significativa, proposta pelo norte-americano David Paul Ausubel (1918 -2008). Teoria essa proposta em 1968, e atual quanto a sua forma de aplicação, que se fundamenta na utilização do conhecimento prévio dos alunos, chamado de subsunçores.

O Produto Educacional proposto foi implementado em formato de Oficina Pedagógica em um colégio particular com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio, e posteriormente, aplicado em uma turma regular do 9º ano do Ensino Fundamental em um colégio estadual, desde o início observou-se a busca pelo conhecimento por parte dos discentes. Por meio da análise das respostas dos alunos, seja por questionários realizados ao longo do PE, ou por diálogos e debates quando aplicados, constatou-se que os resultados foram satisfatórios, pois os alunos apresentaram indícios de uma aprendizagem significativa.

Enfatizamos que esse PE é suscetível a adaptações realizadas por outros professores que queiram utilizá-la, conforme a realidade da sua escola e o número de aulas disponíveis, uma vez que as matrizes curriculares do ensino fundamental e médio são diferenciadas, inclusive focar em outros conceitos da Física ou outro componente curricular. Nesse sentido, citamos como exemplo explicar o processo da fotossíntese ao analisar o terrário, ou explorar a relação entre o efeito estufa e aquecimento global ao estudar os planetas do Sistema Solar. Ressaltamos que os experimentos podem ser aplicados separadamente e utilizados em uma feira de Ciências, pois ao confeccionar os próprios modelos, a aprendizagem se torna muito mais expressiva.

Assim, compreendemos que a aplicação dessa proposta contribui para o engajamento e conhecimento formal não só de docentes, como também dos alunos, que são, sem dúvidas, os protagonistas do processo de aprendizagem. Todavia, evidenciamos que esse processo não se encerra, sendo necessária novas discussões a respeito, pois a aprendizagem é inerente ao ser humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, M. S. Como funcionam as moléculas que fazem nossa pele 'sentir' a luz solar. E por que a exposição moderada ao sol sem proteção faz bem para a saúde. [s.d.]. Disponível em: <<https://redoxoma.iq.usp.br/noticias.php/como-funcionam-as-moleculas-que-fazem-nossa-pele-sentir-a-luz-solar>>. Acesso em: 15 abril 2023.

BORGES, F. F. Caixa de Ciências - Água. EduCapes, 2017. Disponível em:<<https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/174542>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf> Acesso em: 28 janeiro 2022.

BRASIL. Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa: alfabetização em foco – projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 6. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2012.

CARDIAL, R. Microlente gravitacional revela uma 'Terra de Gelo' a 13.000 anos-luz de distância, 2017. Galeria do meteorito. Disponível em: <<https://www.galeriadometeorito.com/2017/05/microlente-gravitacional-revela-Terra-de-Gelo.html>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

CERIZZE, B. Entenda como funciona o método científico, 2020. Disponível em: <https://blog.enem.com.br/entenda-como-funciona-o-metodo-cientifico/>. Acesso em 18 jan. 2021.

Efeito estufa. A meteorologia- IAG-USP. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/siae98/estufa/estufa.htm>>. Acesso em 12 jan. 2021.

EVANGELISTA, C. R. Propagação de calor. Infoescola. Disponível em <<https://www.infoescola.com/termodinamica/propagacao-de-calor/>>. Acesso em 18 jan. 2021.

EXOPLANETAS: o que são e como detectamos? Sociedade Brasileira de Astrobiologia. Disponível em: <<https://www.sbastrobio.org/2022/02/14/exoplanetas-o-que-sao-e-como-detectamos/>> . Acesso em: 19 fev. 2022.

FARIAS, M. L. L.; Barbosa, M. A. A. Integrando o ensino de astronomia e termodinâmica: explorando a zona habitável no diagrama de fase da água. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, n. 4, 2017. Disponível em: <www.scielo.br/rbef> . Acesso em: 12 jan. 2021.

FEYNMAN, Richard. Lições de física de Feynman. Trad. Adriana Válio Roque da Silva e Kaline Rabelo. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FÍSICO, O. Como funciona um carro movido a energia solar? Youtube, 2020. 1 vídeo (10min43seg). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uTu2pelrM3k>> . Acesso em: 12 jul. 2021.

FRANCISCO, W. C e. *Big Bang*: a teoria do *big bang*. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>> . Acesso em: 09 jul. 2021.

FERREIRA, M. S. F., Astrobiologia, uma motivação para o estudo de conceitos da Termodinâmica em Ciências da Natureza. 2023. 352 fls. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2023. Disponível em: <<http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>>..

GALANTE, D., da SILVA E.P., RODRIGUES, F., HORVATH, J.E. e AVELLAR, M.G.B., Astrobiologia uma ciência emergente. Tikinet, Edição IAG/USP, São Paulo, 2016.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social - 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOUVEIA, R. Características do Sol. Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/caracteristicas-do-sol/>> acesso em 18 jan. 2021.

HALLIDAY D.; WALKER, J.; RESNICK, R. Fundamentos da Física: gravitação, ondas e termodinâmica– 8. ed.- Rio de Janeiro: LTC, v.2. 2009.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica – 10. ed. – Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2016.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. Física – Mecânica – 4^o ed. – Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 1983.

HELERBROCK, R. Exoplanetas. Mundo Educação. Disponível em <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/exoplanetas.htm>> . Acesso em: 09 jul. 2021.

INCRÍVEL. 7 PREVISÕES para o Futuro da Terra nos Próximos 200 Anos, por Stephen Hawking. Youtube, 2018. 1 vídeo (11 min58seg). Disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=qdbYn_9L9A8> . Acesso em: 18 jan. 2021.

JUNGES, A. L.; SANTOS, V.; MASSONI, N. T. e SANTOS, F. A. C. Efeito Estufa e Aquecimento Global: uma Abordagem conceitual a partir da física para educação básica. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.5 p.126, 2018. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID531/v13_n5_a2018.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023.

KAHOOT, Disponível em: <<https://support.kahoot.com/hc/pt-br/articles/115002884788-Como-criar-kahoots-e-perguntas>>. Acesso em: 10 out. 2021.

KHAN ACADEMY, O ciclo da água. [s.d.]. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/materia-e-energia-a-gua-na-terra/a-agua-na-terra/a/distribuicao-da-agua-na-terra>> . Acesso em: 08 maio 2023.

LIMA, A. L. L. Método científico. Brasil Escola. [s.d.]. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/metodo-cientifico.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

MAGALHÃES, V. A., **Experimentação: a construção de terrários como atividade prática investigativa no ensino de ciências da natureza.** In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense. Curitiba: SEED/PR.; 2016. (Cadernos PDE). Disponível em:<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_cien_uem_valdneyalvesmagalhaes.pdf> . Acesso em: 12 jul. 2021.

MELLO, G. P. de. Planetas habitáveis: onde estão os lugares no Universo adequados ao nosso ou a outros tipos de vida? Cap. 4. In: GALANTE, D.; et al. (Org). Astrobiologia, uma ciência emergente. São Paulo: Tikinet Edição: IAG/USP, 2016. Disponível em

<<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MENEZES, P. Método Científico. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/metodo-cientifico/>> . Acesso em: 18 jan. 2021.

MOREIRA M. A. e OSTERMANN, F. Sobre o Ensino do Método Científico, **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v.10, n.2: p.108-117, ago.1993. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7275/14939>> Acesso em: 18 abr. 2021.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? Porto Alegre- RS Aprendizagem Significativa em Revista/*Meaningful Learning Review*, 2011. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeeafinal.pdf> >. Acesso em: 25 jan. 2022.

_____, Desafios no ensino da física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, suppl. 1, e20200451 (2021). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxHqLy/?lang=p>> Acesso em: 25 jan. 2022.

O UNIVERSO: além do Big Bang. History Channel, 2010, 1 vídeo (1h30min51seg). Disponível em: <<https://gloria.tv/post/k3z3UJZ8CiRX12WALNZFQ9MkD> >. Acesso em: 18 jan. 2021.

Pedagogia & educação, "Sistema Solar: planetas e características". 2013. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/sistema-solar-planetasecaracteristicas.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

PROJETO SOLARES UFES. Carrinho solar: projeto social solares. Vida de silício, 2018. Disponível em <<https://portal.vidadesilicio.com.br/robo-carrinho-solar/>> Acesso em: 09 jul. 2021.

RAMALHO, F.; FERRARO, N.; SOARES, P. Os Fundamentos da Física 2: Termologia, Geometria da luz e Ondas. 1ª edição. São Paulo, Editora Moderna, 1977.

RAMALHO, F.; FERRARO, N.; SOARES, P. Os Fundamentos da Física 2: Termologia, Óptica e Ondas, 9ª edição. São Paulo, Editora Moderna, 2016.

SARMENTO, K. K. F. *et al.* Aplicação da destilação solar na potabilização de águas contaminadas, Research, Society and Development, v. 10, n. 11, e322101119644, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19644>. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/19644/17573/241415>>. Acesso em 10 out. 2021.

ROSA, N. Futuro do planeta Terra está mais ameaçado do que se imagina, diz novo estudo, 2015. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/meio-ambiente/futuro-do-planeta-terra-esta-mais-ameacado-do-que-se-imagina-diz-novo-estudo-177728/>>. Acesso em :12 jul 2021.

SILVEIRA, F. L. Efeito do campo magnético do Sol na Terra. CREF, 2017. Disponível em <<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=efeito-do-campo-gravitacional-do-sol-na-terra>> Acesso em: 12 jul. 2021.

SOUSA, Rafaela. "Sistema Solar"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sistema-solar.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

SOUZA, Y. L. - "Sobre a astrobiologia". [s.d]. Disponível em: <https://www.infoescola.com/ciencias/astrobiologia/>. Acesso em: 10 out. 2021.

VAL, A. M. G. do; DOMINGUES, R. Z.; MATENCIO, T. Diagrama de fases. Curso de Química, Modalidade de Ensino a Distância, UFMG. Disponível em <https://www2.ufjf.br/quimicaead//files/2013/09/FQ_II_Diagramasdefase.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

VALIO, A., DIVULGA, SAIFR. Detectando Exoplanetas: Nobel de Física 2019. Youtube, 2019. 1 vídeo (9min35s). Disponível em: < <https://youtu.be/upKY2QqxPLI>> Acesso em 18 jan. 2021.

VILLATE, J. Ondas Eletromagnéticas e Luz, 2016. Universidade do Porto, Lisboa. Disponível em: <<https://villate.org/eletricidade/ondas.html>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZUCCO, J. A., 2012. Estrelas: nascimento e morte – qual futuro do Sol? Trabalho de Conclusão de curso, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <<http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/12/JAQUELINE-ACOSTA-ZUCCO.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2021.