



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



CONVERTENDO A RADIAÇÃO SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA

Felipe Moreira Correia

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Deise Miranda Vianna

Rio de Janeiro
Dezembro de 2019

CONVERTENDO A RADIAÇÃO SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA

Felipe Moreira Correia

Orientadora:
Deise Miranda Vianna

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Deise Miranda Vianna (Presidente)

Prof. Luís Fernando de Oliveira

Prof. Vitorvani Soares

Rio de Janeiro
Dezembro de 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

C824c Correia, Felipe Moreira

Convertendo a radiação solar em energia elétrica / Felipe
Moreira Correia - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2019.

205 f.

Orientadora: Deise Miranda Vianna.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós Graduação em Ensino
de Física, 2019.

Referências Bibliográficas: f.141-149

1. Ensino de Física. 2. Alfabetização Científica. 3. C-T-S. 4.
Sequencia de Ensino por Investigação. 5. Energia Solar.

I. Vianna, Deise Miranda, II. Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino
de Física. III. Convertendo a radiação solar em energia elétrica.

Agradecimentos

Aos meus amigos de turma do MNPEF pela companhia e parceria durante as disciplinas.

Aos alunos da turma da terceira série do ensino médio do ano de 2018 da escola Daltro Netto - Méier que a aceitaram participar do projeto e a coordenação por permitir a aplicação desta atividade.

À minha namorada Ana Clara pelo apoio e por entender que foi necessário perder vários finais de semana para completar essa dissertação.

Ao professor Reinaldo de Melo e Souza pela disciplina ministrada no programa e pelo suporte com a física envolvida.

Principalmente à minha orientadora pela oportunidade de me orientar novamente com toda sua paciência e dedicação durante todo o processo de produção da tese.

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

RESUMO

CONVERTENDO A RADIAÇÃO SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA

Felipe Moreira Correia

Orientadores:
Deise Miranda Vianna

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Devido às mudanças climáticas globais, estamos em uma época de valorização do quadro de energias limpas, emergindo uma necessidade de mudanças de hábitos e na maneira de pensar sobre o mundo. Como professor, a melhor maneira de contribuir com essas mudanças é levar a discussão para a sala de aula. Por isso optamos por uma atividade que se inicia com uma problematização da matriz energética brasileira que tem como objetivo destacar o processo de conversão da Energia Solar em Energia Elétrica. A atividade proposta baseia-se no enfoque CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) que visa à construção de relações desses três elementos dentro do tema, de tal maneira que contribua para a Alfabetização Científica dos alunos, ou seja, promova a capacidade de argumentar, refletir, questionar e de se posicionar com um olhar crítico para o problema apresentado, fomentando sua formação cidadã. Este projeto foi levado para a sala de aula através de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI), que se fundamenta na mudança da postura do aluno e do professor, colocando o estudante a participar de maneira mais ativa, sendo ele o protagonista da atividade e o professor atuando como guia, intervindo de tal maneira que auxilie o debate entre os estudantes. Na sequência proposta são realizados experimentos e questionamentos sobre a capacidade de transformação energética da radiação solar, as tecnologias envolvidas e os conceitos científicos por trás desses processos, a interação da radiação e o efeito fotoelétrico. A aplicação se deu em uma turma da terceira série do Ensino Médio da rede particular da cidade do Rio de Janeiro, sendo necessários oito tempos de aula para a conclusão do conteúdo, que foi inserido no cronograma normal das aulas. Todas as etapas foram gravadas e alguns episódios foram transcritos e analisados, para buscar evidências do processo de Alfabetização Científica dos alunos. Todos os experimentos foram elaborados com materiais de baixo custo para sua fácil reprodução.

Palavras-chave: Ensino de Física, Alfabetização Científica, C-T-S, Sequência de Ensino por Investigação, Energia Solar.

Rio de Janeiro
Dezembro de 2019

Abstract

CONVERTING SOLAR ENERGY INTO ELECTRICITY

Felipe Moreira Correia

Supervisor:

Deise Miranda Vianna

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Due to global climate change, we are in a time of appreciation of the clean energy framework, emerging a need for changes in habits and the way of thinking about the world. As a teacher, the best way to contribute to these changes is to take the discussion to the classroom, so we opted for an activity that begins with a problematization of the Brazilian energy matrix that aims to highlight the process of converting solar energy into electricity. The proposed activity is based on the STS (Science-Technology-Society) approach that aims to build relationships of these three elements within the theme, in such a way as to contribute to the students' Scientific Literacy, that is, to promote the ability to argue, reflect, question and position themselves with a critical look to the problem presented, fostering their citizen formation. This project was taken to the classroom through a Inquiry-based sequence teaching, which is based on changing the attitude of the student and the teacher, placing the student to participate more actively, being the protagonist of the activity. and the teacher acting as a guide, intervening in such a way as to assist the debate among the students. The application took place in a third grade high school class of a private school in the city of Rio de Janeiro, requiring eight class times to complete the content, which was inserted in the normal schedule of classes. All stages were recorded and some episodes were transcribed and analyzed to look for evidence of the students' Scientific Literacy process. All experiments were designed with low cost materials for easy reproduction.

Keywords: Physics Teaching, Scientific Literacy, S-T-S, Inquiry-based sequence teaching, Solar Energy.

Rio de Janeiro
December 2019

Sumário

Capítulo 1: Introdução e Justificativa	1
Capítulo 2: Referencial Teórico	8
2.1 Ciência Tecnologia e Sociedade (C-T-S).....	8
2.2 Ensino Investigativo ou Ensino por Investigação	15
Capítulo 3: A radiação solar e sua conversão	21
3.1 Forno Solar de Caixa	21
3.2 Efeitos da radiação solar	24
3.3 Efeito Fotoelétrico.....	27
3.4 Tipos de painéis fotovoltaicos, rendimento e potência.	30
Capítulo 4: Descrição da Atividade - Convertendo a radiação solar em energia elétrica	35
4.1 Dia Zero: Entrega do quadro de vantagens e desvantagens das formas de energia	37
4.2 1º Dia: Problematização da Matriz Energética.....	37
4.3 2º Dia: Investigamos a Radiação Solar usando um Forno Solar de Caixa.....	41
4.4 3º Dia: Verificamos efeitos radiação Ultravioleta através de um fenômeno similar ao da nossa pele.....	44
4.5 4º Dia: Introduzimos o Efeito Fotoelétrico para explicamos a tecnologia do Painel Solar.....	47
Capítulo 5: Análise dos dados durante a aplicação da atividade.....	51
5.1 Debate sobre a Matriz energética.....	53
5.1.1 Episódio 01 - Concepções sobre a situação da Matriz Energética..	53
5.1.2 Episódio 02 - Algumas perguntas do debate- Júri Simulado	58
5.1.3 Episódio 03 - Resultado do Júri.....	62
5.2 Investigando a Radiação Solar	67
5.2.1 Episódio 01 - Associação e pericia do Forno Solar de Caixa	67
5.2.2 Episódio 02 - Cozinhando com o Sol.....	74
5.2.3 Episódio 03 - Radiação Utilizada.....	81
5.3 Discutindo sobre o Ultravioleta	86
5.3.1 Episódio 01 - Tecnologias similares ao Forno Solar.....	86
5.3.2 Episódio 02 - Diferenciando o Infravermelho do Ultravioleta	92
5.3.3 Episódio 03 - Efeitos do Ultravioleta.....	95

5.3.4 Episódio 04 - Testando os efeitos do Ultravioleta.....	101
5.4 Entendendo o Painel Fotovoltaico	104
5.4.1 Episódio 01 - Resultado do Experimento do Ultravioleta.....	105
5.4.2 Episódio 02 - Ideias sobre o Painel Fotovoltaico	111
5.4.3 Episódio 03 - Compreendendo o Efeito Fotoelétrico	121
5.4.4 Episódio 04 – Radiação, Função Trabalho e Equação do Efeito Fotoelétrico.	127
Capítulo 6: Considerações Finais.....	138
Capítulo 7: Referências Bibliográficas.....	142
Apêndice A:Física dos semicondutores.....	151
I. Estrutura de Banda de Energia.....	151
II. Condutores, Semicondutores e Isolantes	154
III. Os semicondutores e suas Impurezas.....	157
IV. Junção P/N e o painel fotovoltaico.....	161
Apêndice B:Roteiro de construção do forno solar de caixa	164
I. Preparando as caixas	164
II. Preparando a caixa menor.....	165
III. Preparando a caixa maior.....	166
IV.Preparando a tampa do Forno.....	167
V. Preparando a tampa refletora	170
Apêndice C:Roteiro das atividades	174
I. Dia 2 - Investigando a Radiação Solar	174
II. Dia 3 - Discutindo sobre o Ultravioleta.....	178
III. Dia 4 - Entendendo o Painel Fotovoltaico.....	182
Apêndice D:Quadro de Vantagens e Desvantagens	187
I. Quadro de Vantagens.....	187
II. Quadro de Desvantagens.....	189
Apêndice E:Fichas de Argumentos	193

Capítulo 1:

Introdução e Justificativa

Internet das coisas, de acordo com a enciclopédia livre, a Wikipédia, é um conceito que se refere à interconexão digital de objetos cotidianos com a internet (Wikipédia, 2019). É uma mudança recente que nos permite controlar objetos remotamente devido a sua conexão com a internet, seja algo bem simples como ligar as luzes de casa ou o ar condicionado ou tornando nossas cidades inteligentes.

Hoje, mais da metade da população mundial já vive em ambientes urbanos. Em 2050, a previsão da ONU é que a proporção suba para dois terços. Por isso, é fundamental cuidar para que as cidades sejam lugares sustentáveis e bem organizados, que suportem o peso das mudanças climáticas e a chegada de mais milhões de habitantes.

A internet das coisas vem ajudando várias cidades a cumprir esse objetivo. Em Barcelona, na Espanha, o uso de água para irrigação em jardins e fontes públicas já é controlado digitalmente, evitando desperdícios. O mesmo acontece com o sistema de iluminação pública, que tem postes dotados de sensores de presença, usados como roteadores para conexão Wi-Fi. (ÉPOCA, 2019)

A internet nos proporcionou um sistema de compartilhamento de dados, utilizado primeiramente durante a Guerra Fria e que depois, se popularizou com a conexão das pessoas, e agora evoluímos para a conexão dos objetos. Além desse exemplo citado na reportagem acima, o conceito internet das coisas é utilizado em várias outras áreas, como por exemplo: preservação do meio ambiente, controle de trânsito, agricultura, medicina, entre outros. E nos próximos anos teremos a conexão do 5G chegando para revolucionar a comunicação, com a promessa de ser um marco tecnológico devido a sua alta velocidade e fluxo de dados massivos.

Fico deslumbrado com esses avanços, discutindo e pensando em como será o futuro próximo, quais as possibilidades tecnológicas que aparecerão e como isso mudará a nossa maneira de viver. Como professor de Física, me

espanto com a rapidez desse desenvolvimento científico e acabo desconfortado com a realidade da minha profissão.

Apesar de todas as mudanças que estão acontecendo no mundo, como o exemplo da internet citado anteriormente, quando vou preparar a minha aula me deparo com o mesmo índice de conteúdos que os livros didáticos de 20, 30 anos atrás. A tecnologia está avançando, mas o ensino da ciência que a explica está travado.

Essa desconexão do desenvolvimento científico e tecnológico com o seu ensino está gerando um desconforto na minha forma de ensinar. Cada vez mais surge a necessidade de preparar o aluno para viver em uma sociedade integrada, tecnológica, crítica e mergulhada em um mar de informações, ou seja, é necessário deixar de lado o ensino voltado para a memorização e dar um novo significado para o que estamos ensinando.

Destaco a importância de mostrar para o aluno o motivo de "para quê estudar Física" com intuito de despertar neles o interesse pelos assuntos vistos em sala. Para isso o professor tem o desafio de adaptar sua forma de ensinar, deixando para trás o estilo tradicional e buscando novos métodos para trazer o cotidiano para sua aula.

Em vista a essas mudanças necessárias para melhorar o ensino de Física, discutimos no Capítulo 2 os referenciais em que acredito que possam trazer essa evolução necessária no ensino. Um deles aborda a maneira com que os conteúdos são levados para a sala, fazendo a conexão da ciência, tecnologia e sociedade. O outro é sobre a metodologia que é utilizada nessa atividade, que muda a postura de aluno e professor, colocando os estudantes em uma posição ativa e o professor com o papel de guia.

Atualmente está em vigor a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), documento oficial da educação, que permeia as características dos referenciais escolhidos. De acordo com o documento:

A contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. Sendo assim, a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no

enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras. (pag. 549)

Espera-se, também, que os estudantes possam avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas (...) em seu cotidiano, em setores produtivos, na economia, nas dinâmicas sociais e no uso, reuso e reciclagem de recursos naturais. Dessa maneira, as Ciências da Natureza constituem-se referencial importante para a interpretação de fenômenos e problemas sociais. (pag. 550)

E ainda destaca a aproximação do aluno ao processo de aprendizagem:

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. (pag. 551).

A contextualização que optei por abordar é outro exemplo de mudança global que está ocorrendo. Motivado pelas mudanças climáticas causadas pela ação do homem, levamos para a sala de aula a problemática da discussão da energia solar através de um problema climático que está representado na matriz energética brasileira.

Estamos em um período onde a cada ano batemos recordes de temperaturas máximas e mínimas, catástrofes climáticas mais fortes, períodos excessivos de chuva e estiagem e de derretimento das calotas polares. Se faz necessária a ação de várias nações, estabelecendo acordos e metas para combater o avanço das mudanças climáticas.

Os principais documentos até o momento são o Protocolo de Kyoto (1997) e o Acordo de Paris, ambos adotados na reunião da Conferência das Partes (COP). O primeiro define metas de redução de emissão dos gases do efeito estufa para os países desenvolvidos, em uma média de 5% em relação aos valores de 1990. O segundo estabelece o compromisso de manter o

aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C, sendo aprovado por 195 países.

O Brasil ratificou os dois documentos. O Protocolo de Kyoto foi adotado de maneira voluntária em 23 de agosto de 2002, através do Decreto Legislativo nº 144 de 2002. E o Acordo de Paris foi aprovado pelo Congresso Nacional em 12 de Setembro de 2016, tornando as metas pretendidas em compromissos oficiais, onde:

comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030. (Brasil, 2016)

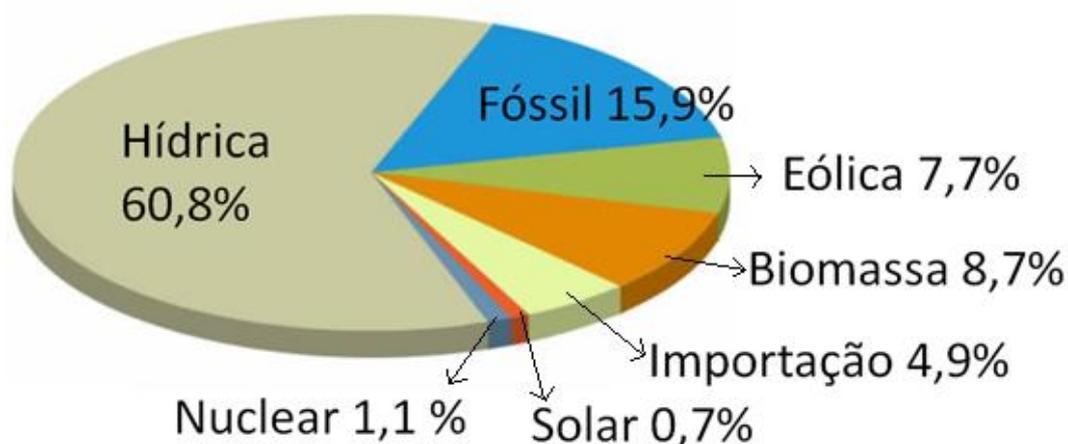


Figura 1 - Matriz Energética Brasileira de 2017
Fonte: ANEEL, 2017

O compromisso brasileiro com a participação de 45% de energia renovável, de acordo com a Figura 1, que mostra o gráfico da matriz energética de 2017, já está cumprido, pois, energia hídrica é considerada uma fonte renovável. Porém, ter uma matriz energética predominantemente vinda de uma única fonte é favorável? Dado a situação climática nos últimos anos, o país

está pagando um preço caro por isso, podendo ter alternativas para contornar dessa situação.

O Brasil sofre com a falta de chuvas em certos períodos, provocando a escassez de água em várias regiões e aumentando o valor da conta de luz. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017)

De 2003 a 2016, as secas e estiagens levaram 2.783 municípios a decretarem Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP), sendo que 1.409 cidades do Nordeste (78,5% da região) tiveram que declarar SE ou ECP. Destes municípios, aproximadamente metade decretou emergência ou calamidade pelo menos uma vez em sete anos diferentes. Entre 2013 e 2016, o Nordeste registrou 83% dos 5.154 eventos de secas registrados no Brasil, que prejudicam a oferta de água para abastecimento público e para setores que dependem de água para realizarem atividades econômicas, como geração hidrelétrica, irrigação, produção industrial e navegação.(...)

A Conjuntura também mostra a evolução do volume acumulado nos reservatórios do Sistema Interligado Nacional (SIN) entre 2012 e 2016, período pelo qual a bacia do São Francisco vem enfrentando forte seca. Em 2015, os reservatórios do Velho Chico, do Tocantins-Araguaia e das demais regiões hidrográficas tiveram os menores volumes do período. A exceção foi na Região Hidrográfica do Paraná, onde ficam o Sistema Cantareira e a bacia do Paraíba do Sul, que teve o pior volume em 2014, ano da crise hídrica no Sudeste.

No Nordeste os reservatórios que compõem o reservatório equivalente, monitorado pela ANA, tiveram uma tendência de alta apenas na Bahia e no Piauí entre 2012 e 2016. No Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte a queda no período foi contínua. Com isso, o reservatório equivalente do Nordeste acumulou redução acentuada no volume de água armazenado.

Devido ao baixo nível dos reservatórios, as usinas hidrelétricas não conseguem produzir energia elétrica suficiente para abastecer a população, com isso é necessário comprar de outras fontes, como por exemplo, as termoelétricas, cujo preço do kWh é maior e acaba sendo repassado para o consumidor.

Uma fonte que poderia nos tirar ou amenizar essa situação é a energia solar, devido ao seu grande potencial inexplorado no país. De acordo com a Consultoria Legislativa de Nascimento (2017):

O Brasil, conforme MME¹ (2017), possuía, ao final de 2016, 81 MWp² de energia solar fotovoltaica instalados, o que representa cerca de 0,05% da capacidade instalada total no país. Do total de 81 MWp existentes em 2016, 24 MWp correspondiam à geração centralizada e 57 MWp à geração distribuída.

A baixa utilização da energia solar no Brasil chama mais atenção quando verificamos as condições favoráveis ao desenvolvimento da fonte no país. O Brasil, de acordo com EPE³ (2012), possui altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos solares, produtos esses de alto valor agregado. (pag. 15)

Deste modo, desejo aprofundar nas características da energia solar para que seja trabalhada na escola do Ensino Médio, traçando relações com a ciência, tecnologia e sociedade. Construimos assim uma sequência de ensino que alcance, a partir da discussão da matriz energética, a explicação da conversão da energia solar em energia elétrica.

Os conceitos físicos fundamentais para a atividade são discutidos no Capítulo 3. Devido à gama de possibilidades a serem trabalhadas, foi necessário um recorte dos conteúdos para se encaixar na sequencias das aulas disponíveis pelo professor, que é o autor deste trabalho.

Encontrei dificuldades na busca de materiais didáticos com o mesmo propósito que este. Grande parte do que foi encontrado trabalha com aulas e experimentos diretivos e com pouca ou quase nenhuma contextualização. Os trabalhos vistos, de uma maneira geral, focam no conceito científico e técnico, através do método experimental que é encontrado nos cursos de física experimental, atividades estilo "receita de bolo". Até mesmo aqueles que tentam "inovar" utilizando simuladores, acabam não mudando o estilo da aula permanecendo o tradicional.

¹ Ministério de Minas e Energia

² Mega Watt-pico

³ Empresa de Pesquisa Energética

Por isso, durante a produção deste projeto, tive quase nenhuma troca de experiência com outras atividades, fui buscando através dos conhecimentos adquiridos de outros trabalhos produzidos a melhor maneira para construir a problematização do tema de energia solar. Com exceção de um trabalho presente no livro "Sequências de ensino de física orientadas pela pesquisa: experiências do Pibid e pró-mestre-UFMG" (AGUIAR JR, 2018) que traz o relato da sequência de ensino " As Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica" (LIMA, 2018), uma atividade CTSA que teve duração de vinte aulas. Infelizmente só tomei conhecimento desse livro após a construção e aplicação da nossa atividade.

No Capítulo 4 é apresentada a descrição da sequência didática que foi aplicada em uma escola da rede particular de ensino médio, fazendo uso de materiais experimentais e dinâmica de júri-simulado para desenvolver os conteúdos. Todo material utilizado está disponível no Apêndice B e C. Já no Capítulo 5 estão as análises dos dados coletados, através de áudios transcritos e, no Capítulo 6, são apresentadas as considerações finais do projeto.

Em relação ao material que acompanha a tese, trago no Material do Aluno todos os roteiros, vídeos e outros tipos de materiais necessário para a aplicação desta atividade. Já no Material do Professor apresento alguns conselhos para ajudar a levar essa sequência de ensino para sala de aula e ainda montei um apêndice com um aprofundamento conceitual para melhor facilitar o entendimento dos semicondutores, que é o material dos painéis fotovoltaicos.

Capítulo 2:

Referencial Teórico

Neste capítulo será discutida a metodologia de ensino e aprendizagem que foi escolhida para a construção deste produto educacional, que visa levar para a sala de aula uma atividade mais participativa para o aluno e que trabalhe a importância da energia solar em seu cotidiano. Para isso, optamos pelo enfoque CTS e Atividades investigativas. Posteriormente no capítulo 3, será feita discussão dos conceitos físicos envolvidos na atividade.

2.1 Ciência Tecnologia e Sociedade (C-T-S)

A sociedade atual está envolvida totalmente com ciência e tecnologia tal interação é tão grande que podemos notar uma dependência em aparatos tecnológicos em varias esferas do convívio social. Essa supervalorização da ciência e tecnologia causou uma repercussão no ensino de ciências, necessitando várias mudanças no currículo e na forma de abordagem. Essa grande influencia teve seu inicio no final dos anos 60.

Aikenhead (2005) destaca o trabalho de Peter Fensham que, ao tentar englobar a complexidade que define a educação científica na escola, publica o livro *Developments And Dilemmas in Science Education* (1988) abordando essa dificuldade sobre o que veio a ser o estandarte do tema Ciência-Tecnologia-Sociedade.

A educação CTS enfrentou opiniões opostas era vista como uma mudança radical no *status quo* e foi principalmente questionada em temas como: propósito da escola, políticas dos currículos, aprendizagem, avaliação e o papel do professor.

Ainda segundo Aikenhead, Fensham reconheceu que a mudança curricular precisa acontecer quando há mudanças na realidade social como, por exemplo: Segunda Guerra Mundial, movimento ambiental, reformas posteriores ao Sputnik, a investigação sobre o ensino de ciências entre outros marcos sociopolíticos.

O enfoque CTS traz esse objetivo, isto é, propõe mudar o ensino atual que sabemos que está incompatível com o modelo social presente, sendo preciso encontrar outra forma de abordagem, uma forma de estudar o cotidiano do aluno na sala de aula.

Durante a evolução do enfoque CTS, houve uma preocupação na introdução do papel da tecnologia nos programas. A maioria dos professores havia estudado em programas curriculares científicos exclusivamente e não estavam habituados com a inclusão da tecnologia nas aulas, desaprovando a proposta da relação CTS. De acordo com Fensham e Gardner (1994), a limitada visão da tecnologia como uma ciência aplicada necessitava ser confrontada e reconceituada dentro de uma perspectiva mais autêntica.

Outro ponto que houve grande preocupação foi com a complexidade com que os programas CTS abordavam o contexto social da Ciência. Por exemplo, alguns projetos se centravam nos assuntos que relacionam a Ciência na Sociedade, mas não se preocuparam em questionar as aplicações e deixaram de mostrar o contexto interno e o externo dessa Ciência.

Destacamos, assim, uma necessidade de mudar a formação dos professores, já que eles precisam ser capazes de fazer a conexão dos temas científicos, que tradicionalmente ensinados, com a tecnologia que usa esses conceitos e saber as implicações causadas por ela na sociedade.

Ainkenhead (2009) resalta que as concepções defendidas pelos professores são habitualmente construídas durante as experiências de formação inicial e, também, posteriormente, a partir das suas experiências de ensino. E ainda:

"É provável que as pré-concepções dos professores não mudem a não ser que esses professores consigam influenciar os seus contextos de ensino e sejam capazes de visionar as consequências práticas de um novo currículo.(...) Não são argumentos racionais que irão mudar valores profundamente enraizados, mas alguns professores ficarão impressionados com a reação positiva dos seus estudantes ao ensino CTS, repensando conseqüentemente parte do seu conhecimento profissional prático" (pag. 35)

Para Aikenhead (2003 apud Santos 2012), a educação CTS no ensino surgiu dentro do propósito da educação científica para a cidadania, que vem sendo reivindicada por educadores em ciências insatisfeitos com a prática de ensino de ciências centrada na formação de cientistas.

A evolução dessa proposta é uma história complexa, pois o tema CTS ficou com varias “definições” porque estava sendo discutido por vários educadores em países diferentes, em realidades diferentes. No caso do Brasil o slogan CTS só chegou na década de 90 e alguns documentos elaborados pelo MEC trazem aproximações com essa forma de ensino como, por exemplo Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio de 2000 (BRASIL, 2000), Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio de 2006 (BRASIL, 2006), Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio de 2012 (BRASIL,2012) e a já citada Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), na qual, todos visam uma formação mais cidadã dos alunos.

Uma maneira que Ainkenhead (1994, apud Ainkenhead 2005) encontrou para resolver o problema das várias "definições" de CTS foi a construção de uma tabela (Tabela 1) que mostra de maneira crescente a profundidade do CTS na ciência escolar, descrevendo os múltiplos significados que tem.

Tabela 1: Categoria de CTS na ciência escolar.

1- Motivação mediante ao conteúdo CTS
2 - Inserção casual do conteúdo CTS
3 - Inserção intencional de conteúdo CTS
4 - Disciplina particular através do conteúdo CTS
5 - Ciência através do conteúdo CTS
6 - Ciência junto com conteúdo CTS
7 - Inserção de ciência no conteúdo CTS
8 - Conteúdo CTS

Fonte: Tradução própria - Ainkenhead (2005)

Essa tabela nos proporciona uma maneira de analisar materiais, currículos e práticas escolares que envolvam o enfoque CTS. Ainkenhead (2005) destaca que a categoria 1 representa a mais baixa profundidade do conteúdo CTS e a categoria 8 a mais alta e ainda a mudança drástica entre as categorias 3 e 4, em que na 3 a estrutura do conteúdo está definida pela

disciplina e na 4 a disciplina é definida pelo próprio assunto CTS. Já na categoria 5 começa a interdisciplinaridade.

No nosso trabalho desenvolvemos uma atividade que se enquadra na categoria 3, uma vez que o conteúdo foi definido pela disciplina da Física e introduzimos o conteúdo CTS a partir dele.

Assim pode-se caracterizar a proposta curricular de CTS como correspondendo a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos. (LUJÁN LÓPEZ e LÓPEZ CEREZO, 1996 apud SANTOS, 2012).

Então, a educação CTS é caracterizada como a relação entre os três elementos do tripé, como indicado na Figura 2.

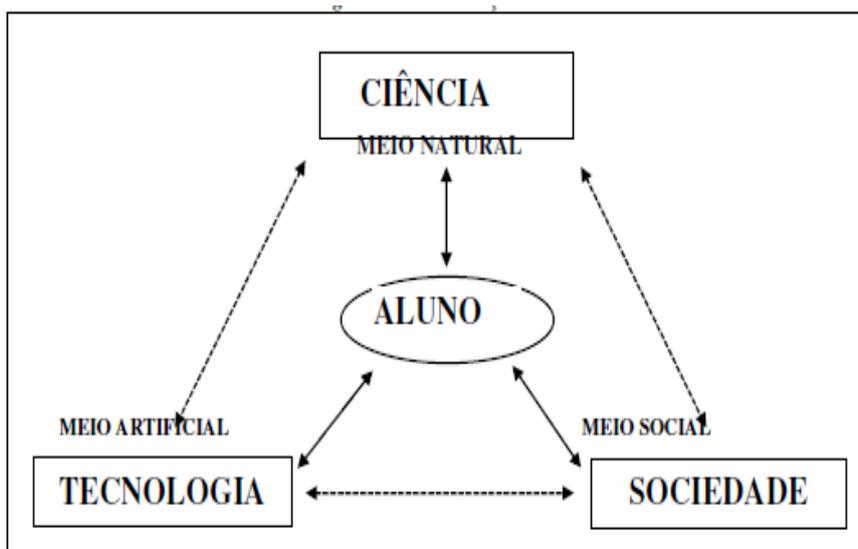


Figura 2: As inter-relações CTS

Fonte: HOFSTEIN, AIKENHEAD, e RIQUARTS (1998, p.358 apud Santos, 2012 p.3)

A relação desses três elementos caracteriza a interação do Meio Natural (a Ciência propriamente dita) com o Meio Artificial (a aplicação dessa Ciência) e com Meio Social (as implicações na sociedade). Ao analisar o propósito do enfoque CTS com a educação científica, podemos evidenciar algumas características que a diferenciam do ensino tradicional como, por exemplo, perceber a aplicação da ciência e tecnologia no seu cotidiano; questionar as implicações sociais que o desenvolvimento tecnológico provoca; relacionar o

conteúdo científico com a tecnologia. Zoller e Watson elaboraram uma tabela que explicita claramente a diferença entre o ensino clássico e a educação CTS.

Tabela 2 – Ensino Clássico Vs. Educação CTS

Ensino Clássico	Educação CTS
1. Organização conceitual da matéria a ser estudada.	1. Organização em temas tecnológicos e sociais.
2. Método científico (Investigação, observação, experimentação, coleta de dados e descoberta.)	2. Potencialidades e limitações da tecnologia.
3. Ciência como modo de explicar o universo, com esquemas conceituais interligados.	3. Exploração, uso e decisões são submetidos a julgamento de valor.
4. Busca da verdade científica.	4. Prevenção de consequências.
5. Ciência como processo, atividade universal, corpo de conhecimento.	5. Desenvolvimento tecnológico depende das decisões humanas.
6. Ênfase à teoria para articulá-la com a prática.	6. Ênfase à prática para chegar à teoria.
7. Lida com fenômenos isolados do ponto de vista disciplinar (análise de fatos, exata e imparcial).	7. Lida com problemas no seu contexto real (abordagem interdisciplinar).
8. Busca novos conhecimentos para compreensão do mundo natural (ânsia de conhecer).	8. Busca implicações sociais dos problemas tecnológicos; tecnologia para a ação social.

Fonte: Zoller e Watson, 1974 apud Santos, 2012.

Destacamos três diferenças que mais nos chamaram a atenção ao compararmos essas duas formas de ensino: o item 3, mostra a forma de apresentar a Ciência em sala, do modo clássico, em que explicamos o universo, com esquemas, relações e aproximações e na Educação CTS é explorado o uso desta Ciência e a decisão de leva-la para a sociedade, trabalhando com suas contradições sociais. O item 7 mostra a diferença da abordagem, a Educação CTS com interdisciplinaridade e a Ensino Clássico com análise isolada em sua disciplina. O item 1 traz a diferença entre o foco dos conteúdos, enquanto o ensino clássico organiza o conteúdo pela ordem interna da disciplina, a Educação CTS se preocupa em organizar a sua sequência, a partir de temas sociais, conforme ilustrado na Figura 3.

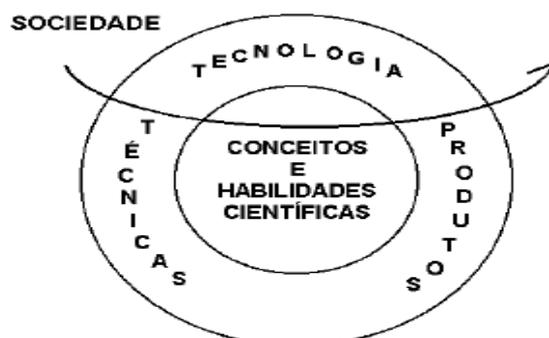


Figura 3: Organização de materiais de CTS
Fonte: Ainkenhead, 1994, apud Santos, 2012

Partindo de um tema social são aprofundados os conteúdos correlacionados a conhecimentos tecnológicos ou tecnologias, que por sua vez se liga a conceitos científicos que permitem a compreensão da situação tecnológica e, em seguida, retorna para um entendimento mais amplo do problema social, inicialmente proposto.

Analisando a educação CTS como movimento da educação científica para a cidadania, Aikenhead (2006) a denomina como educação humanística, se opondo à formação puramente científica, como representado na tabela 3.

Tabela 3: Característica da Educação Humanística

Inclui	Exclui
Preparação para cidadania.	Preparação profissional para ciência.
Atenção para vários conhecimentos.	Ênfase somente na ciência estabelecida.
Abordagem múltipla da ciência, refletindo perspectivas internacionais.	Mono-ciência abordagem fundada na ciência universal (ciência ocidental).
Conhecimento <i>sobre</i> ciência e cientistas.	Conhecimento canônico da ciência.
Integra raciocínio moral com valores, preocupações humanas e razão científica.	Somente uso da razão científica e de raciocínio lógico.
Visão do mundo por meio do olhar dos estudantes e da perspectiva dos adultos.	Visão de mundo somente por meio do olhar dos cientistas.

Fonte: Aikenhead 2006, p.3 apud Santos, 2012

A educação CTS, com o significado de educação humanística, destaca seu objetivo central como o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, seja na área social, científica ou tecnológica, e o desenvolvimento de valores, presentes na formação cidadã. Fontes (2003) apresenta cinco objetivos que, para ela, traduzem as grandes preocupações deste movimento nas escolas:

- (1) Motivar os alunos para a aprendizagem da ciência, tornando-a mais atraente, humanizada, mais próxima dos cidadãos, alargando-a para além da escola;
- (2) Desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual dos alunos;
- (3) Esbater fronteiras entre a ciência e as metaciências, proporcionando uma integração das ciências experimentais com as

ciências sociais e promover uma visão social da ciência como atividade coletiva, não elitista;

(4) analisar os aspectos políticos, econômicos, éticos e sociais da ciência e da tecnologia, como contributo para uma melhor formação científica dos alunos;

(5) promover a alfabetização científica e tecnológica de todos de modo a poderem exigir, dos diferentes poderes (político, militar, econômico, religioso) decisões fundamentadas e eticamente responsáveis. (p.18)

O último objetivo apresentado pela autora será discutido no capítulo seguinte, onde iremos abordar o referencial por trás da didática que utilizamos para levar para a sala de aula essa atividade CTS.

2.2 Ensino Investigativo ou Ensino por Investigação

Levar para a sala de aula uma atividade investigativa exige uma mudança drástica na estrutura didática presente nas escolas hoje. O objetivo escolar, a maneira de apresentar o conteúdo e a postura dos personagens envolvidos, estudantes e professor, mudam. Iremos destrinchar essas mudanças para o melhor entendimento da didática aplicada à nossa atividade.

Foram discutidas, no tópico anterior, as mudanças que ocorreram com a educação devido à mudança da nossa sociedade. Ao optar pelo enfoque CTS estamos preocupados em fazer conexões da Ciência escolar com o mundo dos estudantes, tornando-os capazes de entender e serem capazes de opinar sobre os problemas do dia a dia.

Visando esse preparo dos alunos para o mundo atual, Sasseron e Carvalho (2008) destacam a necessidade escolar em condicionar os alunos a entenderem a relação da Ciência, suas tecnologias e as relações delas com a sociedade:

"Assim sendo, emerge a necessidade de um ensino de Ciências capaz de fornecer aos alunos não somente noções e conceitos científicos, mas também é importante e preciso que os alunos possam "fazer ciência", sendo defrontados com problemas autênticos nos quais a investigação seja condição para resolvê-los. É preciso também proporcionar oportunidades para que os alunos tenham um entendimento público da ciência, ou seja, que sejam capazes de receber informações sobre temas relacionados à ciência, à tecnologia e aos modos como estes empreendimentos se relacionam com a sociedade e com o meio-ambiente e, frente a tais conhecimentos, sejam capazes de discutir tais informações, refletirem sobre os impactos que tais fatos podem representar e levar à sociedade e ao meio ambiente e, como resultado de tudo isso, posicionarem-se criticamente frente ao tema." (Sasseron e Carvalho, 2008 p.335)

O resultado deste processo é chamado de Alfabetização Científica (AC). Aqui não iremos discutir as variantes deste termo (Enculturação Científica e Letramento Científico), iremos seguir com a definição apresentada por Sasseron (2017) em seu livro Alfabetização Científica na Prática:

"Adotamos "Alfabetização Científica" quando nos referimos ao ensino de Ciências cujo objetivo é a formação do indivíduo que o permita resolver problemas de seu dia a dia, levando em conta os saberes próprios das Ciências e as metodologias de construção de conhecimento próprias do campo científico. Como decorrência disso, o aluno deve ser capaz de tomar decisões fundamentadas em situações que ocorrem ao seu redor e que influenciam, direta ou indiretamente, sua vida e seu futuro." (p.16).

Essa preocupação em ensinar as relações da Ciência com o cotidiano não é atual, vem sendo discutida desde o século passado, como em Jim Gallagher que, em 1971, escreveu:

"Para futuros cidadãos em uma sociedade democrática, compreender a interrelação entre ciência, tecnologia e sociedade pode ser tão importante como entender os conceitos e os processos da Ciência."(Gallagher, 1971 apud Aikenhead, 2005, p.337)

Mesmo assim, nos dias de hoje é comum um professor de Física escutar de seus alunos "professor, onde vou utilizar isso?", "para que isso vai servir em minha vida?", "quero humanas, nunca vou usar a Física" ou outras frases com mesmo estilo. Toda vez que escuto isso, me sinto preso aos padrões de ensino a que sou submetido e por mais persuasivo que posso ser, após esse tipo de pergunta, não consigo alterar essa maneira de pensar do aluno.

A maneira tradicional que usamos em sala de aula não favorece a assimilação dos estudantes com a Ciência. Por exemplo, no meu caso como professor, sempre estou preocupado para fechar o conteúdo do ano, resolvendo inúmeros exercícios, elaborando provas e testes, ficando sem tempo para inovar na sala de aula. Infelizmente essa reclamação não é só minha, os profissionais da educação que não se sentem bem com o ensino atual, como eu, acabam sufocados pela demanda que possuem, em longo prazo, até desistem de qualquer mudança.

Porém, quando é produzido um material, como este que estou defendendo, que coloca o aluno, insatisfeito ou não, em uma situação em que visualiza a Física dentro de seu alcance, é prazeroso e comum escutar " Aaa

então é assim que funciona", " Até que a Física é legal" e "agora tudo faz sentido".

Para que essas reações sejam frequentes nas salas de aulas é preciso mudar a maneira de como são apresentados os conteúdos. Estamos optando por uma Sequência de Ensino Investigativo que coloca o aluno em uma posição ativa ao se envolver com a atividade, visando alcançar a Alfabetização Científica, tornando o ensino mais atraente para ele,

A Atividade Investigativa ou Sequência de Ensino Investigativo (SEI) tem sua definição dada por Carvalho (2018):

"Definimos como ensino por investigação o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas."(p.766 - Nosso grifo)

Aprofundando nessa definição, Carvalho (2011), após uma busca em vários referenciais teóricos, tais como Piaget e Vigotysky, levantou pontos que fundamentam a Sequencia de Ensino Investigativo (SEI). Ela destaca quatro pontos que orientam a criação de condições em sala para que seja possível a construção do saber científico, que foram colocados na tabela 4.

Tabela 4 - Pontos para fundamentar a SEI

1	<i>A importância de um problema para um início da construção do conhecimento.</i>
2	<i>A ação manipulativa para a ação intelectual</i>
3	<i>A importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento.</i>
4	<i>As diferentes etapas das explicações científicas</i>

Fonte: Carvalho, 2011 (p.255-256)

Esta autora também apresenta oito pontos que ajudam a criar situações para que aconteçam as interações sociais e que direciona o papel do professor, conforme numerados na tabela 5.

Tabela 5 - Pontos que orientam o planejamento da SEI e o papel do professor

1	<i>A participação ativa do estudante.</i>
2	<i>A importância da interação aluno-aluno</i>
3	<i>O papel do professor como elaborador de questões</i>
4	<i>A criação de um ambiente encorajador</i>
5	<i>O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula.</i>
6	<i>O conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno.</i>
7	<i>A relação ciência, tecnologia e sociedade</i>
8	<i>A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica."</i>

Fonte: Carvalho, 2011 (p.257-259)

Para o melhor entendimento da orientação número 1, presente na tabela 4, precisamos entender o que é um problema. De acordo com Gil-Pérez (1992, apud Sasseron 2017), um problema é uma situação, quantitativa ou não, que pede uma solução para a qual os indivíduos implicados não conhecem meios ou caminho evidentes para obtê-la.

O problema difere de um exercício, onde são conhecidos os caminhos para alcançar a resposta. Essa diferença é essencial no ensino investigativo, a partir do momento que o aluno é colocado na situação que precisa pensar no processo e não somente na resposta, faz com que ele participe da construção de seu conhecimento, pois,

"A colocação de uma questão ou problema aberto como ponto de partida é ainda um aspecto fundamental para a criação de um novo conhecimento. Bachelard (1996) assinala que "todo conhecimento é a resposta a uma questão". (...) Podemos dizer, portanto, que a aprendizagem de procedimentos e atitudes se torna, dentro do processo de aprendizagem, tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdos "(Azevedo, 2004 p.21).

Para desencadear a participação dos alunos, Carvalho (2018) destaca dois elementos em uma atividade investigativa: o cuidado do professor com a elaboração do problema e com grau de liberdade intelectual dado ao aluno. O primeiro já discutimos anteriormente; para o segundo ponto a autora construiu quadros que representam os possíveis graus de liberdade propostos aos alunos, diferenciando o ensino diretivo (tradicional) do investigativo.

Aqui iremos discutir apenas a relação com a atividade experimental, pois o produto educacional que defendemos faz uso desse tipo de atividade, dentre os outros métodos⁴ apresentada por ela.

Tabela 5: Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib, & Pietrocola (2010, apud Carvalho 2018,p.768)

Na tabela 5, “P/A” lê-se apresentado pelo professor e discutido com os alunos, já “A/P” é feito pelos alunos com orientação do professor.

Analisando a tabela, o Grau 1 representa o ensino tradicional, onde todas as etapas são dadas pelo professor, cabendo aos alunos apenas a coleta de dados, esse é o método talvez mais comum nas salas de aulas, onde não se dá aos alunos liberdade para pensar. O Grau 2 ainda é um ensino diretivo, só que o professor apresenta uma postura mais aberta em relação ao grau anterior, pois realiza discussões com os alunos na elaboração da hipótese e do plano de trabalho e permite a explanação das conclusões.

No terceiro grau há uma mudança significativa: os alunos assumem a responsabilidade de preparar o plano de trabalho, ou seja, ficam com o protagonismo da atividade, cabendo a eles escolherem o caminho que irão seguir para resolver o problema proposto até alcançar uma conclusão.

No Grau 4, o professor apenas propõe o problema, deixando para os alunos todas as outras etapas da atividade. Nessa situação todo o trabalho de manuseio e intelectual fica a cargo dos alunos, entretanto o professor não abandona a turma, sua participação se dá sondando os grupos para auxiliar nas discussões e no progresso da atividade. No quinto e ultimo grau de

⁴ Problemas de lápis e papel e Textos Históricos (Carvalho, 2018)

abertura, há uma situação onde os alunos trazem o problema e também ficam a cargo das outras etapas.

Dados esses cinco níveis, o ensino por investigação começa no Grau 3, onde a aprendizagem está nas mãos dos alunos. Para o seu envolvimento é preciso deixar a postura passiva de lado para aprender a pensar, verbalizar, escrever e justificar suas ideias. Já para o professor, é necessário um grande conhecimento do tema para conseguir orientar de maneira correta, ou seja, sem induzir os alunos para a resposta esperada.

Penha (2006, p.38) destaca alguns cuidados a serem tomados pelos professores na interação com os alunos:

“Como o aluno nesta proposta deixa de ter a posição passiva de assistir às aulas e passa a influenciar na sua estruturação, delineando caminhos, estratégias de atuação, questionando, perguntando, caberá ao professor ser ao mesmo tempo incentivador e fomentador destas propostas como também o elemento aglutinador das diferentes ideias para estruturar o caminho a ser seguido. Nesta sua função de análise das estratégias definidas pelos estudantes, o professor deverá ter o cuidado de jamais ridicularizar quaisquer dúvidas ou perguntas que possam surgir, por mais elementares que possam parecer, sobre pena de destruir a relação de confiança que deve permear todo o trabalho. Caberá ao professor, sempre que possível, vincular aos diferentes estudantes ou grupos de estudantes as boas ideias surgidas, destacando-as para a turma e referindo-se ao estudante ou grupo sempre que utilizar tal ideia. Enfim, caberá ao professor as palavras de incentivo e motivação, procurando sempre que possível enaltecer o esforço e o empenho dos estudantes no tratamento de determinado tema”.

Nosso trabalho é uma SEI classificada com o Grau 3, com o objetivo de ensinar a conversão da energia solar em energia elétrica construindo as pontes entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade envolvidas. Propomos a inserção de Atividades Investigativas para a Alfabetização Científica dos alunos.

No Capítulo 4 iremos analisar os dados da atividade através dos Indicadores de Alfabetização Científica (Sasseron, 2008) para diagnosticar se AC se desenvolveu entre os alunos.

Capítulo 3:

A radiação solar e sua conversão

Neste capítulo discutiremos de maneira simples e qualitativa as ideias fundamentais envolvidas nesta atividade, com intuito de entendermos os fenômenos físicos por trás de cada etapa e esclarecendo as variáveis escolhidas para serem trabalhadas durante a atividade, que são: radiação solar, interação da radiação e o efeito fotoelétrico.

É necessário que o professor tenha um maior domínio destes conteúdos para replicar com mais facilidade este trabalho. Além disso, optamos por utilizar materiais de baixo custo, tornando a atividade mais acessível independentemente do tipo de sala de aula.

3.1 Forno Solar de Caixa

O forno solar é uma tecnologia que vem sendo utilizada para fugir do uso do carvão e gás, que, em certas regiões do planeta, são dois itens muito difíceis de serem adquiridos. Isto pode ser devido à falta de recursos financeiros ou pela localização geográfica. Como, por exemplo, vemos essa situação na Paraíba, onde um projeto de extensão de uma universidade federal levou essa tecnologia para campos de assentamentos da região, que está representado na Figura 4.

Um projeto de extensão da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no campus do município de Sumé, no Cariri paraibano, ensinou 81 famílias de dois assentamentos da reforma agrária a construir um tipo de fogão solar e a cozinhar. Economia de tempo e de trabalho das mulheres, de consumo de lenha e carvão, proteção do meio ambiente são pontos de destaque do projeto. (...)

O fogão é feito com duas caixas de papelão de 60 x 60 centímetros, embutidas, altura de 40 centímetros, uma chapa de zinco pintada de preto fosco que fica no fundo da caixa, papel alumínio para revestimento interno, cola, fita adesiva e um vidro para cobrir. O custo unitário é de R\$ 65,00. (...)

Na experiência dos assentamentos do Cariri, o arroz cozinha em 1h30, o feijão verde em 2h30, o peixe assa em 1h30, a carne bovina ou de bode em 2h30. E não queima os alimentos, explica a diretora. Depois das primeiras desconfianças nas possibilidades do fogão, Luciana diz que as mulheres se entusiasmaram com o projeto e começaram a assar bananas, pães, bolos. Deu certo e hoje a comunidade está reunindo receitas que vai divulgar em livro com apoio do campus. (MEC, 2011)



Figura 4 - Fogão solar do projeto da UFCG
Fonte: Brasil, 2011

Uma tecnologia muito simples e barata para ser construída, o forno solar utilizado nesta atividade foi mais barato do que o feito nesse projeto citado. Apesar de ter um rendimento menor, optamos por outros materiais. Por exemplo, não utilizamos a chapa de zinco no fundo da caixa e o vidro para cobrir o forno.

Os materiais que utilizamos foram: três caixas de papelão, fita prateada ou papel alumínio, tesoura, cola branca, tinta preta, isopor, pasta em L, fita durex e canaleta de fiação. Os detalhes da montagem estão no Apêndice B.

Há vários modelos de forno solar: parabólico (Figura 5), funil (Figura 6), caixa e outros. Devido à contextualização da atividade, escolhemos o de caixa, era o que mais se adequava.



Figura 5 - Forno Solar parabólico
Fonte: Wikipédia (2019)



Figura 6 - Forno Solar tipo funil
Fonte: Sempre Sustentável (2019)

O funcionamento do forno solar de caixa se dá igual à de uma estufa ou da atmosfera na Terra, como mostra a Figura 7.

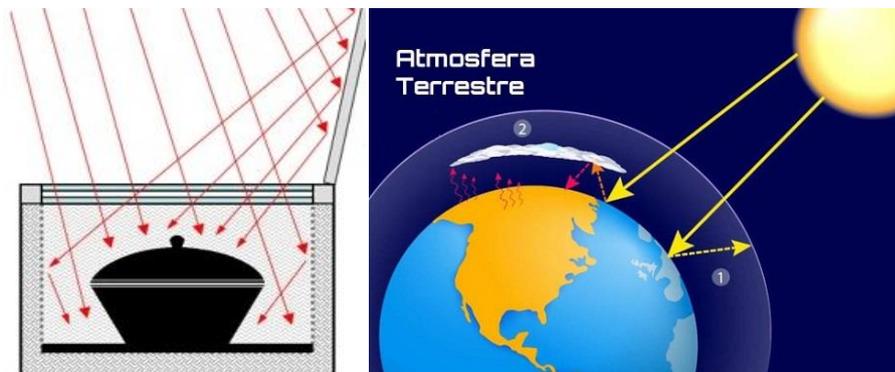


Figura 7 - Comparação do Forno Solar e Atmosfera terrestre - (a) forno solar de caixa
(b) atmosfera terrestre.
Fonte: (a) Sempre Sustentável (2019) e (b) Escola Kids (2019)

Os raios solares penetram pela tampa transparente do forno solar e aquecem o seu interior, que possui suas paredes espelhadas para o melhor aproveitamento da radiação devido à reflexão. O fundo da caixa é todo pintado de preto para que absorva o máximo de radiação, aquecendo-se e ajudando a cozinhar o alimento. As caixas e o material entre elas são isolantes térmicos para evitar que o calor escape, já a tampa refletora é utilizada para aumentar a incidência dos raios no forno melhorando seu rendimento.

Ao comparar as duas situações, temos elementos que fazem papéis semelhantes: o fundo da caixa e a panela estão associados à Terra, pois, recebem essa radiação e tem suas temperaturas aumentadas. A tampa de vidro ou plástico está referente a atmosfera, já que são responsáveis por deixar parte da radiação entrar e impedem outra parte de sair. A seguir será discutido sobre o tipo de radiação emitido pelo Sol e seus efeitos, além do aquecimento presente no forno solar.

3.2 Efeitos da radiação solar

Para discutirmos sobre o efeito de exposição ao Sol é necessário entendermos a relação da radiação emitida pelo Sol e da radiação que nos atinge, no nível do mar, conforme ilustrado na figura 8.

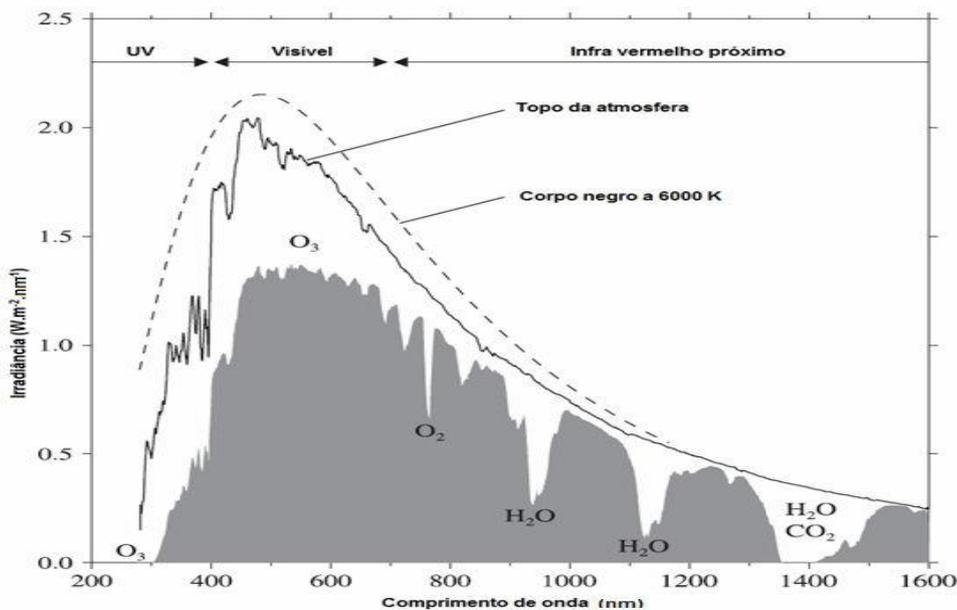


Figura 8 - O espectro de emissão
 Fonte: Andrews (2010, apud Guerzoni, 2012)

A linha contínua representa a radiação solar no topo da atmosfera e a linha tracejada a do espectro de irradiância de um corpo negro⁵. Já a parte sombreada é a radiação que atinge o nível do mar. Os elementos representados são os responsáveis por essa diferença de incidência entre a radiação que chega à atmosfera e a que passa por ela. É possível notar que cada elemento somente interage com a radiação de certo intervalo de comprimento de onda, devido a suas estruturas químicas.

Analisando o eixo horizontal notamos que o Sol emite radiação em torno de aproximadamente 300nm até 1600nm, ou seja, ultravioleta (UV), luz visível e infravermelho (IV). A molécula de ozônio (O₃) é a responsável pela elevada absorção do ultravioleta, já o dióxido de carbono (CO₂) e o vapor de água (H₂O) estão atuando sobre o infravermelho.

O efeito de excesso de CO₂ na atmosfera é o fenômeno responsável pela mudança climática que estamos passando, o efeito estufa. Apesar de atenuar a entrada da radiação, a molécula atrapalha a saída da radiação infravermelha emitida pela Terra fazendo com que a temperatura do planeta aumente, provocando alterações alarmantes no clima.

Além desse fenômeno, há aplicabilidades dessas radiações solares, sejam na interação com o corpo humano ou na utilização por alguma tecnologia. Okuno e Yoshimura (2010) destacam que é errado pensar que quanto mais energética a radiação for, mais penetrante ela é em nosso corpo, primeiramente é necessário considerar o meio.

"Nosso corpo absorve radiação eletromagnética de todo espectro diferentemente em forma e grau. As células respondem de forma diferente à radiação eletromagnética de uma determinada faixa do espectro(...)

A profundidade de penetração em tecido com alto conteúdo de água, como o muscular, das ondas curtas com frequência de 27,12 MHz, utilizadas em fisioterapia, é de 14,3cm; das ondas ao redor de 900MHz, de telefonia celular, é de 3,0cm. (...) (Okuno e Yoshimura 2010. pag14)

⁵ Corpo negro é definido como objeto hipotético que absorve toda a radiação incidente sobre ele. Todo bom absorvedor de radiação é um bom emissor, por isso o corpo negro emite as mesmas radiações com as mesmas intensidades, tornando-o ideal para o estudo das radiações térmicas..

Continuando a aumentar a frequência da onda eletromagnética, passamos para a faixa da radiação infravermelha (IV) e luz visível. (...) A máxima penetração na pele pode chegar a 5mm para IVA e diminuir para o IVB e IVC. Para luz visível na região do vermelho de 700 nm, também a profundidade de penetração pode atingir ao redor de 3mm. (Okuno e Yoshimura 2010. pag15)

Para o vidro, que é um material pode ser utilizado em fornos solares, as autoras Okuno e Yoshimura mostram que para certas ondas eletromagnéticas o material pode ser transparente já para outros não.

“O vidro é bastante transparente às ondas de rádio, mas razoavelmente opaco às radiações UV e IV. Um centímetro de vidro comum bloqueia cerca de 50% da radiação UV de 316nm.” (Okuno e Yoshimura 2010. pag14)

Por isso no forno solar de caixa é mais vantajoso usar vidro para cobrir a caixa, pois, irá evitar que parte da radiação IV escape de dentro do forno. Em nosso corpo essa radiação pode ser utilizada para tratamentos fisioterápicos, estéticos e outros, pois é capaz de penetrar até a camada subcutânea, provocando aquecimento no local. No uso tecnológico está presente nos controles remotos, alarmes, celulares antigos e outros.

Os benefícios e malefícios provocados pelo ultravioleta são de comum conhecimento, como, por exemplo, ficar exposto em excesso ao Sol pode provocar queimaduras, envelhecimento da pele e até mesmo câncer. Isso acontece devido à dose da radiação que absorvemos. Em doses muito altas podem ocorrer esses problemas citados. Já em doses menores a radiação ultravioleta provoca o bronzeamento e traz o benefício da síntese de vitamina D, que ajuda na absorção de cálcio.

O efeito do bronzeamento se dá devido à lesão nas células da pele, que reage produzindo a substância chamada de melanina. A interação do ultravioleta com a melanina provoca a oxidação desta, deixando a pele no tom bronzeado.

É necessário de 10 a 15 minutos de Sol para produzirmos a vitamina D, se optarmos por ficar mais tempo é preciso utilizar materiais que não deixem o

nosso corpo absorver essa radiação, como por exemplo: protetores solares, óculos de Sol e roupas com filtro UV.

Incidindo toda a radiação solar sobre o painel fotovoltaico conseguimos transformar a energia do Sol em energia elétrica, sendo um método sustentável para gerarmos eletricidade. O grande problema aparece na interação da radiação solar com o painel, conforme representado na Figura 9.

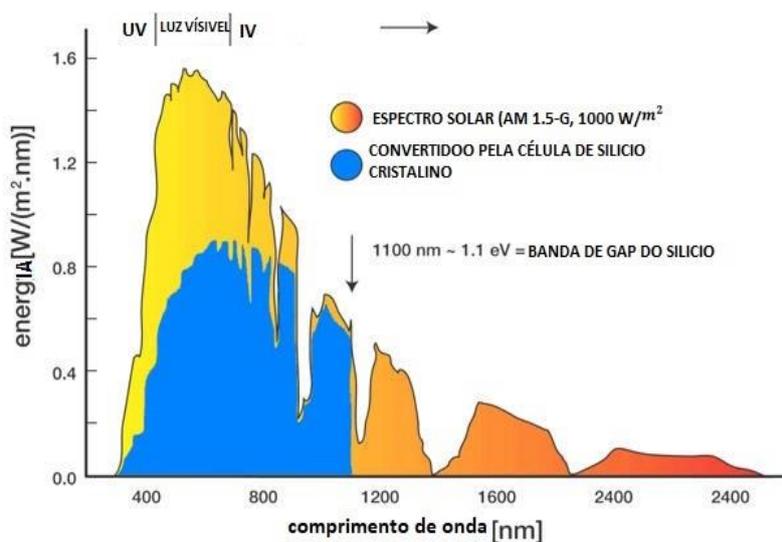


Figura 9 - Absorção da radiação solar pelo painel fotovoltaico
Fonte: Adaptada de Liu (2009)

Ainda não temos tecnologia suficiente para convertermos toda a radiação solar e, até o momento, os painéis aproveitam cerca de 25% de toda a energia incidente. Observando o gráfico, notamos que são utilizados prevalentemente a luz visível e o infravermelho para fazer a conversão, porém boa parte não é aproveitada. A conversão acontece devido ao efeito fotoelétrico que será discutido no próximo tópico.

3.3 Efeito Fotoelétrico

No contexto em que estamos trabalhando o efeito fotoelétrico é o fenômeno responsável pela transformação da energia solar em energia elétrica. Esse tema é abordado no ensino superior, geralmente, no início da física moderna. Entretanto no ensino médio ele praticamente não aparece ou fica como último tópico no final do currículo, aquele tópico que, devido ao tempo, não irá ser abordado.

Na atividade que estamos defendendo, tivemos que mudar a abordagem que geralmente é dada para esse fenômeno. Não vamos fazer a comparação da física clássica com a física moderna, nem uma abordagem histórica que é usual de se encontrar.

Decidimos trabalhar o fenômeno que acontece no painel fotovoltaico com os conceitos já estudados pelos alunos durante o ensino médio. Para alcançar isso, vamos discutir nesse tópico a lei da conservação de energia do efeito fotoelétrico, deixando, por exemplo, a discussão do eletrodo e gráfico da corrente pelo potencial elétrico para outra oportunidade.

O efeito fotoelétrico acontece quando uma determinada radiação eletromagnética, ao incidir sobre uma superfície de metal, consegue arrancar elétrons do material. Para que isso possa ser compreendido pelos alunos, é necessário que certas ideias sejam mudadas em relação às características de energia e natureza da luz que são ensinadas no ensino médio.

A primeira é a mudança na interpretação do conceito da energia da radiação eletromagnética. É comum pensarmos, por exemplo, que quanto mais forte a lâmpada brilha maior é a energia da luz emitida. Mas nesse fenômeno, mesmo com duas, três ou quatro lâmpadas muito "intensas" pode ser que não ocorra a ejeção dos elétrons da superfície metálica. Isso acontece porque depende do tipo de radiação que está incidindo no material. De acordo com Tipler e Llewellyn (2001):

“Einstein propôs que a quantização de energia usada por Planck no problema do corpo negro fosse uma característica universal da luz. Em vez de estar distribuída uniformemente no espaço qual se propaga, a luz é constituída por quanta isolados de energia $h \cdot f$. “(pag 89)

Sendo f a frequência da luz e h uma constante chamada de Constante de Planck. Então a energia da luz vem em pacotes que dependem da frequência e não da intensidade.

A segunda mudança é na ideia de que a luz é uma onda. Einstein analisou a luz como se realmente fosse feita de partículas minúsculas e chamou-as de quanta de luz em vez de ser uma onda contínua. (Issacson, 2007). Nas palavras de Einstein, “A ideia mais simples é que um quantum de

luz transfere toda a sua energia a um único elétron: então vamos supor que é isto que acontece.” (Nussenzveig, 2014), conforme ilustrado na figura 10.

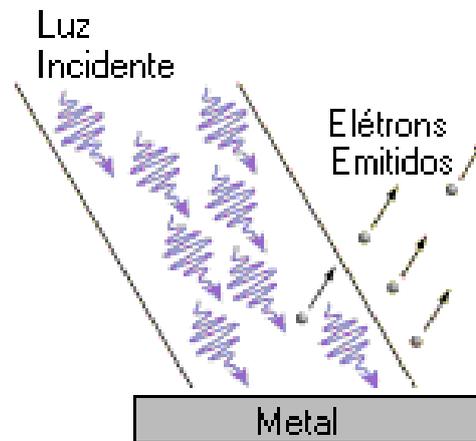


Figura 10 - Ilustração do efeito fotoelétrico
 Fonte: Junges (2002)

“Quando um desses quanta, denominados fótons, chega à superfície do catodo, toda a sua energia é transferida para um elétron. Se ϕ é a energia necessária para remover um elétron da superfície (ϕ recebe o nome de *função trabalho* e varia de metal para metal), a energia cinética máxima dos elétrons emitidos pelo catodo é dada por $hf - \phi$ em virtude da lei de conservação de energia.” (Tipler e Llewellyn, 2001 pag 89)

A função trabalho (ϕ) é o valor da barreira de potencial que é necessário superar para que os elétrons abandonem o material, ou seja, é o menor valor que o elétron precisa absorver para ser ejetado. Cada material possui uma energia mínima necessária pois, esta depende das ligações moleculares da estrutura.

Então, com essas novas interpretações, conseguimos montar a relação energética do efeito fotoelétrico. A energia do elétron é a energia recebida pela luz menos a energia de "interação" com o material:

$$E_{el\acute{e}tron} = E_{recebida} - E_{interac\tilde{a}o}$$

$$E_{el\acute{e}tron} = h \cdot f - \phi$$

Devido à conservação de energia, o excesso de energia do elétron é transformado na forma de energia cinética, com isso:

$$E_{cin\acute{e}tica} = h \cdot f - \phi$$

Na situação onde a energia da luz for menor que função trabalho, os elétrons não possuirão energia suficiente para escapar e o efeito fotoelétrico não ocorrerá.

Foi com essa abordagem que o efeito fotoelétrico foi trabalhado durante a etapa da atividade que explora o funcionamento do painel solar, que será melhor detalhada no próximo capítulo.

Ao realizarmos uma pesquisa a fundo sobre o tema encontramos uma discordância no tipo de fenômeno responsável pelo funcionamento do painel. Algumas empresas e fabricantes atribuem a conversão da luz ao efeito fotovoltaico ao invés de efeito fotoelétrico. A justificativa dada por eles é que no painel solar o elétron não é ejetado do material é apenas promovido de uma camada para outra.

No nosso entendimento isso é só uma questão experimental o efeito físico em si é o fotoelétrico pois, a promoção do elétron só acontece devido a absorção do fóton com energia específica, suficiente para superar sua interação atômica. Em ambas situações só encontraremos corrente elétrica se tivermos uma diferença de potencial (ΔV) para acelerar o elétron promovido, no caso do efeito fotoelétrico “clássico” essa ΔV é proporcionada por uma bateria e no caso do painel solar é devido a estrutura do material semicondutor (junção p/n). O essencial é o balanço energético do fenômeno e não o destino final do elétron após absorver o fóton. No próximo tópico iremos discutir os tipos de painéis fotovoltaicos e seus aproveitamentos.

3.4 Tipos de painéis fotovoltaicos, rendimento e potência.

Grande parte dos painéis solares utilizados no mundo é de Silício. O que difere de um painel para outro é a pureza do material. Quando dizemos "pureza" nos referimos ao alinhamento das moléculas na estrutura do material. O nível de pureza exigido em um painel solar tem que ser cerca de 99,999% para atingir o melhor rendimento na conversão.

Os processos utilizados para melhorar a pureza do silício e o tratamento dele são caros e correspondem a 45% do custo de um painel solar convencional de tecnologia de silício cristalino. (Donsol ,2015).

Uma vez que o silício faz parte do grupo dos semicondutores, montamos uma explicação sobre a estrutura e características desse grupo de materiais. Essa discussão está disponibilizada no material do professor, com intuito de sanar as dúvidas básicas que permeiam esse tema, como por exemplo: a diferença do metal para o semicondutor, tipos de dopagem, junção p/n e o movimento da corrente nesse tipo de junção.

Na tabela a seguir iremos apresentar três tipos de placas fotovoltaicas disponíveis no mercado brasileiro, acompanhada de suas vantagens e desvantagens.

Tabela 6- Tipos de Painéis Solares e suas eficiências.

Tipos de painéis fotovoltaicos	Construção	Eficiência
Silício Monocristalino	Eles são feitos a partir de um único cristal de silício ultrapuro, (lingotes de silício de forma cilíndrica), este é fatiado como um "salame" fazendo assim lâminas de silício individuais, que são então tratadas e transformadas em células fotovoltaicas.	15 – 22%
Silício Policristalino	No policristalino, os cristais de silício são fundidos em um bloco, desta forma preservando a formação de múltiplos cristais (dai o nome poli cristalino). Quando este bloco é cortado e fatiado, é possível observar esta formação múltipla de cristais. Uma vez fundido, eles são serrados em blocos quadrados e, em seguida, fatiados em células assim como no monocristalino, mas é um pouco mais fácil de produzir.	14 e 20%
Thin-film (Filme Fino)	Depositar uma ou várias camadas finas de material fotovoltaico sobre um substrato é a essência básica de como os painéis fotovoltaicos de filme fino são fabricados. Os diferentes tipos painéis solares de filme fino podem ser categorizados por material fotovoltaico que é depositado sobre o substrato: Silício amorfo (a-Si) ; Telureto de cádmio (CdTe) ; Cobre, índio e gálio seleneto (CIS / CIGS); Células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV)	7-13%

Fonte: Portal Solar (2018)

A eficiência dos painéis, de maneira simplória, é o percentual de energia que incide na placa e é transformada em energia elétrica. Repare que os valores não são altos, alcançam cerca de 22%. Algumas células não comerciais conseguem ultrapassar esse valor, porém não há previsão de produção em larga escala.

O baixo aproveitamento, como já foi discutido, se dá devido ao não aproveitamento total da radiação eletromagnética que atinge a placa e outros fatores como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Aproveitamento energético de uma célula fotovoltaica de silício cristalino

100%	Irradiação Solar Total
-3,0%	Reflexão e sombreamento dos contatos frontais
-23,0%	Fótons com energia insuficiente na Irradiância de ondas compridas
-32,0%	Fótons com energia excedente na Irradiância de ondas curtas
-8,5%	Recombinação de elétrons
-20,0%	Gradiente elétrica, especialmente na região do campo elétrico
-0,5%	Resistência em série (perdas térmicas na condução elétrica)
= 13,0%	Energia elétrica utilizável.

Fonte: BlueSol (2016)

Outra característica importante em qualquer tipo de aparelho eletrônico é a sua potência. No caso que estamos analisando, precisamos estabelecer as certas condições iniciais, uma vez que há vários fatores que influenciam os painéis. São tomados dois parâmetros de medição o STC (Standart Test Conditions) e o NOCT (Nominal Operating Cell Temperature).O primeiro são condições de laboratórios e o segundo são condições mais próximos da realidade de uso.

Tabela 8 - Condições para potência do painel

Parâmetros	STC	NOCT
Irradiação solar	1000 W/m ²	800 W/m ²
Temperatura da Célula	25°C	20°C
Massa de Ar ⁶	1,5	1,5

Fonte: Portal Solar (2018)

Importante ressaltar que os painéis em pleno Sol operam a uma temperatura acima da temperatura ambiente, varia entre 15°C e 30°, dependendo do local instalação. A condição da massa de ar depende da espessura da atmosfera sobre a placa, o valor de 1,5 utilizado, pois, corresponde ao valor médio dos países do hemisfério norte.

⁶ É calculada da seguinte maneira $AM = \frac{1}{\cos \theta_z}$ onde θ_z é o ângulo zenital.

Colocando em paralelo essas duas condições, podemos calcular a diferença de potência do painel fotovoltaico para os dois casos. Vamos tomar como exemplo a ficha da Figura 11.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PAINEL DE 265 Wp DE ENERGIA SOLAR	
Máxima Potência (Pm):	265 Watts
Tolerância:	0 / 5 Watts
Voltagem de Máxima Potência (Vm) :	30,6 Volts
Corrente de Máxima Potência (Im):	8,66 Amps
Voltagem de Circuito Aberto (Voc):	37,7 Volts
Corrente de Curto-Circuito (Isc):	9,23 Amps
Voltagem Máxima do Sistema:	1000 Volts
Eficiência do Painel:	16,47%
Coefficiente de Temperatura da Potência(Pm):	-0,41 %/°C
Coefficiente de Temperatura da Corrente(Isc):	0,053 %/°C
Coefficiente de Temperatura da Voltagem(Voc):	-0,31 %/°C
Temperatura Nominal de Operação de Célula (TNOC/NOCT):	45±2°C
<small>* Condição padrão de teste STC/CPT: Irradiação de 1.000 W/m², Espectro de Massa de Ar 1.5 e Temperatura de Célula de 25°C</small>	

Figura 11 - Ficha Técnica do Painel Solar
Fonte: Neosolar (2018)

As especificações da figura acima trazem os seguintes dados: Coeficiente de temperatura da Potência -0,41%/°C, significa que para cada grau acima de 25°C, o módulo perderá 0,41% da sua potência e Temperatura Nominal de Operação da Célula 45°C, isso nos diz que o painel terá aproximadamente essa temperatura em pleno Sol.

Se o módulo irá trabalhar com 45°C e a temperatura pela STC é de 25°C, temos um aumento em 20 graus Celsius. Esse aumento reduzirá a potência do painel em 8,2% (0,41 vezes 20).

Então, para esse painel que, nas condições STC, trabalharia com 265W, na realidade a potência máxima será de aproximadamente 243,27W, que é 8,2% a menos. Na sequência iremos detalhar o desenvolvimento da abordagem do ensino por investigação construída para essa atividade.

Para um melhor entendimento sobre o painel fotovoltaico é necessário fazer um aprofundamento no seu tipo de material, que é o semicondutor. A parte física sobre estes é trabalhada ao estudar o estado sólido da matéria. Para um professor proveniente de um curso de licenciatura em Física esse

tópico geralmente não é explorado durante a graduação. Então, com intuito de apresentar melhor os semicondutores, produzimos um material conceitual da parte física dos semicondutores que está disponibilizado no Apêndice A.

Capítulo 4:

Descrição da Atividade - Convertendo a radiação solar em energia elétrica

Inicialmente, ao optarmos por trabalhar com energia solar, encontramos uma gama muito grande de conceitos possíveis para serem desenvolvidos, como por exemplo: associação de módulos fotovoltaicos, potência elétrica, tipos de ligação, conversão de energia, intensidade luminosa, efeito fotoelétrico, radiação solar, espectro eletromagnético e outros.

Decidimos, então, montar uma atividade para os alunos compreenderem como é feita a transformação da energia solar em energia elétrica focando nos efeitos e potencialidades sociais e tecnológicas causados por esse fenômeno.

Planejamos uma atividade contextualizada com a realidade do aluno para durar quatro dias de aula totalizando oito tempos de 45 minutos para ser aplicada em uma turma da 3^o série do ensino médio. Foi necessário utilizar um dia a mais apenas para entregar um material de consulta, totalizando cinco dias.

Optamos por dividi-la da seguinte maneira:

- Dia 0: Entrega do quadro de vantagens e desvantagens
- 1^o Dia: Problematização da Matriz Energética
- 2^o Dia: Investigamos a Radiação Solar usando um Forno Solar de Caixa
- 3^o Dia: Verificamos efeitos radiação ultravioleta através de um fenômeno similar ao da nossa pele.
- 4^o Dia: Introduzimos o Efeito Fotoelétrico para explicamos a tecnologia do Pannel Solar

Em todos os dias, buscamos montar uma dinâmica que abraçasse os oito pontos propostos por Carvalho (2011) para criar condições em que as interações sociais acontecessem, como no direcionamento do papel do professor durante esse ensino. Os pontos foram:

1. A participação ativa do estudante
2. A importância da interação aluno-aluno.
3. O papel do professor como elaborador de questões.

4. A criação de um ambiente encorajador
5. O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula
6. O conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno
7. A relação ciência, tecnologia e sociedade.
8. A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica

A organização da atividade seguindo o modelo proposto por Aikenhead (pag. 12) se deu conforme a figura abaixo.

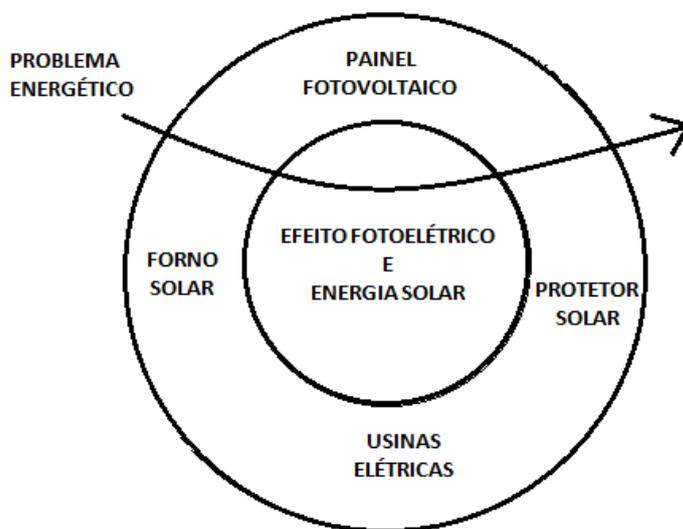


Figura 12: Organização de acordo com a proposta de Aikenhead
Fonte: os autores

Então, partindo de um tema social (problema energético) são aprofundados a conteúdos correlacionados a conhecimentos tecnológicos ou tecnologias (painel fotovoltaico, forno solar, usinas elétricas e protetor solar), que por sua vez se ligam a conceitos científicos (efeito fotoelétrico e energia solar) permitindo a compreensão da situação tecnológica e, em seguida retorna para um entendimento mais amplo do problema social, inicialmente proposto.

Assim, a atividade é iniciada com o problema central a situação energética que enfrentamos devido a longos períodos de estiagem no Brasil e é toda planejada para se desenrolar de acordo com o Grau 3 de liberdade intelectual, ou seja, os alunos assumem o protagonismo e o professor passa a orientá-los como proposto por Carvalho (pag. 19).

Antes de detalhar a atividade, é importante ressaltar que, em cada dia, exceto o primeiro, os alunos recebem um roteiro de perguntas. Porém, apesar de usar a palavra "roteiro" é preciso entender que, como este trabalho é uma atividade investigativa, as perguntas presentes no roteiro são elaboradas para que haja a discussão entre os alunos, se diferenciando do roteiro típico de laboratório experimental, totalmente mecânico e sem aberturas para a interação entre alunos. Os roteiros se encontram no Apêndice C.

4.1 Dia Zero: Entrega do quadro de vantagens e desvantagens das formas de energia

Na semana anterior do começo da SEI, foi entregue dois quadros para cada aluno contendo informações sobre cada tipo de meio de produção energética. Um dos quadros traz as Vantagens e outro as Desvantagens de cada forma de produção energética além de informações gerais da conta de luz (Apêndice D). Os quadros trazem também links para acessar os artigos, notícias ou documentos de onde foram retirados esses dados coletados no ano de 2018.

Para cada tipo de energia, foi selecionado de 3 a 4 pontos positivos e negativos, abordando impactos ambientais, custo e potencialidade de produção, colocando em paralelo as formas de produção energéticas presente na matriz energética brasileira, que são: biomassa, eólica, fóssil, hídrica, nuclear e solar.

O material foi distribuído para que os alunos, dentro de um panorama geral, tivessem conhecimento de alguns pontos a favor e contrários a todas as fontes energéticas, para adquirirem argumentos para o debate que será realizado no primeiro dia da atividade, que está explicado no tópico seguinte.

4.2 1º Dia: Problematização da Matriz Energética

A atividade se inicia com a reprodução do vídeo "*O Brasil e as mudanças climáticas*" do canal *Nerdologia* (Nerdologia, 2017) que traz informações políticas sobre as mudanças climáticas, abordando principalmente as Conferências das Partes (COP) e compromisso mundial para a solução

desse problema. Inclui o Brasil que propôs objetivos ambiciosos para auxiliar nessa "batalha", que foram votados e aprovados pelo congresso brasileiro.

Uma vez que essas metas foram apresentadas para a turma, é montado um Gráfico Humano correspondente com o gráfico da matriz energética que o país pretende alcançar em 2030, conforme mostra a figura 13.

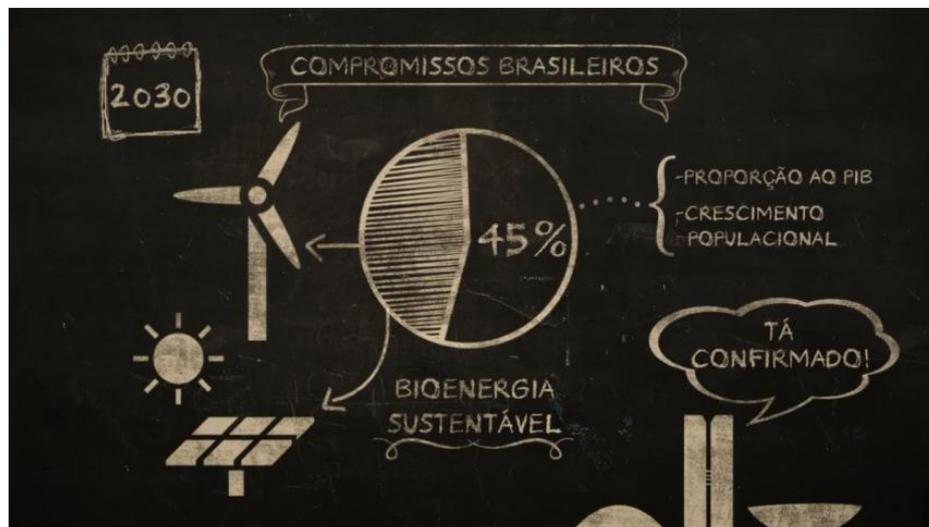


Figura 13: Compromissos brasileiros
Fonte: Nerdologia (2017)

A turma é separada de acordo com os dados do gráfico, 45% dos alunos para o lado das energias renováveis e os outros 55% para as não renováveis, e são realizadas algumas provocações:

- Esses temas já foram estudados por vocês? Em qual disciplina?
- Vocês acham que o nosso país está perto de cumprir as metas do Acordo de Paris?
- Quais os melhores tipos de energias renováveis que podem ser aproveitadas no Brasil?
- Como podemos mudar esse quadro?
- Qual o principal meio de produção de energia do Brasil? Ele é renovável? É benéfico dependermos desse meio de produção?

Essas perguntas não foram realizadas de maneira "pergunta e resposta". Por ser uma atividade investigativa, o professor inseriu-as durante o debate, podendo aparecer com outra estrutura, porém trabalhando esses temas.

Após a discussão, com a mesma dinâmica, é refeito a distribuição do Gráfico Humano com base no gráfico de 2018 da matriz energética brasileira, representada na figura 14.

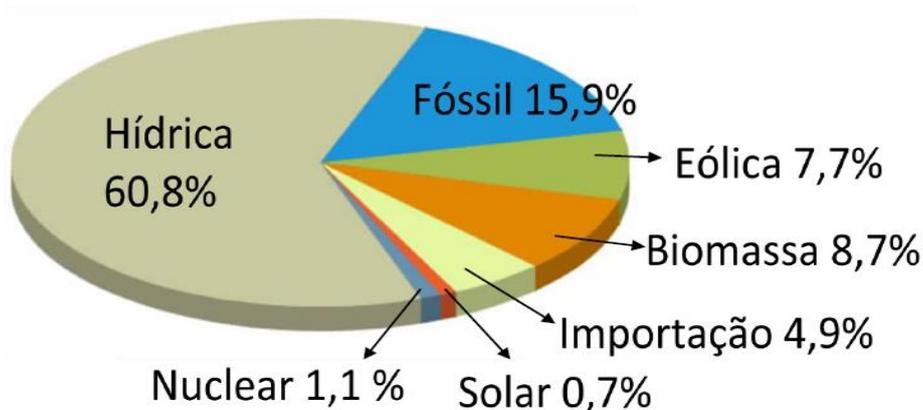


Figura 14: Matriz Energética 2018.
Fonte: ANEEL (2018)

A turma que estava dividida em dois grupos diferentes (Renováveis e não renováveis) foi redistribuída de maneira proporcional em 6 grupos, um para cada forma de produção energética, e foram refeitos os questionamentos.

Com essa divisão é criado um Júri-Simulado para debater a situação energética do nosso país. Para isso são eleitos através de sorteio 3 ministros:

- Ministro (a) de Minas e Energia.
- Ministro (a) da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação.
- Ministro (a) do Meio Ambiente.

Para completar o Júri, o professor faz o papel do Ministro da Fazenda. Eles terão que dar suas opiniões e escolhas sobre qual tipo de produção de energia que teremos que investir para sair do problema que estamos.

Já os alunos em cada grupo se tornam representantes dessa forma de produção energética, tendo que defendê-la e enaltecê-la para que seja escolhida.

A dinâmica do Júri-Simulado é similar ao debate político eleitoral, conforme ilustrado na figura 15.

1. Um representante terá que tirar uma ficha de “argumento” para iniciar sua pergunta, tendo somente 1 minuto e 30 segundos para finalizá-la.
2. O representante questionado irá ter 1 minuto para responder.

3. Após a resposta, o representante terá que tirar outra ficha dando continuidade ao debate



Figura 15: Ilustração do Júri-Simulado
Fonte: Os autores

A ficha de "argumento" (Apêndice E) são as Desvantagens dos meios de produção, que foram disponibilizados para eles, uma semana antes no dia zero. Durante o júri, todos podem utilizar os Quadros de Vantagens e Desvantagens, porém é a ficha sorteada a que define o tema da pergunta e para quem será destinada. Ao todo são 20 fichas, cerca de 3 ou 4 para cada forma de produção.

ENERGIA DE BIOMASSA

No entanto, apesar de não ser um combustível fóssil, de acordo com estudo, a queima da biomassa é uma das maiores fontes mundiais de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa.



Fontes: <https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa>
http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-/656877?inheritRedirect=false

Figura 16: Exemplo de Ficha de "Argumento"
Fonte: Os autores

Para iniciar o debate, é apresentado o problema energético pelo qual o país está passando através de um vídeo da notícia de Janeiro de 2018, do Bom dia Brasil (Carvalho, 2018), que aborda o aumento da conta de luz devido à prolongada falta de chuvas, com uma reflexão crítica sobre a nossa

dependência com as usinas hidrelétricas. Então, o primeiro sorteio é feito pelos representantes da Hídrica, dando início ao Júri-Simulado.

Ao final do debate, os ministros precisam elaborar uma saída para o problema que foi colocado inicialmente, levando em conta o ministério que representam e os argumentos apresentados durante o júri-simulado. O professor assumiu o papel de Ministro da Fazenda para que, ao final do debate, destaque a importância do desenvolvimento da energia solar como uma das saídas para o problema apresentado. E dada sua posição de veto, já que possui a palavra final entre os ministros, torne a energia solar como a melhor solução no momento, com intuito de dar continuidade a atividade.

4.3 2º Dia: Investigamos a Radiação Solar usando um Forno Solar de Caixa

Neste dia foi feito o aprofundamento da discussão sobre energia solar, onde temos o objetivo de investigar a capacidade energética da radiação solar, fazendo uso de experimento e questionamentos. As perguntas estão numeradas conforme o roteiro da atividade.

Com a turma dividida em grupos, a aula se inicia com a comparação das temperaturas máximas e mínimas da Terra e Lua, na aproximação em que recebem a mesma intensidade de radiação solar. Através da seguinte pergunta:

1. Já que recebem a mesma intensidade de radiação, como a Terra e a Lua podem alcançar temperaturas tão diferentes? Responda no quadro abaixo e se necessário utilize ilustrações para facilitar a explicação.

Temos como objetivo fazer com que os alunos exponham o que eles sabem sobre a formação da atmosfera de nosso planeta, pois é ela a grande responsável por regular a temperatura na Terra.

Na sequência, é distribuído para cada grupo um Forno Solar de Caixa feito pelo professor (figura 17), com materiais de baixo custo, cuja primeira tarefa dos alunos é periciar o forno para identificar todos os materiais utilizados e encontrar a função de cada um.



Figura 17: Forno solar de caixa
Fonte: Os autores

Ainda na sala de aula, começa a parte experimental. Cada o grupo terá que escolher, justificando sua opção, uma das três receitas disponíveis para cozinhar, utilizando o Forno Solar de Caixa: banana assada, aquecimento de água para fazer chá ou café ou queijo quente. Na sequencia são postos a fazerem outra escolha:

2. O grupo poderá optar por colocar a "Adereço Especial". Explique a sua opção.

O adereço especial é como se fosse uma rede de algodão, que é pendurada dentro do forno, entre o alimento e a tampa, executando papel semelhante às nuvens (figura 18). Todos os materiais necessários para cozinhar são disponibilizados pelo professor, panelinhas, guardanapos e etc.



Figura 18: Forno solar de caixa - adereço especial
Fonte: Os autores

Uma vez com as receitas escolhidas, a turma desce para o pátio da escola para tentar executá-las. É de extrema necessidade que esteja Sol ou com poucas nuvens no dia de aplicação.

Durante o preparo, os alunos respondem uma série de questionamentos sobre a que situação que estão submetidos, a seguir serão destacadas algumas perguntas do roteiro:

3. Explique o funcionamento do Forno Solar de Caixa?
4. Abaixo, temos, em seguida, um diagrama que ilustra o balanço das radiações que a atmosfera proporciona (a figura se encontra no roteiro da atividade, presente no apêndice C). Discutindo com seu grupo, relacione os materiais do forno com os elementos principais da figura (Radiação incidente, Terra/Oceanos, Nuvens, Gases)
5. Comparando o Forno Solar de Caixa com o forno do fogão comum, quem fez o papel do fogo? Explique.
6. Analisando o Forno Solar de Caixa, como o seu grupo poderia otimizar o seu rendimento.
7. Comparando as duas figuras anteriores (Espectro da Radiação Solar incidente na superfície da Terra no nível do mar e o espectro eletromagnético, que se encontram no roteiro da atividade presente no apêndice C), quais são as radiações que o Sol emite predominantemente?
8. Das radiações destacadas anteriormente pelo seu grupo, quais delas provoca predominantemente o efeito no Forno Solar.

Esses questionamentos abordam temas como, por exemplo: o funcionamento do forno e sua possível otimização, comparação do forno solar com a atmosfera e o fogão de casa comum e o tipo de radiação que estão utilizando. Temos o intuito de fazer com que os alunos entendam quais radiações que o Sol prevalentemente emite e como a atmosfera interfere nesse processo, criando conexões com a tecnologia do forno solar de caixa.

4.4 3º Dia: Verificamos efeitos radiação Ultravioleta através de um fenômeno similar ao da nossa pele

Para começar são apresentadas aos grupos duas tecnologias, com as explicações de seus funcionamentos, que utilizam um processo semelhante ao do Forno Solar de Caixa, transformando energia solar em energia térmica; que são: o painel para aquecer água e a usina hélio térmica, respectivamente representadas na figura 19.

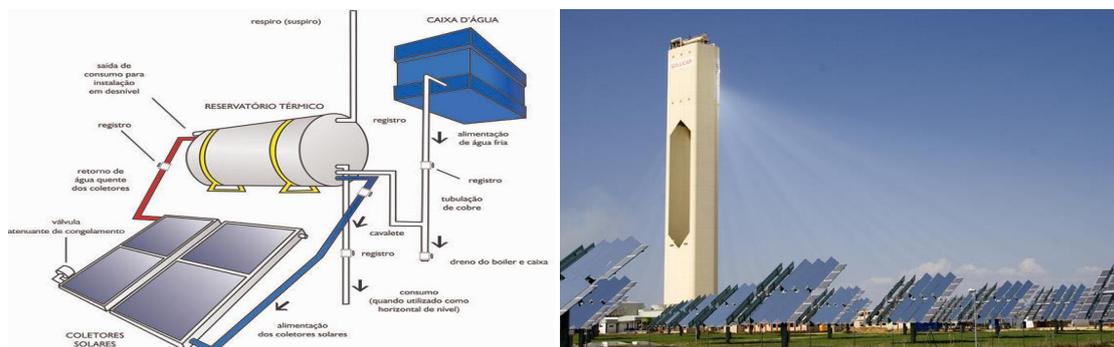


Figura 19: Tecnologias similares ao Forno Solar - (a) painel para aquecer água (b) Usina de Energia Hélio térmica

Fonte: (a) Soletrol (2018) (b) Wikipédia (2019)

É pedido para analisarem a transformação energética que ocorre em cada caso e comparar com o Forno Solar. Além disso, é levantada a questão dessas tecnologias serem ou não utilizadas no Brasil, o preço completo do aquecedor d'água e o efeito da radiação Infravermelho nesses casos, conforme as perguntas abaixo:

1. Foi mostrado acima duas outras formas de utilizar a radiação solar. Analisando as situações diga quais transformações de energia ocorreram em cada caso. E no Forno Solar?
2. O Brasil poderia usufruir desses métodos de aproveitamento da Energia Solar? Eles já são utilizados?
3. Com a ajuda da internet pesquise quanto custa a instalação do Aquecedor de Água, junto com seu reservatório (boiler). É um preço acessível?
4. Então, depois dessas discussões e experimento, qual o efeito da radiação infravermelho em cada um desses casos?

Na sequência é reproduzido um vídeo como atração para a continuação do tema: o perigo de ficar exposto ao Sol. O vídeo é uma propaganda de uma marca de protetores solares, que traz um adesivo que muda de cor devido ao tempo exposto ao Sol, cuja abertura está representada na figura abaixo.



Figura 20: Propaganda do Protetor Solar
Fonte: Larissa (2019)

Como a maioria dos pais tem preocupação com os filhos ao ficarem expostos no Sol, nossos alunos sabem do perigo. Então são realizados alguns questionamentos em relação à proteção solar: os cuidados, impactos e os produtos utilizados, através das seguintes perguntas:

6. Ao ir à praia, como vocês se protegem do Sol?
7. Porque nossos responsáveis sempre nos alertam para não ficar muito tempo exposto ao Sol, e principalmente evitar um certo horário de Sol. Quais as consequências de não se protegerem?
8. Os impactos citados são benéficos ou maléficos?
9. Vocês se preocupam com o tipo de produto que estão usando para se protegerem do Sol? Quais as características vocês levam em conta ao comprar o produto?
10. Qual é o tipo de radiação específica que precisamos nos proteger com os métodos já citados por vocês?

Uma vez discutidos os efeitos de exposição, são colocados em prova os conceitos trabalhados. Para isso é preciso de papel jornal, protetores solares de fatores diferentes e pedaço de tecidos.

É proposto para a turma criar um "projeto" que possa verificar as precauções discutidas anteriormente, a fim de estudar o efeito de ficar no Sol por longos períodos, acompanhado dos seguintes questionamentos:

11. Quais são as previsões do seu grupo para esse experimento?
12. Quais preocupações é preciso levar em conta para ter êxito nesse experimento?
13. Como o seu grupo vai registrar dos dados para provar ao professor sobre a verificação feita pelo grupo sobre o efeito de ficar exposto ao Sol.

O efeito no papel jornal se dá de forma parecida com a pele humana quando exposta ao Sol, pois sofre oxidação e fica mais amarelado. Em nosso corpo a melanina sofre oxidação tornando a pele mais bronzeada. Na figura 21 está representado o efeito do Sol em cinco papéis com níveis de proteção diferente. Da direita para esquerda temos: sem proteção, proteção fator 15, proteção fator 30, proteção fator 15 com tecido e logo abaixo desses, um papel de prova que não ficou exposto ao Sol.

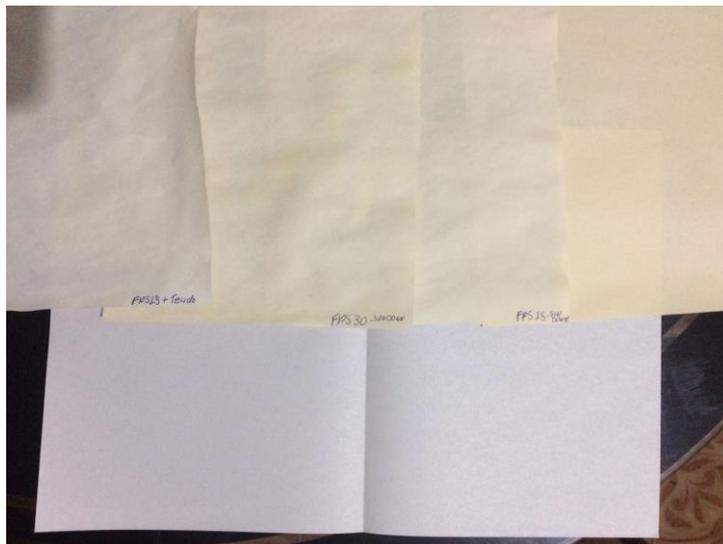


Figura 21: Papeis jornais após o Sol
Fonte: Os autores

Ao final desse dia é concluída a discussão primária relacionada a alguns conhecimentos de aplicação da radiação solar. Verificamos que a radiação solar proporciona efeitos de cozimento no forno solar e bronzeamento no papel jornal. Então neste momento podemos levantar os seguintes questionamentos: quais outros efeitos a radiação solar pode provocar? Como e porque ela é utilizada para gerar energia elétrica? Os painéis fotovoltaicos funcionam de que maneira, já que transformam luz em energia elétrica?

Então podemos iniciar a discussão dos conceitos físicos presentes na conversão da luz em energia elétrica, sendo este, o ponto principal da

atividade, pois no primeiro dia foi decidido, através do júri-simulado, que estudaríamos essa forma de produção energética como solução para o problema energético apresentado.

4.5 4º Dia: Introduzimos o Efeito Fotoelétrico para explicamos a tecnologia do Painel Solar

Através de todos os conceitos trabalhados até o momento, em grupo, os alunos respondem a uma série de perguntas, citadas abaixo, que abordam suas concepções acerca do painel fotovoltaico, explorando assuntos como a dependência com a quantidade de luz, o tipo de material, o preço e a radiação necessária.

1. Quanto maior a quantidade da luz que incide no painel solar mais energia elétrica ele produz?
2. Vimos que no espectro eletromagnético há vários tipos de radiação. O Painel Solar gera energia elétrica com qualquer radiação que incide nele?
3. Na opinião de vocês o Painel Solar pode ir acumulando a energia vinda do Sol para depois gerar corrente elétrica?
4. Do que vocês acham que é feito o Painel Solar? De que tipo de material?
5. Quanto vocês acham que custa a instalação das placas solares em uma residência?

Através dessas perguntas procuramos abordar discretamente algumas das preocupações da época da descoberta do Efeito Fotoelétrico, o que a Física Clássica não conseguia explicar no experimento, como por exemplo:

- I. O tempo para ocorrência de ejeção de elétrons é basicamente nulo (Questão 3)
- II. O fenômeno não depende da intensidade da luz. (Questão 2)
- III. A existência de uma frequência mínima para que ocorra o fenômeno (Questão 2)

E principalmente, é pedido para o grupo explicar o funcionamento do Painel Solar, como eles acham que é feita a transformação de luz em energia elétrica, podendo fazer uso de desenhos.

Na sequência é inserido através de textos e diálogo as características dessa tecnologia e o vocabulário para trabalhar, como por exemplo: a diferença entre célula, painel e módulo fotovoltaico, o material e seus diferentes tipos de montagem.

A partir daí, ainda através de texto, apresentamos os conceitos físicos que permitem explicar o funcionamento do painel solar, o efeito fotoelétrico e a quantização de Planck. Optamos por elaborar nossas próprias explicações para esses tópicos, conforme mostrado nos quadros abaixo:

Existe um fenômeno que explica a transformação da luz em corrente elétrica ao ser incidida sobre uma superfície metálica. Como já vimos anteriormente, a luz transporta energia; ao interagir com os elétrons do metal vai ceder a esses uma determinada energia correspondente à qualidade da luz. Assim os elétrons do metal são arrancados originando uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado de **Efeito Fotoelétrico**.

Esse fenômeno só foi explicado devido às ideias de Planck, que levanta a ideia sobre a quantização da radiação e vai matematizar, enquanto Einstein propôs a ideia do fóton de luz ou quanta de luz. Mas o que isso significa?

1. Planck mostrou que a energia é "quantizada", ou seja, vem em pacotes de energia. E cada pacote possui o valor de:

$$E = h \cdot f$$

Sendo f a frequência da radiação e h uma constante chamada de Constante de Planck.

2. Einstein "*analisou a luz como se realmente fosse feita de partículas minúsculas - chamou-as de quanta de luz - em vez de ser uma onda contínua.*" (Issacson, W. p.114).

Então é pedido novamente para explicarem como deve ser o funcionamento do Painel Solar, só que desta vez utilizando os novos conceitos.

9. Com a explicação dada no trecho acima, ilustre novamente como deve ser o funcionamento de um Painel Solar. Em relação ao primeiro desenho feito pelo seu grupo, houve alterações na explicação? Quais?

Na sequência, através das perguntas abaixo, são discutidos os seguintes conceitos: análise do espectro de absorção do Painel Solar, Função Trabalho, aproveitamento da radiação pelo Painel, a relação energética do fenômeno.

10. A seguir, temos novamente o espectro da radiação solar, sendo que desta vez há um destaque para a radiação utilizada pela

placa solar (figura está presente no roteiro do aluno, disponibilizado no apêndice C). Analisando a legenda da figura, identifique qual(is) radiação(ões) eletromagnética(s) é(são) convertida(s) em energia elétrica pela célula solar.

a. Qual radiação que o painel solar mais absorve?

11. Vimos no Efeito Fotoelétrico que a luz cede energia para os elétrons de tal forma que os arranquem da superfície metálica. Para conseguir esse efeito, a luz precisa ter uma energia mínima para romper a ligação do elétron com seu átomo. Essa energia mínima é chamada de Função Trabalho.

b. Se a energia do fóton for menor que energia mínima, o que acontecerá? Justifique

c. Se a energia do fóton for igual a Função Trabalho, o que vai acontecer? Justifique

d. Se a energia do fóton for maior que a Função Trabalho? O excesso de energia será utilizado? Explique as respostas

12. Na tabela abaixo temos a Função Trabalho de cinco tipos de metais (a tabela está presente no roteiro do aluno, disponibilizado no apêndice C), encontre a frequência necessária que o fóton tem que ter para arrancar os elétrons nesses casos. Considere $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ para a constante de Planck

a. Analisando o Espectro Eletromagnético, a partir de qual radiação acontece o Efeito Fotoelétrico nesses materiais?

b. Seria proveitoso usar painéis solares desses materiais?

13. Porque a célula fotovoltaica não aproveita toda radiação Solar?

14. Vimos que a radiação tem energia $h \cdot f$, anteriormente foi apresentado a energia mínima que o elétron precisa para ser arrancado da placa, função trabalho (ϕ). Escreva a equação matemática que expressa a energia que o elétron adquire após sair do metal.

As perguntas desta parte respondem as preocupações físicas trabalhadas anteriormente:

- Questões 10 e 11 abordam a preocupação II, que o fenômeno não depende da intensidade da luz.

- Questões 11,12,13 contemplam a preocupação III, a existência de uma frequência mínima para que ocorra o fenômeno.

E até outras, como por exemplo:

- A energia cinética dos elétrons não depende da intensidade da luz incidente, mas sim da frequência da luz (Questões 11, item c e 14)
- .A energia para “arrancar” os elétrons do metal não depende da intensidade, mas sim da frequência da luz. (Questão 11)

Assim esperamos de uma maneira diferente, pontuar algumas das preocupações e explicações físicas que envolvem o tema do Efeito Fotoelétrico. Através dessa atividade acreditamos que a formalização do conceito em sala de aula será mais proveitosa, pois os alunos estão construindo suas ideias sobre esse tema.

Capítulo 5:

Análise dos dados durante a aplicação da atividade

Uma vez que optamos por elaborar uma Atividade Investigativa, tivemos a preocupação com todo o caminho que os alunos iriam percorrer durante o processo de aprendizagem. Desde o tipo de pergunta até as possíveis respostas que poderiam aparecer.

Procuramos criar um ambiente dentro da sala de aula onde fosse possível ser feita a investigação do problema por parte dos alunos, colocando-os em postura ativa para que eles discutissem, elaborassem hipóteses, fizessem previsões, explicassem refutassem, justificassem suas ideias e criassem a conexão com o cotidiano.

Através dos Indicadores de Alfabetização Científica apresentadas por Sasseron e Carvalho (2008) vamos analisar as discussões dos alunos e procurar momentos que se possam trazer evidências de que a Alfabetização Científica esteja presente, nas palavras das autoras:

"Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levam ao entendimento dele".(p. 338)

Abaixo apresentamos a tabela com os indicadores:

Tabela 10: Indicadores da Alfabetização Científica.

Indicadores da Alfabetização Científica		
Indicadores para trabalhar com os dados de uma investigação	Seriação de informações	Indicador que não necessariamente prevê uma ordem a ser estabelecida, mas pode ser um rol de dados, uma lista de dados trabalhados.
	Organização de informações	Ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado.
	Classificação de informações	Ocorre quando se busca conferir hierarquia às informações obtidas.
Indicadores para estruturação do pensamento	Raciocínio lógico	Compreende o modo como as idéias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionada à forma como o pensamento é exposto.
	Raciocínio proporcional	Mostra como se estrutura o pensamento, e refere-se também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.
Indicadores para entendimento da situação analisada	Levantamento de hipóteses	Apona instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema (pode surgir da forma de uma afirmação ou de uma pergunta).
	Teste de hipóteses	Colocar à prova as suposições anteriormente levantadas (pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das idéias).
	Justificativa	Quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto.
	Previsão	É explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos
	Explicação	Quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas.

Fonte: Dados extraídos da *Sasseron e Carvalho (2008 apud Penha, Carvalho e Vianna 2009, p.4)*

A seguir apresentaremos a análise da atividade. Todas as falas são apresentadas como foram feitas em sala de aula. Os nomes utilizados são fictícios e a numeração dos turnos foi mantida de acordo com a transcrição completa da atividade. Cada dia de aplicação foi dividido em três ou quatro

episódios, onde destacamos os conceitos principais a serem formulados. Para facilitar a leitura da transcrição iremos seguir os seguintes códigos:

Tabela 11: Códigos para a transcrição

Códigos adotados para a transcrição	
Símbolos	Descrição
,	Pausa sintática breve
.	Pausa sintática longa
...	Outras pausas (interrupções e reformulações)
?	Indica oração interrogativa
!	Indica exclamação
{inaudível}	Trecho não compreendido
{...}	Supressão de transcrição

Fonte: Dados adaptados de Ramilo e Freitas (2001, apud Saca, 2017)

5.1 Debate sobre a Matriz energética.

Na tabela a seguir dividimos a discussão do debate, em 3 episódios:

Tabela 12: Turnos que compõe cada episódio - 1º Dia

Cena: 1º Dia - Debate sobre a Matriz energética		
Episódios	Turnos	Descrição
01	13 até 73	Concepções sobre a situação da Matriz Energética.
02	277 até 354	Algumas perguntas do debate- Júri Simulado
03	363 até 413	Resultado do Júri

Fonte: os autores

5.1.1 Episódio 01 - Concepções sobre a situação da Matriz Energética.

A aula foi iniciada com o vídeo *“Brasil e as mudanças climáticas”* que aborda assuntos como: Protocolo de Kyoto, Conferência Rio-92, mudanças climáticas, Acordo de Paris e as metas brasileiras a serem alcançadas. É questionado aos alunos se já estudaram esse tema e qual disciplina isso foi feito, todos da turma responderam que sim e que foi visto nas matérias de História, Geografia e Biologia. Então o professor começa a buscar através de perguntas, as concepções dos alunos. Nesse episódio os alunos não estão divididos em grupos.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
013	Professor	Esse vai ser um tema importante.... Em relação ao nosso país, Brasil, criamos metas...	Inicia o raciocínio da pergunta	
014	Andréia	Quando chegarmos na meta, dobramos as metas hahahaha (piada)	Interrompe o professor	
015	Professor	Metas para 2025 que precisamos alcançar. Vocês acham que o nosso país está em uma condição favorável para chegar perto disso?	Questionamento para apresentar problema.	
016	Turma	Não.		
017	Professor	Não? Está muito longe?	Procurando uma resposta mais completa dos alunos	
018	Joana	Sim.		Previsão
019	Paula	Não muito longe, só não está favorável.		Levantamento de Hipóteses
020	Joana	O Brasil está tão longe de tanta coisa hahaha		
021	Turma	RISOS		
022	Joana	Acha mesmo que estão pensando em coisa ambiental, estão nada,	Se referindo ao governo/políticos	Explicação
023	Andréia	É também acho... eles não pensam nem nas coisas básicas.	Se referindo ao governo/políticos	Raciocínio Lógico
024	Joana	Não vão pensar em desastre ambiental		Explicação
025	Andréia	Acho que para chegar nesse pensamento precisamos estar bem nas coisas básicas, ai vamos estar tranquilo para pensar nas outras coisas.		Justificativa
026	Joana	Né		
027	Marcela	Pesado...		
028	Professor	Mas por exemplo, temos que diminuir nossa emissão em 37%	Apresenta os dados do problema	
029	Paula	Complicado		
030	Professor	Colocar nossa Matriz Energética de forma renovável em 45%	Apresenta mais dados do problema	
031	Paula	Tipo assim...		
032	Pedro	Em Brasilia ele está fazendo isso	Se referindo ao governo ou presidente	
033	Paula	AH! Reduzindo canudo... tudo bem que começamos pelo básico, mas tem coisas bem mais importantes que precisam fazer, que não estão fazendo. Tipo reduzir isso.	"Isso" se refere à emissão de gases.	Classificar as informações
034	Joana	É a mesma coisa em São Paulo. "Po" São Paulo é nublado de poluição		Justificativa
035	Paula	Lá tem carro que circula um dia, outro		Explicação

		carro outro dia		
036	Marcela	Ai a pessoa tem dois carros exatamente pra isso.		Justificativa
037	Professor	É a pessoa compra dois carros.	Apoia a Justificativa da aluna.	
038	Paula	Exatamente, não adianta fazer essas coisas, então assim... eles deveriam tomar uma atitude mais criativas...		Raciocínio Lógico
039	Professor	Rígidas?	Completa o raciocínio.	
040	Paula	É, sem ser a do canudo, que realmente ajude. Que não vai ser um canudo que vai...		Raciocínio Lógico
041	Joana	Vai adiantar uma boa parte		

Na sequência Pedro argumentou sobre a Energia Eólica, dizendo que o Brasil está investindo muito nessa forma de energia, apesar da turma desconhecer essa informação, que é verdadeira, lembraram-se da piada que "temos que estocar vento" e o professor decidiu embarcar nessa discussão e questionou-lhes sobre principal meio de produção energético.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
052	Professor	O Pedro falou um ponto importante, o Brasil é muito grande, certo? De todas as formas de energia, a gente foca em qual?	Utilizando um dado apresentado pelo aluno, é levantado outro questionamento.	
053	Pedro	Da água... hídrica		Levantamento de Hipótese
054	Professor	A Hidrelétrica. Será que tem outra energia mais favorável?	Se aprofundando na discussão	
055	Marcela	SOLAR!		Levanta a Hipótese
056	Andréia	Uhum		
057	Marcela	Tem sol atééé !!... Nesse Meier aqui.	"Tem sol até" de maneira exagerada,	Justificativa
058	Joana	hahahahah		
059	Professor	Mas será que está tendo investimentos ou incentivos?	Questionando a situação em relação ao investimento.	
060	Marcela/Joana	Aquelas placas de energia solar são muito caras		Previsão
061	Paula	Sim elas podem ser absurdas de caras, mas o retorno que você vai ter é um absurdo também. Minha antiga professora		Previsão E Explicação

		ela botou na casa dela, para o ar condicionado, ela falou que não gasta mais luz com ar condicionado.		
062	Paula	O retorno que ela está tendo agora nesse calor é absurdo.		
063	Joana	Tipo é um investimento que deve valer a pena.. é caro mas....		Raciocínio Lógico
064	Paula	Imagine uma conta de mil e pouco e vem 300...		Raciocínio Proporcional
065	Marcela	Agora imagine uma pessoa que não tem nada, tipo assim....		Levantando a Hipótese
066	Pedro	mas o Sol em longa escala não é bem...	Falando muito baixo	
067	Professor	Vou entrar nesse ponto...Exatamente, e se não tiver renda?	Utilizando um dado apresentado pelo aluno, é levantado outro questionamento.	
068	Paula	É complicado mas po..		
069	Professor	Tipo Eu, não vou conseguir colocar.	Simples comentário	
070	Paula	É meu pai também não consegue colocar		
071	Maria	É um bem pra todos, então tipo...		Raciocínio Lógico
072	Marcela/Joana/Paula	O governo podia investir		Levantam a Hipótese
073	Maria	Não é só para umas pessoas é para todo mundo!!		Raciocínio Lógico

Dando continuidade à atividade foi iniciado a construção dos Gráficos Humanos. O primeiro foi feito em relação às metas que o país deveria alcançar (60% renováveis e 40% não renováveis, aproximadamente) e todos acharam que a situação atual estaria longe disso e que poderia ser ao contrário. Já no segundo Gráfico Humano utilizamos os dados da matriz energética de 2018 (60,8 % Hídrica, 15,9% Fóssil, 7,7% Eólica, 8,7%Biomassa, 4,9% de Importação, 0,7% Solar e 1,1% Nuclear) onde de inicio alguns alunos se assustaram com as porcentagens baixas da Solar e Eólica e se irritaram com o número da Importação. A distribuição teve algumas aproximações para que cada forma de energia tivesse pelo menos um representante.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
186	Professor	Então voltando aquela pergunta inicialmente, a nossa situação é favorável	Após inserir novos dados, o	

		com o compromisso que fizemos?	problema foi reapresentado.	
187	Pedro	Sim	Todos da turma acompanharam com a mesma resposta	Levantamento de Hipótese
188	Professor	Porque sim?	Procurando uma resposta mais completa dos alunos	
189	Pedro	Temos quase 70% de renovável		Explicação
190	Professor	É... 70% de energia renovável, uma vez que hídrica é considerada renovável... já temos isso. Mas será que a Hídrica é o nosso melhor ponto para isso?	Questiona a relação da porcentagem da energia Hídrica.	
191	Joana/Marcela	Não		Previsão
192	Professor	Então vamos começar um debate...	Passando para a próxima etapa da atividade	
193		{...}	Conversas paralelas	
194	Professor	Preciso de 3 Ministros, uma vez que temos uma preocupação com o nosso país, preciso de um Ministro de Minas e Energia , que cuida dessa parte energética. Um Ministro de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação , pois, precisamos de novas tecnologias para a produção. Tá bom? E o Ministro de Meio Ambiente por causa dos impactos. Já passei esses dados, Vantagens e Desvantagens de cada Energia para vocês. E eu sou o Ministro da Fazenda e vou ser o mediador do debate. Beleza? Alguém quer se eleger?	Fizemos acordo para eleger os Ministros pois, o sorteio iria demorar muito.	
195	Luiza	Joana, Andréia e Paula	Resultado da rápida eleição	
196	Professor	Joana Ministra de Minas e Energia Andréia Ministra de Meio ambiente, porque ela se preocupa com os animaizinhos. Paula Ministra de Ciências, Tecnologia, Inovação e Comunicação. Presta atenção na estrutura do debate, vai funcionar da mesma maneira que o debate político que vocês assistem na televisão. Iremos começar com uma forma de energia, com seu representante. Já que estão distribuídos em grupos, vocês estão representando essas formas de energia.	Devido à eleição, os alunos foram redistribuídos na formas de energia, pois tinha Energia sem representante.	

		Marcela Hídrica Solar	Pedro Fóssil	Luiza		
		Amanda Nuclear Biomassa e	Luiza Solar	Maria		
		Rebeca Eólica				

Foi explicado detalhadamente o funcionamento do debate. Nesse momento alguns alunos confessaram não terem lido as fichas de vantagens e desvantagens entregues na aula anterior. Dando sequência, é reproduzido o segundo vídeo que traz a notícia do jornal Bom dia Brasil apresentando o problema que nosso país passou por falta de chuvas no ano de 2018. Com isso foi dado início ao debate e a primeira pergunta ficou para a representante da Hídrica, já que o vídeo criticava a dependência de sua forma de produção.

No episódio seguinte foram selecionadas algumas perguntas realizadas no Júri Simulado.

5.1.2 Episódio 02 - Algumas perguntas do debate- Júri Simulado

Nesse episódio foi colocado no quadro da transcrição a forma de energia ou o ministério que cada aluno está representando, localizado embaixo do nome do participante. Foram selecionadas algumas perguntas para a análise e a sala ficou organizada conforme a figura 22.



Figura 22: Organização da turma durante o debate
Fonte: os autores

A aluna Maria inicia sua rodada lendo a seguinte desvantagem da Energia Eólica *"Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais de migração."* e questiona sua colega.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
-------	------	------	------------------	-------------

277	Maria (Biomassa)	Como você planeja manter a espécie das aves vivas se sua forma de energia acaba com elas?	4º Pergunta do debate	Raciocínio Lógico
278	Rebeca (Eólica)	Mas acaba..não sabia disso. (Risadas) Tá escrito aqui que não emite gases poluente... achei que deixava todo mundo feliz.		
279	Maria (Biomassa)	Mas é um grande ventilador né!!		Raciocínio Lógico (completando)
280	Professor	Ela questionou sobre esse impacto sobre o meio ambiente, com as espécies das aves.	Reorganiza a pergunta apresentada para melhor entendimento da aluna.	
281	Rebeca (Eólica)	Ahh sobre bate na... podia ser uma mais simples?		
282	Maria (Biomassa)	Mas é simples como é que você planeja fazer isso, já que é a Energia Eólica é uma coisa boa, beleza, mas está acabando com os passarinhos. E ai?!?!?		Organização de Informações
283	Rebeca (Eólica)	É que assim... temos que escolher né...toda coisa tem uma desvantagem. Na verdade..não sei como ajudar eles...		Explicação
284	Paula (Ministra C.T.I.C)	Ué gente....		
285	Rebeca (Eólica)	Você não pode falar nada... eu que to fazendo. Deixa eu pensar mais um pouquinho.		
286	Professor	1 minuto.	Simple comentário.	
287	Andréia (Ministra M.A)	Você tem sangue de aves em suas mãos!!	Provocação	
288	Rebeca (Eólica)	Não emite gases poluentes! Gente...		
289	Professor	Vai Rebeca, puxa uma ficha.	Sorteando a próxima ficha	
290	Luiza (Solar)	De novo... tadinha da Maria.	Foi a Eólica	
291	Professor	Vai Rebeca...	Simple comentário.	
292	Paula (Ministra C.T.I.C)	Ué porque não coloca os negócios onde os passarinhos não passam..		Levantamento de Hipótese
293	Maria (Biomassa)	Ela poderia ter falado colocar uma capa.		Levantamento de Hipótese
294	Paula (Ministra C.T.I.C)	Só colocar uma rede		
295	Professor	Gente ordem! Deixa ela fazer a pergunta.	Organizando o	

			debate.	
296	Rebeca (Eólica)	Acho que poderia ser confortável, aí quando eles batem eles voltam.	(Risada da turma)	Levanta a Hipótese

Entrando na dinâmica da atividade, após responder a pergunta, a Rebeca puxou a próxima ficha para questionar a Maria, por coincidência, uma revanche. Ao ler a desvantagem da Energia de Biomassa *"No entanto, apesar de não ser um combustível fóssil, de acordo com estudo, a queima da biomassa é uma das maiores fontes mundiais de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa."*

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
298	Rebeca (Eólica)	Tá, vou ler..... Caraca vou arrasar! Como é que você pretende não afetar tanto, tipo assim porque a Biomassa coisa o efeito estufa né? acabei de ler aqui. Como é que você pretende melhorar isso?	5º Pergunta do debate	Raciocínio Lógico
299	Maria (Biomassa)	É só reduzir a forma de como a gente produz..		Levantamento de Hipótese
300	Rebeca (Eólica)	Quero uma resposta elaborada!	Interrompendo	
301	Professor	Então deixa ela falar!	Organizando o debate.	
302	Maria (Biomassa)	Ao invés da gente produzir.. (lendo alguma ficha) É só a gente reduzir a forma como a gente usa, o tipo de energia da Biomassa. Porque a gente reduzindo, não vamos deixar de usar, mas com certeza vai ajudar, porque vamos reduzir e vai melhorar a situação.		Levantamento de Hipótese e Justificativa

Apesar de ter jogado contra sua forma de energia, Maria conseguiu entender a situação e estruturou uma ideia para resolvê-la. Em seguida puxou a próxima ficha e deu continuidade ao debate. A leitura se deu de maneira silenciosa, logo não foi possível identificar qual ficha foi sorteada.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
312	Maria (Biomassa)	Como a gente sabe as situações dos rios e dos lagos andam muito difíceis, abaixo do nível esperado, como você acha que... O que você vai fazer caso esses rios, as fontes de água, secarem completamente? Como sua fonte de energia vai se manter.	6º Pergunta do debate	Classificação de Informação e Levanta a Hipótese

313	Marcela (Hídrica)	A água no caso é um recurso renovável, então é não tem como secar todos ao mesmo tempo. Então não teria como secar todos e como sempre tem chuva, sei que não melhoraria 100% na produção da minha energia, mas tenho certeza com o avanço das chuvas não iria secar e não acabaria minha energia.		Raciocínio Lógico
314	Professor	A ministra quer fazer uma pergunta.	Organizando o debate.	
315	Marcela (Hídrica)	Ah não...		
317	Paula (Ministra C.T.I.C)	Você falou que não tem como acabar porque sempre tem um lugar que tenha água, Mas para você fazer sua energia você precisa de uma certa quantidade de água, só que nas maiorias dos dias os lugares estão super abaixo do nível de água. Como você pretende fazer sua energia se não pode... você vai secar os rios?		Classificação de Informação e Levanta a Hipótese
318	Marcela (Hídrica)	Não ia secar os rios, até porque seria um erro enorme da parte da energia (setor) E eu iria fazer uma...provavelmente um racionamento né? de água sei que já está ocorrendo alguns em algumas cidades, mas não seria algo que prejudicaria. E a gente sempre conta com as chuvas e tudo mais,		Justificativa e Teste de Hipótese
319	Paula (Ministra C.T.I.C)	Ok, obrigada candidata.		

Em um momento posterior a representante da Eólica sorteia outra ficha, com uma desvantagem da Energia Solar, que diz "*Os painéis solares têm um rendimento de apenas 25%*", a aluna elabora sua pergunta para a representante da Solar.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
343	Rebeca (Eólica)	Adorei a minha, vou fazer uma pergunta! Então os painéis solares tem um rendimento de apenas 25%	8º Pergunta do debate	Raciocínio Lógico
344	Luiza (Solar)	Tem?		
345	Rebeca (Eólica)	Tem, então como você pretende aumentar esse rendimento?		Raciocínio Lógico
346	Luiza (Solar)	Mas é sério, tenho uma dúvida... Aqui ta escrito isso, mas é só de um painel?		

347	Professor	Sim, só de um painel.	Auxilia a interpretação do dado.	
348	Luiza (Solar)	Só um painel tem 25%, e mesmo com 25%... é os painéis solares que são de fonte renovável e inesgotável... me perdi		Raciocínio Lógico
349	Rebeca (Eólica)	Quero saber como é que você vai aumentar os 25%		
350	Luiza (Solar)	Mas não tem como aumentar os 25... a gente pode produzir mais...		Levanta a Hipótese
351	Rebeca (Eólica)	Então como?	Interrompendo	
352	Paula (Ministra C.T.I.C)	Olha só, um painel solar produz 25% em um negócio. Agora o Biomassa ou qualquer outra forma para produzir 25% ele gasta muito então o painel solar acaba sendo mais lucrativo		Raciocínio Proporcional
353	Rebeca (Eólica)	Está dando sua resposta...		
354	Luiza (Solar)	Pera aí... e além disso o Brasil ele tem o potencial maior de gerar energia solar do que a Alemanha, tá escrito aqui... tenho fontes!. Está falando que gera mais energia que a Alemanha. Eles aproveitam de uma forma melhor do que a gente poderia aproveitar, e mesmo assim poderíamos reduzir os gastos.		Raciocínio Proporcional

A aluna Luiza encerra sua fala apresentando o dado de que a Alemanha aproveita melhor a energia solar do que o Brasil, mas cometeu um pequeno equívoco quando disse "que gera mais energia que a Alemanha". O Brasil tem o maior potencial, entretanto a Alemanha gera mais energia que nosso país.

A pergunta seguinte foi para a representante de Energia Nuclear, sendo a última do debate. Nesse ponto o professor pergunta para o Júri a opinião deles.

5.1.3 Episódio 03 - Resultado do Júri

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
363	Professor	Vamos lá gente, estamos em uma situação crítica, nossos candidatos estão com dificuldades. Andréia dada esse primeira discussão, qual tipo de energia você escolheria?	Pede a opinião dos ministros para sistematizar o que foi discutido.	

364	Andréia (Ministra M.A)	Olha por ser Ministra do Meio Ambiente, não entendi muito bem a Biomassa, a outra mata pássaros. Ela aqui (apontando para hídrica) pode quebrar barreira e destruir... fauna e flora de um lugar. Nuclear é muito perigosa, pode explodir tudo. Eu acho que a única que não indica risco para o meio ambiente é a Solar.		Raciocínio Lógico E Levantamento de Hipótese
365	Professor	Ministra de Minas e Energia temos um problema, como a representante da eólica falou... Nosso aproveitamento solar é um pouco baixo e o representante da fósfil ,colocou bem no início que produz bastante energia e é fácil de construir, certo?	Apresenta uma sistematização da discussão para questionar a Ministra.	
366	Andréia (Ministra M.A)	Mais acaba!	Interrompendo	
367	Professor	Mas o problema energético é agora!! Não é daqui 20anos. Então temos a possibilidade da fósfil, temos a Biomassa apesar de não se colocar bem ela também é rápida de construir e a Hídrica tem um potencial enorme para tal, uma vez que já dependemos dela. Qual sua posição até o momento nessa discussão.	Apresenta uma sistematização da discussão para questionar a Ministra.	
368	Joana (Ministra M.E)	Queria falar duas coisas: 1º apesar de ser muito boa e eficaz tem uma desvantagem, queima combustível e produz dióxido de carbono, só ai acabou com tudo. Já não quero fósfil		Raciocínio Lógico
369	Pedro (Fósfil)	Mas e ai, vai ficar sem energia?		Teste de Hipótese
370	Marcela (Hídrica)	Não porque tem a Hidreeletrica aqui ó		
371	Paula (Ministra C.T.I.C)	Não é questão de ficar sem energia, tipo assim...		Raciocínio Lógico
372	Pedro (Fósfil)	Vão pagar energia muito mais cara, bandeira vermelha ai...		Teste de Hipótese
373	Luiza (Solar)	(interrompendo) Hídrica mata fauna, solar não		
374	Paula (Ministra C.T.I.C)	Por enquanto em minha opinião, as melhores para investirem agora são a Eólica e Solar. Porém a Eólica tem um problema que pode causar desvantagem nos bichinhos, eles batem e morrem. Mas também pensei, como tem que colocar em um lugar que tenha vento. Então colocamos no deserto.		Raciocínio Lógico E Levantamento de Hipótese
375	Professor	Temos deserto?		
376	Paula	Não.. então (risadas da turma).	"Negócio" se	Raciocínio Lógico

	(Ministra C.T.I.C)	A solar tem um custo alto. A fóssil tem a poluição, combate o negócio da energia e depois tem que gastar dinheiro com a poluição.	referindo ao problema.	e Explicação
--	--------------------	---	------------------------	--------------

Paula finaliza com uma ideia exagerada ao cogitar instalar a Energia Eólica no deserto [374]. Porém, podemos compreender essa fala, pois anteriormente na atividade, turno 292 do Episódio 2, ela levanta a mesma hipótese ao cogitar tirar as hélices de onde os pássaros pousam, acredito que tenha tentado mostrar a mesma ideia.

Ao ter a palavra novamente o professor coleta as respostas do Júri e questiona a opinião dos alunos representantes.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
380	Professor	Voltando... Ministra de minas e energia...	Organizando o debate, dando palavra para a ministra	
381	Joana (Ministra M.E)	Acho que a que eu tive mais simpatia foi a solar.		Organização de Informação
382	Paula (Ministra C.T.I.C)	Fiquei entre a Solar e Eólica		Organização de Informação
383	Andréia (Ministra M.A)	Pelo Meio Ambiente iria para Solar		Organização de Informação
384	Professor	E vocês pessoal, apesarem de ser representantes, vocês preferem qual tipo?	Organizando o debate, dando palavra para os participantes.	
385	Luiza (Solar)	Gosto da minha, porque incentiva a industria brasileira na produção de peças para placas solares, fotovoltaicas.		Justificando
386	Pedro (Fóssil)	Solar tem produção muito baixa.		Testa a Hipótese
387	Rebeca (Eólica)	Vamos aumenta a produção da solar		Explica
388	Pedro (Fóssil)	Mesmo assim não daria conta...		Previsão
389	Paula (Ministra C.T.I.C)	Daria...Botamos a solar e a eólica.		Levantamento de Hipótese
390	Professor	Marcela o que você acha?	Dando a palavra para a aluna.	
391	Marcela (Hídrica)	Aqui eu li que a Solar tem a questão que não pode ser fornecida		Raciocínio Lógico

		continuamente devida os fatores não controláveis, ou seja, você não tem Sol todo...		
392	Professor	De noite.	Completando o raciocínio.	
393	Marcela (Hídrica)	Tipo... é . Mas e se no dia que não tiver Sol.		Raciocínio Lógico
394	Luiza (Solar)	Na Noruega não seria útil.		Previsão
395	Paula (Ministra C.T.I.C)	Mas tem a Eólica, podemos colocar Eólica e Solar		Levantamento de Hipótese
396	Pedro (Fóssil)	Mas não venta todo dia.		Teste de Hipótese
397	Marcela (Hídrica)	Então pronto não seria ideal....		Justificativa
398	Pedro (Fóssil)	A ideal é a Hidrelétrica.		Levantamento de Hipótese
399	Professor	E quando não chove.. e ai?	Questiona a ideia apresentada.	
400	Pedro (Fóssil)	Ué ai tu tem que acionar outra.		Justificativa

Pedro finaliza esse trecho mostrando que a sua visão é mesma da matriz atual, focada na Hídrica. Para contornar a situação Paula chama a atenção ao evidenciar que todas as formas de energia têm suas vantagens e desvantagens e como temos uma situação climática favorável precisamos focar na Eólica e Solar.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
401	Paula (Ministra C.T.I.C)	Temos que pensar que todas tem seu lado bom e seu lado ruim, não vamos ter petróleo para sempre. Não temos terremoto nem nada, mas no momento temos que pensar no agora, o agora são essas duas.	"essas duas" se referindo a Solar e Eólica	Raciocínio Lógico
402	Marcela (Hídrica)	Também acho		
403	Pedro (Fóssil)	Mas elas não dão produtividade suficiente		Teste de Hipótese
404	Professor	Andréia sua opinião.	Dá a palavra para a aluna.	
405	Andréia (Ministra M.A)	Acho que temos que complementar a Solar com alguma outra e todas as outras tem vantagens e desvantagens, mas.... então a hídrica seria uma boa, a biomassa não entendi muito bem		Levanta Hipótese

406	Maria (Biomassa)	Não acho que a biomassa seria uma boa.		Levantar a Hipótese
407	Professor	Ela não é boa?	Questiona a ideia apresentada	
408	Maria (Biomassa)	Não que ela não é boa, acho que não seria ideal.		Levantar a Hipótese (continuando)
409	Andréia (Ministra M.A)	Pro meio ambiente teria menos risco...		Justifica
410	Marcela (Hídrica)	A que tem menos risco para o meio ambiente é a Solar.		Previsão
411	Andréia (Biomassa)	Já votei na solar, queria outra.		
412	Luiza (Solar)	Não gostei da biomassa, porque estamos tendo um problema grande com água, com a perda de água potável e a maior parte da água potável é perdida na agricultura e a biomassa basicamente necessita da agricultura porque ela vem muito da cana de açúcar e a gente estaria desperdiçando muito água, como a gente viu, estamos com pouca reserva. Ela não condiz com o momento.		Raciocínio Lógico
413	Maria (Biomassa)	Além de ser uma das maiores fontes de gases tóxicos. A queima da biomassa é sinistra.		Justificativa

Luiza, que por sua vez apresentou um excelente argumento indo contra a Energia de Biomassa, já que acaba gastando grandes quantidades de água indiretamente devido a sua dependência da agricultura.

Nas falas seguintes, o professor notou que não houve mais argumentação para promover mudança de opinião por partes dos alunos, somente alguns comentários rasos e decide encerrar o Júri Simulado. Como as Ministras se posicionaram mais a favor da Energia Solar, foi considerada a forma de produção energética vencedora desse debate.

É importante ressaltar que durante a atividade havia uma representante para a Energia Nuclear, mas devido seu perfil de aluna, muito tímida e introspectiva, sempre dava respostas fracas ou fugia das perguntas ficando calada.

5.2 Investigando a Radiação Solar

Na tabela a seguir dividimos o segundo dia de atividades, em três episódios, destacando as principais ideias que foram trabalhadas.

Tabela 13: Turnos que compõe cada episódio - 2º Dia

Cena: 2º Dia - Investigação da Radiação Solar		
Episódios	Turnos	Descrição
01	25 até 250	Associação e pericia do Forno Solar de Caixa
02	305 até 405	Cozinhando com o Sol
03	483 até 547	Radiação Utilizada

Fonte: os autores

5.2.1 Episódio 01 - Associação e pericia do Forno Solar de Caixa

Esse dia de atividade se iniciou com uma recapitulação da aula anterior para os dois alunos que faltaram se contextualizarem com o que foi feito, a turma estava dividida em dois grupos ao todo. Em seguida foi entregue a folha da atividade.

Após alguns minutos com a folha em mãos, o professor notou que não tinham começado a discussão, com isso decidiu ajudá-los nesse início, convocando ambos os grupos para acompanhar a leitura da primeira pergunta.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
025	Professor	A seguir temos uma figura que ilustra o conjunto Sol-Terra-Lua. Sabemos da grande distancia do Sol até nos, com isso, podemos fazer à aproximação que a Terra e a Lua estão a mesma distancia do Sol, logo recebem a mesma intensidade de Radiação Solar. E na segunda imagem temos as temperaturas máximas e mínimas registradas em cada um. 1) Já que recebem a mesma intensidade de radiação, como a Terra e a Lua podem alcançar temperaturas tão diferentes? Responda no quadro abaixo e se necessário utilize ilustrações para facilitar a explicação.	Lendo o exercício. Questão número 1.	
027	Patrícia	É por causa da posição de cada um?		Levantamento de Hipótese
028	Professor	Mas a gente comentou aqui que a nossa posição em relação ao Sol, que é a nossa fonte, é a mesma distancia que a Lua. Então discutam gente.	Lendo a folha, explica novamente a situação para os alunos.	
029	Luiza	É a mesma distancia... É por causa da matéria de formação da Lua		Levanta a Hipótese

030	Patrícia	É isso?	Direcionando a fala para o professor, porém ele nem participa.	
031	Andréia	Não tem aquele negocio que protege a gente? Aquele camozinho.		Levantamento de Hipótese
032	Luiza	Tá, vamos escrever aqui que é a matéria de formação da Lua.		
033	Andréia	Acho que tem um camozinho		Levantamento de Hipótese (continuando)
034	Mario	Andréia , Camada de Ozônio?		Levantamento de Hipótese (finalizando)
035	Andréia	Isso!!! E isso protege a gente.		Justificativa
036	Luiza	Acho que é a matéria da Lua é diferente da matéria da Terra.		
037	Professor	Por que é a matéria?	Questiona a ideia apresentada pela aluna.	
038	Mario	Matéria?		
039	Marcela	Porque é diferente.		Justificativa
040	Professor	Por que é diferente?!?	Não entendendo a posição da aluna, insiste por uma justificativa.	
041	Mario	O calor dissipa		Levantamento de Hipótese
042	Marcela	Aqui a gente tem água		Justificativa
043	Luiza	Deve ser tipo a madeira que não absorve calor		Justificativa
045	Patrícia	Não é aquela camada que envolve a Terra.		
046	Mario	Camada de Ozônio gente, falei 3 vezes		

Na sequência, o professor conseguiu fazer com que os grupos discutam somente entre seus membros. Aqui trazemos somente a análise de um dos grupos.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
056	Pedro	A cama de Ozônio não tira mais Sol...	Falando muito baixo	Teste de Hipótese
057	Mario	Não ela deixa a temperatura agradável	Interrompendo	Justificativa
058	Pedro	...Tira calor.		Teste de Hipótese

059	Mario	Não, que se não tivesse o calor que bate ia voltar. Ela que prende o calor na terra.		Explicação
060	Professor	... o calor que bate ia voltar...	Acompanhando o raciocínio.	
061	Pedro	Prende um pouco...reflete o que ela própria prende	Espera uma resposta do professor.	Raciocínio Lógico
062	Professor	Não sei geografia. O que você acha Joana?	Passa a discussão para outro aluno.	

No ultimo turno todos se voltam para o professor esperando a sua resposta, ele apenas devolveu a discussão para o grupo perguntando a opinião de outro membro e se retira. O grupo não consegue avançar muito e seguem uma dica dada pelo professor e acabam escrevendo a ideia do Pedro, até que o Mario levanta a seguinte hipótese.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
089	Mario	O Professor, aquelas outras camadas também influenciam? A mesosfera, essas coisas..		Levanta a Hipótese
090	Professor	Ahhhhh, será que influencia? Essas camadas são feitas do que?	Incentiva a discussão, questionando a ideia apresentada.	
091	Mario	Ai já não sei, tu quer demais.		
092	Professor	Essa Exosfera, Mesosfera....	Apresenta alguns nomes das camadas.	
093	Mario	Como que é...		
094	Professor	Como um todo, o que a gente chama isso que está cobrindo a Terra?	Sistematiza a ideia discutida.	
095	Joana	Atmosfera, sei lá.		Previsão
096	Professor	Atmosfera. Exatamente.	Confirma a resposta do aluno.	
097	Joana	Ehhhhh!!!		
098	Professor	Não é só a Camada de Ozônio que protege a gente.	Apresenta outra relação para o problema.	
099	Mario	Então é a "geralção".		Raciocínio Lógico
100	Joana	Possui a chamada Atmosfera.		
101	Professor	E na Lua?	Faz a comparação entre os dois objetos em análise.	
102	Mario	Não tem!		Justificativas

103	Marcela	Na Lua não tem tudo isso.		Justificativas
104	Mario	Ai todo calor que vai, volta.		Explicação
105	Professor	Exatamente. Então a atmosfera serve para a Terra como o que?	Questiona o grupo em busca da verificação da discussão.	
106	Marcela	Proteção.		Raciocínio Lógico
107	Joana	Estufa!		Raciocínio Lógico
108	Professor	Uma estufa. Mandou bem garota.	Confirma ideia.	

Nos turnos 90, 92 e 94 o professor tenta buscar a bagagem dos alunos sobre as outras camadas da Terra, apesar de não responderem de maneira completa, conseguiram finalizar o raciocínio ao apresentar o conceito de Atmosfera. Para finalizar o professor, através de uma pergunta, ajuda a construir o resultado final.

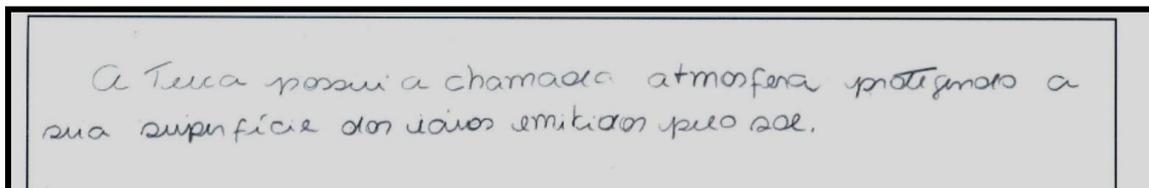


Figura 23: Resposta do grupo⁷
Fonte: os autores

Este grupo ficou aguardando alguns minutos para receber o material experimental, uma vez que os outros colegas ainda estavam discutindo. Enquanto isso resolveram comentar sobre o experimento que iriam fazer na próxima etapa, começando a discussão sobre qual receita optariam por cozinhar.

Com o material experimental, Forno Solar de Caixa, em mãos eles começaram a responder a próxima pergunta: *"Foi dado para cada grupo um Forno Solar de Caixa, construído pelo professor com materiais de baixo custo. Façam uma pericia no forno para identificar todos os materiais utilizados pelo professor e encontrem a função de cada um"*. Ao completar a lista de materiais levantados por eles, chamaram o professor. A foto abaixo é do momento da pericia do material.

⁷ Legenda: "O Terra possui a chama atmosfera protegendo a sua superfície dos raios emitidos pelo Sol".



Figura 24 : Perícia do forno solar
Fontes: os autores

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
164	Joana	Professor, aqui ó papelão, algodão, alumínio, isopor, nylon, cliques e acetado	Lista de materiais.	Seriação de informação
165	Professor	Tá bom, mas porque eu montei desse jeito? Para que serve? Quero que vocês me expliquem.	Questiona a funcionalidade de cada material, apresentado o problema.	
173	Marcela	Professor, o isopor está isolando.		Levantamento de Hipótese
174	Professor	O isopor está isolando! já é um bom começo.	Confirma o dado levantado.	
175	Pedro	Vamos jogar o que? uma luz lá dentro?		Levantamento de Hipótese
176	Professor	Oi?	Não entendeu o que foi perguntado.	
177	Pedro	Vamos colocar a luz lá dentro?	Repetindo a pergunta	
178	Joana	Vamos botar o Sol.		Justificativa
179	Professor	Vamos botar o Sol! A gente pega o Sol e coloca.	Faz uma piada com o grupo	
180	Joana	A luz do Sol no caso.		Justificativa
181	Professor	A ideia é mais ou menos isso.	Simples comentário	
182	Pedro	Mas como é que vai colocar a luz do Sol se...		Teste de Hipótese
183	Marcela	Assim ó abrindo.	Interrompendo	Explicação
184	Mario	Vai bater aqui né.		Explicação
185	Joana	Na verdade vai bater no coisa, vai bater aqui e depois aqui	Mostrando no material a sequencia (refletor- pasta-fundo da caixa)	Explicação

Após explicar o funcionamento, o grupo se dedicou em verificar a funcionalidade de cada material. Encontraram dificuldade com a Pasta em L e o Algodão, mas com os outros eles conseguiram resolver rapidamente.

Inicialmente acharam que a Pasta em L seria como uma lupa, mas o professor entrevistou e anulou essa ideia e voltou para o outro grupo. Pedro escutou o professor participando da discussão com os outros alunos e pescou a ideia deles sobre a tinta preta, que seria para absorver mais calor, e essa resposta foi aceita pelo seu grupo.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
217	Marcela	Professor		
218	Joana	O algodão serve para o que? e o acetato?		
219	Professor	O que vocês escreveram ai?	Procura a resposta do grupo.	
220	Joana	Os alumínio reflete os raios. O isopor vai isolar. O papelão pintado de preto é para absorver calor.		Organização de Informação
221	Professor	O papelão também não faz outra função?	Questiona a informação apresentada	
222	Marcela	Qual função?		
223	Pedro	É barato.		Levantamento de Hipótese
224	Joana	Mas isso é material de baixo custo, já está aqui.	Mostrando no enunciado	Teste de Hipótese
225	Professor	E a pasta em L?	Procura a resposta do grupo para outro material.	
226	Marcela	Então isso que eu quero saber.		
227	Pedro	Acho que é para filtrar algum tipo de raio.		Levantamento de Hipótese
228	Marcela	É para não ir diretamente no algodão.		Levantamento de Hipótese (completando)
229	Joana	É que ele precisa de alguma coisa para refletir, aonde que ele vai bater direto aqui. Se não tivesse o plástico não sei se ele iria direto, ele precisa de alguma base.		Raciocínio Lógico e Levantamento de Hipótese
230	Professor	E se a gente cozinhar com isso aberto?	Apresenta outro ponto de vista para o funcionamento do material.	
231	Joana	Não cozinha.		Previsão
232	Professor	Porque não cozinha?	Questiona a	

			posição apresentada pela aluna.	
233	Joana	Não sei...		
234	Professor	E ai Mario, porque não podemos cozinhar com a tampa aberta?	Pergunta para outro aluno, trazendo-o para a atividade.	
235	Mario	Ham?	Não prestou atenção	
236	Professor	Por que precisamos dessa tampa então?	Pergunta para o grupo o funcionamento da tampa do forno, incentivando a discussão.	
237	Mario	Deve ser para refletir o Sol		Levantamento de Hipótese
238	Marcela	Para colocar a comida em cima.		Levantamento de Hipótese
239	Professor	Vai botar aqui em cima?!? Vai cozinhar a parada fora do forno?	Questiona a ideia apresentada.	
240	Marcela	Não, vai botar dentro.		Explicação
241	Mario	É para bater o raio e ficar mais forte.	Ideia da Lupa, já foi descartada anteriormente	Levantamento de Hipótese
242	Professor	Vocês usam o fogão em casa? O forno do fogão. Vocês deixam a tampa aberta?	Notou que o grupo estava perdido. Comparou a situação com outro objeto.	
243	Joana	Não		
244	Pedro	É para manter o calor?		Levantamento de Hipótese
245	Joana	Para poder isolar.	Fazendo gesto com a mão simbolizando uma esfera.	Levantamento de Hipótese
246	Pedro	Isso ai é para manter o calor?		
247	Marcela	É tipo aquele vidro.		Justificativa
248	Professor	Tipo o vidrinho	Reforça a fala do aluno	
249	Pedro	Mas para que existe isso se pode estar fechado?		
250	Joana	É como se fosse a camada de ozônio!		Explicação

Em seguida o grupo explica novamente como funciona o forno solar para Pedro, pois no turno 249 ainda não tinha entendido. Depois de tomaram nota de todas as ideias discutidas (figura 25), o grupo conseguiu entender bem o funcionamento do Forno Solar de Caixa. A única brecha que deixaram foi sobre o Algodão, mas isso foi respondido no continuar da atividade.

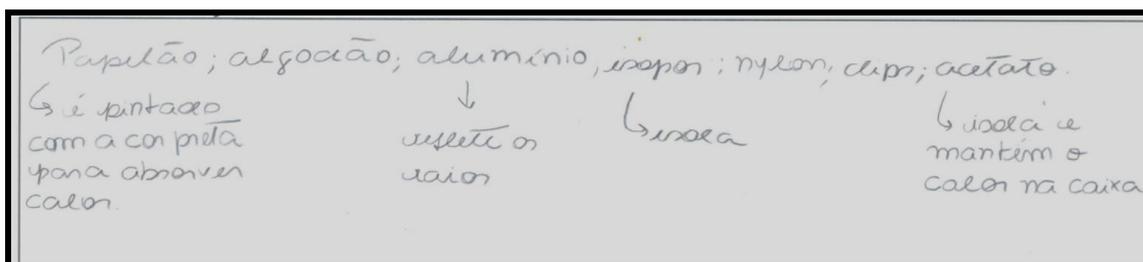


Figura 25: Resposta do grupo⁸
Fonte: os autores

5.2.2 Episódio 02 - Cozinhando com o Sol

Dando continuidade à atividade, o grupo voltou para a discussão sobre o que eles iriam escolher para cozinhar, tentando responder a seguinte pergunta: *"Discuta com seu grupo e verifique qual das opções seria a melhor receita para preparar hoje. O que levou o grupo a fazer essa escolha"*.

A hipótese que seguiram foi de que o alimento mais fácil para cozinhar é o que tinha menos água, com isso escolheram fazer o queijo quente. Foi notado pelo professor que eles estavam deixando praticamente em branco a questão número 2 *"O grupo poderá optar por colocar o "Adereço Especial". Explique a sua opção."*, tinham respondido apenas "Não", logo precisou intervir.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
305	Professor	Vocês vão usar o adereço? Será que isso vai ajudar ou atrapalhar?	Mudando o assunto da discussão	
306	Marcela	Eu não sei		
307	Pedro	Acho que isso tira um pouco de calor.		Levantamento de Hipótese
308	Professor	Tira calor...	Acompanhando raciocínio	
309	Pedro	Evita que o calor bater direto.		Levantamento de Hipótese (finalizando)
310	Professor	Porque a ideia é fazer o que... Cadê a tampa? Como é o funcionamento do forno?	Organizando o raciocínio do grupo	
311	Pedro	Ele vai bater aqui e vai entrar direto aqui	Explicando o funcionamento	Organização de Informações
312	Professor	O pessoal, vocês não responderam aqui !!! O adereço vai ajudar ou atrapalhar?	Notou que deixaram uma questão em branco.	
313	Pedro	Vai atrapalhar.		Previsão

⁸ Legenda: Papelão (é pintado com a cor preta para absorver calor), algodão, alumínio (refletir os raios), isopor (isola), nylon, clipe, acetato (isola e mantém o calor da caixa)

314	Joana	Professor eu não sei! Ou faz o experimento para saber porque eu realmente não sei se ajuda ou atrapalha		Raciocínio Lógico
315	Professor	Mas o que você pode pensar em uma situação assim? O adereço vai ficar na frente.	Pedindo para a aluna imaginar como seria com o acessório.	
316	Mario	Acho que ele aquece fácil		Levantamento de Hipótese
317	Marcela	Vai ficar na frente.		Justificativa
318	Professor	Isso ajuda ou atrapalha?	Buscando uma resposta do grupo, mas ninguém responde	
319	Marcela	Mas na posição vai queimar.		Levantamento de Hipótese
320	Professor	Isso não queima fica tranquila	Descartando a ideia apresentada.	
321	Mario	Espera deixa eu pensar...		
322	Professor	É melhor cozinhar em um dia com muito Sol ou um dia chuvoso?	Nota que o grupo está perdido. Faz uma comparação com uma situação análoga.	
323	Joana	Até que dia chuvoso não tem Sol !!		Previsão
324	Professor	Tem Sol ! Ele está lá.	Questionando a ideia apresentada.	
325	Mario	Com muito Sol.		Justificativa
326	Joana	Precisa de Sol para isso!		Explicação
327	Professor	Qual a diferença de um para o outro?		
328	Marcela	O Sol		Levantamento de Hipótese
329	Mario	Não, porque a gente tem a nuvem na frente.		Teste de Hipótese
330	Professor	Isso ajuda ou atrapalha?	Refazendo a mesma pergunta	
331	Pedro	Atrapalha		Explicação
332	Marcela	Então vamos tirar.		Explicação (completando)
333	Professor	Então isso vai atrapalhar ou ajudar.	Refazendo a pergunta pois não sentiu confiança	
334	GRUPO	Vai atrapalhar!		

Ao fazer a mediação, o professor conseguiu fazer com que os alunos entendessem o funcionamento do adereço especial através de um exemplo do cotidiano que foi apresentado no turno 322 e chegaram na seguinte resposta (figura 26).

2) O grupo poderá optar por colocar a "Adereço Especial". Explique a sua opção.
 O adereço especial não será utilizado pois ele vai ficar no meio entre o sol e o alimento, atrapalhando.

Figura 26: Resposta do grupo⁹
 Fonte: os autores

Em seguida a turma foi levada para o pátio para realizarem o experimento (figura 27), após arrumarem todo o aparato (figura 28), continuaram respondendo o roteiro a partir da seguinte pergunta: "Explique o funcionamento do Forno Solar de Caixa?".



Figura 27: Preparando o forno solar
 Fonte: os autores



Figura 28: Forno preparando a receita
 Fonte: os autores

TURNO	NOME	FALA	BREVE	INDICADORES
-------	------	------	-------	-------------

⁹ Legenda: "O adereço especial não será utilizado pois ele vai ficar no meio entre o Sol e o alimento, atrapalhando"

			COMENTÁRIO	
359	Marcela	Explique o funcionamento do forno solar de caixa.	Lendo a pergunta	Raciocínio Lógico.
360	Mario	O Sol entra pelo acetato...		
361	Joana	Bate no alumínio..		
362	Mario	Reflete no acetato..		
363	Pedro	E o acetato mantém o calor.		
364	Joana	Exatamente.		
365	Marcela	Bate no alumínio?		
366	Joana	Reflete no alumínio.		

O grupo já havia discutido anteriormente sobre o funcionamento, bastou estruturar de maneira correta, conforme representado na figura 29.

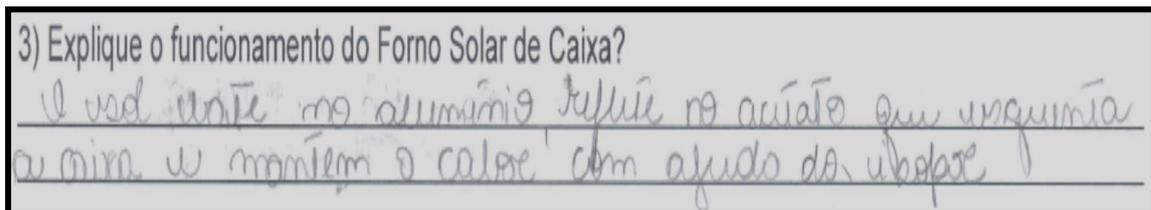


Figura 29: Resposta do grupo¹⁰
 Fonte: os autores

Em seguida o roteiro traz a seguinte figura:

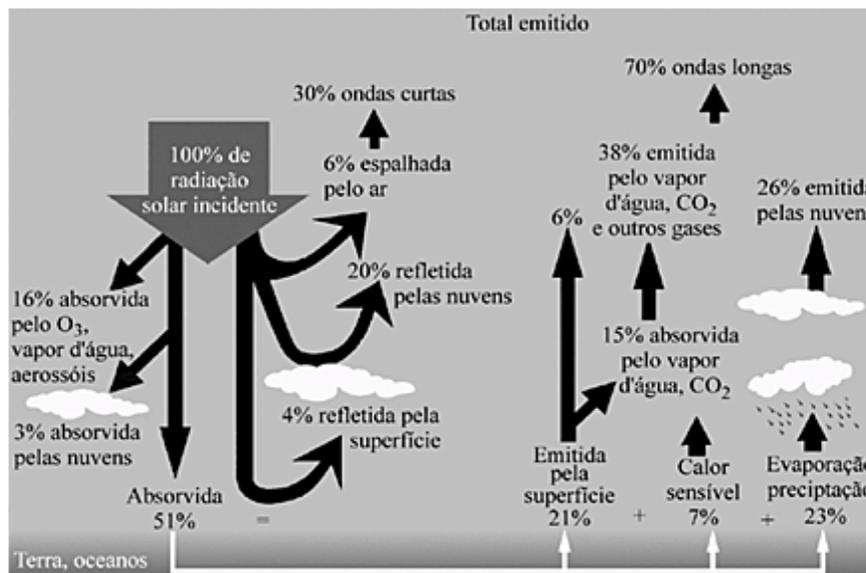


Figura 30 :Balanço das radiações da atmosfera
 Fonte: Martins, Pereira e Echer (2004)

Nesse ponto o grupo precisava relacionar as partes do forno solar com os elementos principais da figura 30, onde a pergunta número 4 destacava esses

¹⁰ Legenda: "O Sol bate no alumínio, reflete no acetato que esquenta a caixa e mantém o calor com ajuda do isopor".

elementos: "Discutindo com seu grupo, relacione os materiais do forno com os elementos principais da figura (Radiação incidente, Terra/Oceanos, Nuvens, Gases)".

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
369	Marcela	"Discutindo com seu grupo, relacione os materiais com os elementos principais da figura"	Lendo a pergunta	
370	Marcela	A nuvem é o algodão.		Raciocínio Lógico
371	Joana	Eu não entendi.		
372	Marcela	Essa aqui é para relacionar... A nuvem é o algodão.		
373	Professor	Ham...	Acompanhand o raciocínio.	
374	Joana	Acabou		
375	Marcela	A Terra e o Oceano.. o que é isso?		
376	Joana	A Terra pode ser considerada como o Acetato, porque como tem o negocio da camada.		Levantamento de Hipótese
377	Pedro	Não, a camada de Ozônio pode ser considerado como o acetato.		Teste de Hipótese
378	Professor	Pode ser. Porque olhando essa "tabela" aqui, mostra o que. A radiação que está entrando...	Auxiliando o grupo para interpretar a figura.	
379	Marcela	Que é o Sol.		Justificativa
380	Professor	É , é a energia que está vindo uma parte é absorvida outra parte é reemitida e a Terra e os oceanos absorvem a maioria. Mas ela também emite um pouco, esse é o ciclo da radiação aqui na Terra.	Auxiliando a interpretar a figura.	
381	Marcela	Tá, e o que seriam os gases na nossa caixinha?		
382	Professor	O que será que absorve aqui, que a gente pode comparar com o forno. Aqui são os gases que absorvem certa quantidade...	Quando diz "que absorve aqui" está indicando a figura.	
383	Pedro	O que absorve é o alumínio.		Levantamento de Hipótese
384	Joana/Marcela	Não, é o isopor, que isola.		Previsão Justificativa
385	Professor	O isopor ele absorve ou ele isola?	Colocando a ideia apresentada em conflito.	
386	Joana	Isola.		Levantamento de

				Hipótese
387	Professor	Como ele absorve se ele isola? Se ele não deixa passar calor.	Colocando a ideia apresentada em conflito.	
388	Joana	Não, ele não absorve...		Teste de Hipótese
389	Pedro	O que absorve é o preto.		Justificativa
390	Joana	É o que absorve é o preto.		Justificativa
391	Professor	Vocês colocaram o queijo? Será que só o queijo vai absorver calor ali.	Tentando relacionar o experimento com a discussão.	
392	Joana	Sim colocamos.		
393	Professor	Se fosse um forno maior seria mais fácil ou difícil esquentar?	Relacionando o experimento com a discussão.	
394	Pedro/Mario/Joana	Mais difícil.		Levantamento de Hipótese
395	Professor	Por quê?	Questionando	
396	Mario	Porque tem mais espaço, mais ar dentro.		Explicação
397	Joana	Tem mais espaço		Explicação
398	Professor	Tem mais ar lá dentro. O fogão (casa) de vocês, o fogo aquece toda aquela região. Vão discutindo e vendo essa relação.	Faz a relação com o cotidiano do aluno.	
399	Marcela	A radiação é o calor que vem.		Levantamento de Hipótese
400	Joana	O Sol.		Justificativa
401	Marcela	A Terra e o Oceanos são o que? O que absorve não é, o calor.		Levantamento de Hipótese
402	Marcela	É o preto.		
403	Pedro	Cor preta		Levantamento de Hipótese (reforçando)
404	Marcela	E os gases são o que?		
405	Joana	É... o acetato, porque mantém.		Levantamento de Hipótese e Explicação.

O grupo rapidamente consegue construir a relação pedida e finaliza sua resposta conforme apresentado na figura 31. Único ponto deixado de fora pelo grupo foi o alimento que fica dentro do forno, sendo uma peça importante para

a associação, pois, este faz o papel da Terra e oceanos, absorvendo a radiação que passa pelos gases da atmosfera.

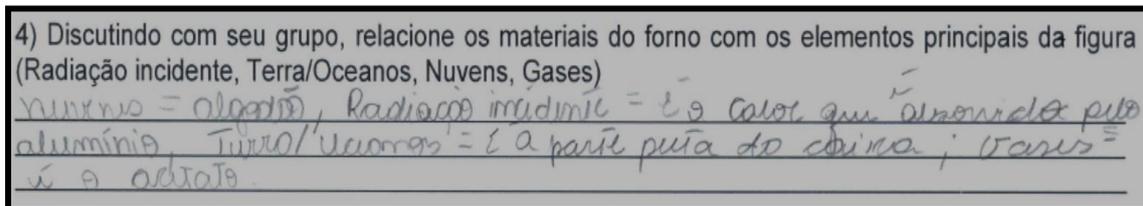


Figura 31: Resposta do grupo¹¹
Fonte: os autores

Nesse ponto da atividade a receita já estava cerca de 20 minutos no Forno. O Sol nesse dia estava bom e com poucas nuvens no céu. O professor resolveu medir a temperatura dentro do Forno junto com o grupo.

Antes de colocar o termômetro para a medição, os alunos foram questionados sobre qual seria a temperatura naquele momento dentro do Forno, deram duas resposta 200°C e 60°C, mas a temperatura marcada foi de 51°. Apesar disso já era possível sentir o cheiro do queijo e levantaram a seguinte hipótese "Só vai ficar quente, não vai derreter", depois voltaram a responder o roteiro.

Apesar de ter deixado a questão 5 em branco (*Analizando a figura podemos notar uma grande absorção de radiação por parte das nuvens e dos gases. Qual a totalidade da porcentagem absorvida? Se esse número for muito alto, provocaria um efeito na Terra?*), o grupo apresentou um bom empenho nas próximas perguntas. Na questão 6, "*Comparando o Forno Solar de Caixa com o forno do fogão comum, quem fez o papel do fogo? Explique.*", foi resolvida rapidamente com a seguinte ideia: "A luz. Porque ela aquece a caixa. E o fogo aquece o forno".

Na pergunta número 7, "*Analizando o Forno Solar de Caixa como o seu grupo poderia otimizar o seu rendimento*", com a mediação do professor, o grupo entendeu que para aperfeiçoar o forno seria necessário: diminuir o seu tamanho e se possível focalizar ainda mais raios de luz utilizando um espelho.

A próxima pergunta (O seu grupo teve êxito no preparo da receita? Se sim, ficou gostoso? Se não deu certo, o que faltou para terminar a receita) só foi respondida no final do dia, pois precisava ter o cozimento finalizado.

¹¹ Legenda: "Nuvens=algodão, Radiação incidente= é o calor que é absorvido pelo alumínio, Terra/Oceanos = é a parte preta da caixa, gases = é o acetato".

E na última pergunta desse episódio, "Esse Forno Solar de Caixa poderia ser melhor aproveitado em que região do Brasil?", o grupo optou pelo nordeste porque acreditavam que lá a incidência solar é maior.

5.2.3 Episódio 03 - Radiação Utilizada

Chegando ao final da atividade os alunos, investigaram sobre a radiação utilizada, ao comparar dois gráficos: o Espectro de Emissão da Radiação Solar e o Espectro Eletromagnético, respectivamente representados nas figuras abaixo.

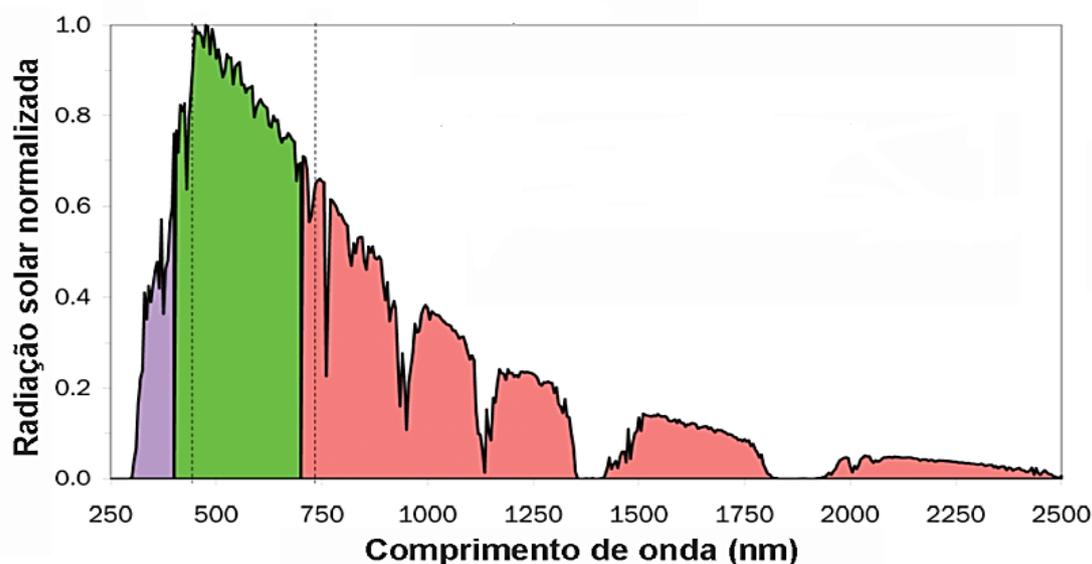


Figura 32: Espectro de emissão da radiação solar
Fonte: Editada pelos autores - Souza, Reboita e Costa (2016)

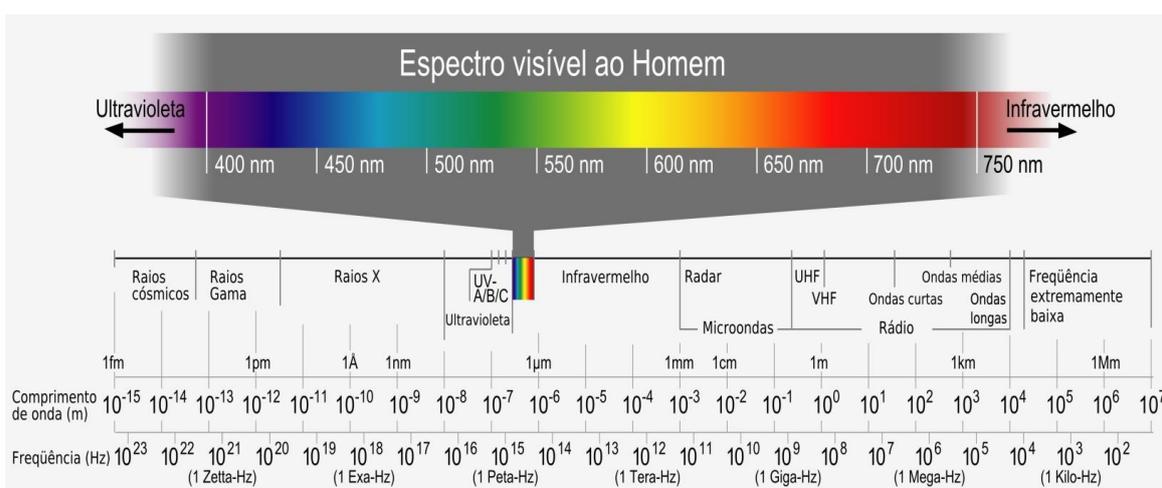


Figura 32: Espectro eletromagnético
Fonte: Wikipédia (2019)

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORE S
483	Joana	Comparando as duas figuras, quais radiações o Sol emite predominantemente? O ultravioleta.	Lendo a pergunta número 10.	Levantamento de Hipótese
484	Mario	Tem mais eu acho.		Teste de Hipótese
485	Joana	Aqui ó... aqui ta maior.	Olhando o gráfico da Radiação Solar	Justificativa
486	Alicia	Botei raios UV mesmo.		
487	Alicia	Das radiações destacadas anteriormente pelo seu grupo, quais delas provoca o efeito no forno solar?	Lendo a pergunta número 11.	
488	Mario	Ele diz que é mais de uma não?		
489	Joana	Professor na 10 é mais que uma radiação?		
490	Professor	Pode ser mais que uma..	Respondendo a pergunta do aluno, dando continuidade na discussão.	
491	Joana	Pode ser uma só? Porque até agora só os raios ultravioleta que a gente...		Raciocínio Lógico
492	Professor	Por quê?...Que vocês sabem né... Se vocês compararem aqui. Tudo isso de radiação que o Sol está emitindo e está chegando na gente. Tá bom?	Ajuda o grupo com a interpretação do gráfico.	
493	Joana	Tá beleza, mas o que compara aqui ó, o ultravioleta... essa aqui e tal.. pá	Interrompeu	Explicação
494	Professor	Mas aqui são 500 nm, tá bom?	Associa o ponto apresentado com a informação do gráfico da radiação solar.	
495	Joana	Ok, 500nm		
496	Professor	Aqui não é Ultravioleta.	Mostra ao aluno que a informação inicial estava errada.	
497	Joana	Olha aqui ó	Mostrando no espectro eletromagnético	
498	Professor	Não, aqui ó. Esse pequeno pedacinho aqui. ele deu um zoom para mostrar tudo isso. O ultravioleta está aqui, depois do UV entra aqui no Violeta, Vermelho..	Associa o ponto apresentado com a informação do gráfico do espectro eletromagnético	
499	Joana	AH ta, o que a gente pode enxergar.		Raciocínio Lógico
500	Professor	Exatamente. Então todo esse intervalo aqui entre o Ultravioleta e o Infravermelho que a gente pode enxergar. Como	Confirma a resposta do aluno	

		expliquei lá na outra aula.		
501	Joana	Certo, eu lembro disso.		
502	Professor	O que interessa aqui é tudo o que o Sol emite. De 250 até..	Retoma ao gráfico para continuar a discussão	
503	Joana	500	Respondeu o valor errado.	
504	Professor	Qual é esse intervalo nessa figura? Onde mais ou menos está?	Questiona o aluno para comparar os gráficos.	
505	Joana	Aqui.	Mostrou no gráfico com o dedo	Levantamento de hipótese
506	Professor	Não sei, ai tem que discutir e ver.	Deixa o aluno discutir com o grupo para verificar sua ideia	

Joana começava a montar a relação, mas continuava encontrando apenas radiação ultravioleta, ao pedir ajuda dos seus colegas acabou sendo ignorada. Voltando a pedir ajuda para o professor.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
513	Professor	Isso aqui é o que o Sol emite, o que representa essa radiação de 250nm até 2500nm...Quero que você olhe onde está esse intervalo de 250 e 2500. Está aqui? é dez à sétima? É o que dez à menos quinze..	Explica novamente a pergunta e os dados já discutidos.	
514	Joana	Ahhhh é isso...	Entendendo a situação	
515	Professor	Onde está esse intervalo? Repare que está em nanômetro, então aqui seria 2500 vezes 10 elevado a menos 9. Tá?	Questiona a aluna.	
517	Joana	Ele falou que 2500 é menos nove? Estamos empacados aqui.	Pede ajuda para os colegas.	
518	Professor	E ai..?	Simples comentário	
519	Mario	E ai que a gente não sabe.		
520	Professor	Aqui é 250 nm. Nanômetro é dez menos 9. Então ele vai estar para cá ou para lá.	Mostrando no gráfico do espectro eletromagnético e ajuda a relacionar os dados.	
521	Pedro	Pera esse daqui é 250.		
522	Professor	Não isso é dez a menos 9. A radiação com que ele começa aqui é 250.	Corrigindo a ideia apresentada.	
523	Pedro	Então esse aqui é esse aqui.	Apontando nos gráficos, relacionando-os	Levantamento de Hipótese

524	Professor	Gente eu não estou falando isso. Isso seria 250nm, confere? Isso seria 250 vezes dez a nona. Você acha que vai estar mais para cá ou para lá?	Novamente mostra o gráfico para relacionar os dados.	
525	Joana	Mais para cá. Se é dez a nona é para cá.		Previsão
526	Professor	Se é 250 a gente pode andar duas casas decimais, dez a sétima, confere? -7, desculpa. Então ele já começa em qual radiação?.	Fez a conversão das casas decimais ajudando o grupo.	
527	Joana	Ultravioleta		Levantamento de Hipótese
528	Professor	Isso!! Que vocês já falaram. E agora 2500 nm, andamos 3 casinhas, uma duas três. Dez a menos 9 vai ficar o que?	Faz o mesmo raciocínio para o valor máximo.	
529	Joana/Pedro	Sexta / seis.		Previsão
530	Professor	Dez à menos seis	Confirma a resposta.	
531	Joana	Aqui ó.	Apontando no gráfico	Levantamento de Hipótese
532	Professor	Então.		
533	Joana	Infravermelho.		Levantamento de Hipótese (continuando)
534	Professor	Então ele pega da onde até aonde?	Finaliza a comparação questionando o intervalo encontrado	
535	Joana	Do Ultravioleta até o Infravermelho		Levantamento de Hipótese
536	Professor	Então daqui até aqui tem quantas formas de luz? De radiação?	Repete a pergunta do roteiro.	
537	Pedro	3		Levantamento de Hipótese
538	Professor	Quais?	Repete a pergunta do roteiro.	
539	Pedro	Raio X, UV..		Levantamento de Hipótese
540	Professor	Raio X? Não ó, ele começa aqui.	Confronta a hipótese apresentada pelo aluno.	
541	Joana	Ele começa do Ultravioleta, então ele tem raios Ultravioleta , infravermelho...		Explicação
542	Professor	E o que mais?	Busca a resposta que falta.	
543	Joana	O espectro visível		Levantamento de Hipótese

544	Professor	A luz.	Confirma a resposta dada.	
545	Joana	A luz visível.		
547	Joana	Raios Ultravioleta, botei raios Ultravioleta , que é o que ajuda a aquecer.		Levantamento de Hipótese

Mesmo o grupo se distraindo um pouco no início desse episódio, com auxílio do professor conseguiram superar a dificuldade matemática e de interpretação gráfica, com isso elaboraram as seguintes respostas:

10) Comparando as duas figuras anteriores, quais são as radiações que o Sol emite predominantemente?
 Raios UV (ultravioleta), espectro visível, infravermelho.

11) Das radiações destacadas anteriormente pelo seu grupo, quais delas provoca predominantemente o efeito no Forno Solar.
 Raios UV

Figura 33: Resposta do grupo¹²
 Fonte: os autores

Joana encerra a atividade com a ideia de que é a radiação Ultravioleta que ajuda a aquecer, não só ela, mas o grupo também. Até esse momento podemos considerar que é uma ideia previsível pela concepção do dia a dia, já que temos que nos proteger contra essa radiação é ela que cozinha, pois, quando ficamos expostos ao Sol, nos queimamos.

A atividade foi finalizada quando o professor abriu o Forno Solar, a temperatura marcada em sue interior estava em 73°C e grupo teve dificuldade de retirar o Queijo Quente de dentro do forno, pois até a alça de madeira da panela estava muito quente, a receita foi concluída com sucesso (figura 30).

¹² Legenda: Pergunta 10 "Raios UV (ultravioleta) espectro visível e infravermelho" ; Pergunta 11: "raios UV".



Figura 34 - Queijo quente
Fonte: os autores

5.3 Discutindo sobre o Ultravioleta

Agora vamos apresentar os dados do terceiro dia de atividade, onde também dividimos em 4 episódios, buscando sintetizar os pontos importantes que foram trabalhados.

Tabela 14: Turnos que compõe cada episódio - 3º Dia

Cena: 3º Dia - Discutindo sobre o Ultravioleta		
Episódios	Turnos	Descrição
01	07 até 149	Tecnologias similares ao Forno Solar
02	250 até 310	Diferenciando o Infravermelho do Ultravioleta.
03	310 até 467	Efeitos do Ultravioleta.
04	475 até 528	Testando os efeitos do Ultravioleta

Fonte: os autores

5.3.1 Episódio 01 - Tecnologias similares ao Forno Solar

Com a turma já dividida em três grupos foi realizada uma recapitulação do que houve na última aula. Após um diálogo curto com toda turma, sobre o que foi cozinhado, os alunos apresentaram algumas ideias de receitas para serem feitas no forno solar. Notando que o assunto fugiu do controle, o professor corta a conversa paralela e volta para o tema principal discutindo com todos os alunos a revisão da aula anterior.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
07	Professor	Então!!! Além de cozinhar, pedi para vocês responderem algumas perguntas. Onde vocês viram no espectro do Sol, emite praticamente quantas radiações?	Recapitulação da aula anterior.	

08	Luiza	1,2,3 !		
09	Professor	Três radiações. Quais?	Busca as respostas discutidas na aula anterior.	
10	Mario	Infravermelho, Ultravioleta...		Organização de Informações
11	Luiza	Infravermelho, Ultravioleta e o Arco Iris... A luz		Organização de Informações
12	Professor	A luz visível. Então, IV, UV e o "arco íris", qual dessas radiações que usamos para cozinhar?	Pergunta sobre radiação usada para cozinhar.	
13	Joana/Mario	O Ultravioleta!		Levantamento de Hipótese
14	Professor	Então é o UV que cozinha?	Levanta o questionamento sobre a resposta.	
15	Mario	Cozinha		Previsão
16	Professor	Então uma pessoa quando faz o bronzemente naquelas câmaras ultravioletas está cozinhando?	Busca verificar através de uma situação do dia da dia a resposta apresentada.	
17	Mario	Ta cozinhando, por isso que fica douradinha igual pão.		Justificativa
18	Joana	Fica dourada como musa do verão.		
19	Professor	E o infravermelho o que ele faz?	Pergunta sobre a outra radiação do Sol.	\
20	Mario	Ele manda mensagem		Levantamento de Hipótese
21	Luiza	Ele cega		Levantamento de Hipótese
22	Professor	O infravermelho cega?	Questiona a informação apresentada. Mas não responderam.	
23	Mario	Ligações... não é?		Levantamento de Hipótese
24	Marcela	Da arma		Levantamento de Hipótese
25	Professor	Então para vocês o UV é o que cozinha?	Pergunta novamente.	
26	Luiza	Não, deve ser a luz... porque ele está falando muitas vezes disso.		
27	Professor	Quando vamos à praia, a gente cozinha?	Através de outra situação, busca conferir a resposta.	
28	Mario	Um pouco		Precisão

29	Joana	Cozinha bastante, inclusive saio muito com protetor solar.		Justificativa
30	Luiza	A gente ativa a nossa melanina		Raciocínio Lógico
31	Professor	Mas é o Infravermelho que ativa a melanina ou o UV?	A partir da informação obtida, levanta outro questionamento.	
32	Luiza	Retira? é meio difícil...	Não escutou direito	
33	Mario	Ativa.	Repetiu corretamente para sua colega.	

Podemos notar que a concepção de que a Radiação Ultravioleta cozinha faz sentido para os alunos, quando nos bronzeamos ou pegamos Sol ficamos dourado igual um pão, isso na ideia deles é cozinhar. Mais a frente esse tema irá ser abordado novamente.

Após essas perguntas iniciais, uma dúvida interessante foi levantada por um aluno, a questão do Albinismo e do Vitiligo, se pessoas com essas condições se bronzeiam. A resposta foi dada por um dos colegas argumentando que não podem se bronzear devido a sua pele ser muito sensível. Abrindo ainda mais o leque para esse tema que envolve a interação da radiação solar e a pela humana. Com isso é encerrada essa conversa inicial com os estudantes (figura 35).



Figura 35: Conversa inicial do 3º dia
Fonte: os autores

O professor distribuiu a folha da atividade do dia, "*Outras formas de aproveitar a energia em forma de Calor*", para começarem a fazer. Essa parte do roteiro traz as explicações de funcionamento do aquecedor de água (figura 36) e da energia Heliotérmica (figura 37), duas tecnologias que utilizam a

radiação solar para o seu funcionamento, de maneira semelhante ao forno solar de caixa.

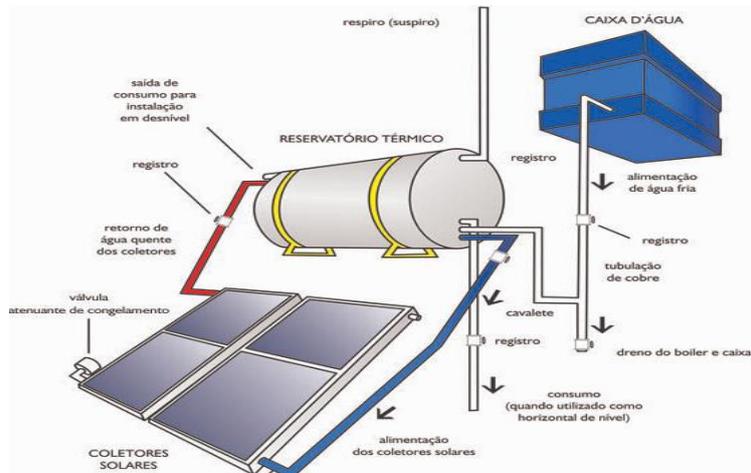


Figura 36 - Aquecedor de água
Fonte: Soletrol (2018)



Figura 37 - Usina Heliotérmica
Fonte: Wikipédia (2019)

O grupo teve uma dificuldade para começar, pois não leram o texto direito, provocando dúvidas na interpretação das questões. O professor precisou intervir, conforme relatado no turno 85.

TURN O	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
85	Professor	"Foi mostrado duas outras formas de usar a radiações solar. Analisando as situações diga quais transformações de energia ocorreram em cada caso." Diga quais transformações de ENERGIA que ocorreram	Lendo a pergunta número 1 novamente.	
86	Mario	Como assim?		
87	Professor	Que energia que veio e que energia virou.	Explicitando a pergunta.	
88	Mario	Energia Solar...		
89	Professor	Lembrando que energia a gente não consegue criar, só transformar.	Revisando um conceito físico.	

90	Mario	Energia Solar em energia de alguma coisa. Energia termo sei lá o que? lotermica ?		Levantamento de Hipótese
91	Professor	Não, Calma. Gente não é quebra cabeça...	Chamando a atenção do grupo.	
92	Luiza	Tem na internet a resposta?	Ignorada pelo grupo	
93 até 98			Conversa paralela	
99	Maria	Beleza! Aqui só está falando...	Leu o texto novamente, mais seriamente.	
100	Mario	Gente, isso aqui é energia solar em energia térmica.		Levantamento de Hipótese
101	Maria	É... escreve ai		
102	Mario	No primeiro caso é a energia solar...A segunda já não sei, não olhei ainda.		
103	Maria	Aqui está dizendo, olha só: elétrica, que transforma em irradiação solar direta em energia térmica		Raciocínio Lógico
104	Mario	Então, transforma irradiação solar em energia térmica. Os dois são a mesma coisa então, praticamente.		Levantamento de Hipótese e Previsão
105	Maria	É		
106		{...}	Estão lendo o texto novamente	
107	Mario	Então, acho que é irradiação solar em energia térmica. Professor vem cá, esse aqui é irradiação solar em energia térmica? Ou é elétrica? Estou confuso...		Raciocínio Proporcional
108	Professor	Tem uma frase completa ai		
109	Joana	É energia solar passa para térmica para depois se transformar em elétrica	Do outro grupo	
110	Marcela	Não é isso?	Do outro grupo	
111	Professor	(Balança com a cabeça positivamente)	Confirma a informação dada.	

O grupo continua com a atividade discutindo sobre o uso dessa energia no Brasil e se a tecnologia do Aquecedor de Água tem um preço acessível, ao trabalharem com a questão número dois: *"O Brasil poderia usufruir desses métodos de aproveitamento da Energia Solar? Eles já são utilizados?"*.

Para eles o nosso país usufrui desse método de aproveitamento de Energia Solar só que em pequenas escalas, no momento que iriam pesquisar sobre o aquecedor, o professor notou que deixaram uma parte da primeira questão sem responder.

TUR NO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
144	Professor	Aqui tem mais uma pergunta. E No Forno Solar ?	Voltando para a questão anterior	
145	Mario	Aé o forno solar... Transformava energia solar em energia térmica. Não é?		Levantamento de Hipótese
146	Professor	Não é ?	Passando a pergunta para o grupo	
147	Luiza / Maria	É		Justificativa
148	Mario	Que a luz que vinha do Sol, é a energia do Sol. E a energia térmica é porque esquentou. É isto, igual a outra, transformar energia solar em energia térmica.		Explicação e Raciocínio Lógico
149	Maria	Eu acho que é... Mas pode ser que não seja.	Risos	

Ao finalizarem a pergunta número um, o grupo concluiu a associação das novas tecnologias com a que eles utilizaram na semana anterior, o forno solar de caixa, conforme representado na figura abaixo.

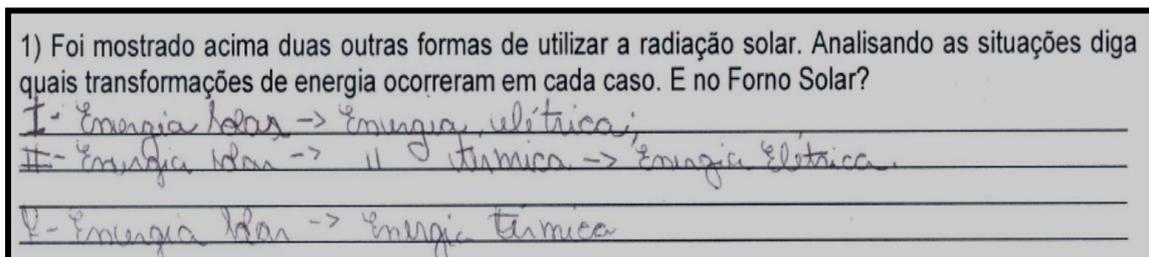


Figura 38: Resposta do grupo¹³
Fonte: os autores

Seguindo com o roteiro, o grupo volta a pesquisar sobre o Aquecedor de Água que era abordado na pergunta 3 "Com a ajuda da internet pesquise quanto custa a instalação do Aquecedor de Água, junto com seu reservatório (Boiler). É um preço acessível?". Ao verificarem os preços do painel e do Boiler concluíram que não é acessível. O valor encontrado foi cerca de dois mil reais do painel coletor solar (valores do dia 09 de outubro de 2018) e o Boiler algo próximo de quatro mil reais, fora a instalação.

¹³ Legenda: I - Energia solar → Energia Elétrica; II - Energia Solar → Energia Térmica → Energia Elétrica ; III - Energia solar → Energia térmica

5.3.2 Episódio 02 - Diferenciando o Infravermelho do Ultravioleta

Ao responderem a ultima pergunta dessa etapa, "*Então, depois dessas discussões e experimento, qual o efeito da radiação infravermelho em cada um desses casos?*", o grupo retorna para o debate da concepção sobre o Infravermelho e Ultravioleta.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
250	Maria	Não entendi essa aqui ainda...		
251	Professor	Então, depois dessas discussões e experimento, qual o efeito da radiação infravermelho em cada um desses casos?	Lendo a pergunta número 4.	
252	Mario	Sei lá... gera... gera calor		Levantamento de Hipótese
253	Maria	Para mim infravermelha era a luzinha do celular e a mira da arma		Levantamento de Hipótese
254	Mario	Para mim o infravermelho era do controle remoto		Levantamento de Hipótese
255	Professor	Mas é.	Confirmando as hipóteses levantadas em relação ao cotidiano.	
256	Maria	É só isso?		
257	Mario	Mas a gente não falou do infravermelho.		Teste de Hipótese
258	Professor	Vocês não falaram? Será que a gente não usou o infravermelho, Não usamos a radiação solar?	Questiona buscando relacionar a ação realizada durante o experimento.	
259	Mario	Ah sim..	Meio na dúvida	Justificativa
260	Luiza	Se a gente usa a radiação, usa todos os raios, né?		Explicação
261	Professor	A gente não usou?...	Perguntando novamente	
262	Mario	Usou.		Justificativa (reforçando)
263	Professor	Usou a luz, o Ultravioleta e o Infravermelho.	Confirmando a resposta apresentada.	
264	Mario	Mas não se pode ver o infravermelho.		Justificativa
265	Professor	Mas o Infravermelho serve para o que?	Perguntando a função da radiação.	
266	Mario	Google		
267	Professor	Não, guarda esse troço....	Pedindo para guardar o celular.	
268	Mario	Não sei qual é.		
269	Professor	Vimos 3 radiações, IV, UV, luz visível...	Recapitulando e organizando as ideias trabalhadas.	
270	Mario	O Infravermelho leva a radiação... não sei		Levantamento

				de Hipótese
271	Professor	A luz visível é para a gente enxergar.	Relacionando as informações trabalhadas.	
272	Mario	O Ultravioleta é para aquecer..		Levantamento de Hipótese
273	Professor	Será que o UV é para aquecer mesmo?	Questionando a ideia apresentada.	
274	Maria/Mario	É		Justificativa
275	Luiza	Não acho que não, ele ta com uma cara de interrogação..		
276	Mario	Toda hora ele tá com essa cara de interrogação..		
277	Professor	O que estudamos tanto ano passado, com aquele Qzão	Buscando os conteúdos trabalhados no ano anterior, sendo "Qzao" se referindo a quantidade de calor	
278	Mario	Boa pergunta... não lembro		
279	Luiza	Calor		Justificativa
280	Mario	Então... Calor		Justificativa
281	Professor	Quando a gente discutiu o fenômeno antes... Que essa radiação era o que? Daqueles filmes que usamos aqueles óculos, para ver tudo vermelho.	"Antes" se referindo ao ano passado. Relacionando os conceitos.	
282	Mario	Depende do Calor		Justificativa
283	Professor	Depende do calor que é uma radiação...	Explicitando a justificativa apresentada.	
284	Maria	Térmica		Justificativa
285	Professor	Infravermelha... e térmica.	Completando a frase.	
286	Mario	Então olha só, o que aquece não é o Ultravioleta?		Previsão
287	Professor	Não é o Ultravioleta, é o Infravermelho	Finalizando a ideia trabalhada.	
288	Maria	Eles conseguem enxergar da .. da...	Querendo se referir aos óculos dos filmes	Raciocínio Lógico
289	Professor	Radiação que a gente emite.	Exemplificando o raciocínio do aluno.	
290	Maria	Exatamente.		
291	Luiza	Então tem efeito...		Explicação
292	Mario	Para aquecer. Ele aquece.		Explicação
293	Maria	A gente acabou		

O grupo finalizou a primeira parte da atividade do dia ao elaborar a resposta da pergunta número quatro, conforme apresentado na figura abaixo.

4) Então, depois dessas discussões e experimento, qual o efeito da radiação infravermelho em cada um desses casos?

Tem efeito de aquecimento em ambos os casos

Figura 39: Resposta do grupo¹⁴
Fonte: os autores

Apesar de ter acompanhado a discussão, a aluna Maria ainda ficou com dúvida sobre essa relação do Infravermelho.

TURN O	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
299	Maria	Eu ainda não entendi..		
300	Professor	Fale o que você não entendeu?		
301	Maria	O infravermelho		
302	Mario	Ele aquece amiga.		Explicação
303	Maria	Como assim?		
304	Luiza	Esquentando.		Justificativa
305	Mario	Eu achei que era Ultravioleta, mas é o Infravermelho.		
306	Professor	Como a gente aquece recebendo essa "luz"?	Revelando a pergunta do aluno.	
307	Maria	É !		
308	Professor	A gente absorve. Que ondas...	Explicando o fenômeno.	
309	Maria	Ahhhh Por isso é possível enxergamos as pessoas com aquele negocinho?		
310	Professor	Isso, que é um aparelho para absorver essa energia. Essas ondas eletromagnéticas e luz solar são uma forma de onda, certo? Que tem todo aquele espectro que vimos. Quando interagimos com isso, podemos absorver uma parte... Por isso quando ficamos no Sol, a gente o que... Fica calor, por quê? Porque estamos absorvendo essa energia que está vindo. Com os óculos fazemos a mesma coisa.	Explicando o fenômeno.	Raciocínio Lógico

O professor ajudou a aluna solucionando a dúvida que restava sobre a concepção do infravermelho, explicando o fenômeno de absorção desta radiação, encerrando assim este episódio.

¹⁴ Legenda: "Tem efeito de aquecimento em ambos os casos"

5.3.3 Episódio 03 - Efeitos do Ultravioleta.

Continuando sua fala, o professor introduziu a próxima etapa da atividade, a que trabalha com o Ultravioleta. Para começar, foi reproduzida uma propaganda de uma marca de protetor solar infantil, onde apresenta um novo produto que vem junto com o protetor, um adesivo que muda de cor avisando que é preciso retocar o protetor da criança. Depois foi dado um determinado tempo para os alunos responderem as perguntas 6,7 e 8 do roteiro.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
310	Professor	Agora Turma... Já que vocês viram que a radiação Infravermelha aquece, o que o UV faz? Já que vocês acharam que era o UV que aquecia. Para começar vou passar uma pequena propaganda e vocês vão discutir e responder para mim.	Apresentando as tarefas da atividade.	
311		Reproduzindo a propaganda		
312	Professor	Acredito que todo mundo tem uma preocupação quando fica no Sol	Buscando as concepções dos alunos	
313	Mario	Deveria mas sempre esqueço de passar.		
314	Professor	Vamos discutir isso em cada grupo... 5 minutinhos para isso.		
315	Maria	"Ao ir a praia, como vocês se protegem do Sol?" Passando protetor solar gente	Lendo e respondendo pergunta número 6.	Levantamento de Hipótese
316	Mario	Sim... Anota ai..		
317	Maria	E bota barraca de praia		Levantamento de Hipótese
318	Mario	Não, não fico na barraquinha. Quer dizer, minha mãe coloca, mas fico na água mesmo.		Levantamento de Hipótese
319	Maria	Mas você cozinha mais rápido.		Teste de Hipótese
320	Mario	Com protetor solar.		Justificativa
321	Maria	A água tira o protetor e você cozinha mais rápido.		Teste de Hipótese
322	Mario	Ai eu saiu e boto de novo.		Justificativa
323	Mario	Gente olha só, eu entro na água com protetor, ai quando saio bota de novo. Saio da água para retocar o protetor.		Explicação
324	Maria	Por que nossos responsáveis sempre nos alertam para não ficar muito tempo exposto ao Sol, e principalmente evitar um certo horário de Sol. Quais as consequências de não se protegerem?	Lendo a pergunta número 7.	
325	Maria	Para não pegar insolação		Levantamento de

				Hipótese
326	Mario	Porque se ficar muito tempo no Sol...		
327	Luiza	Morre.		
328	Mario	Pega ou fica com algo na pele. Pode botar boné, pode botar guarda sol eu deixo.	Respondendo a pergunta 7 e a 6	Levantamento de Hipótese
329	Luiza	Risadas		
330	Maria	Quais as consequências de não se protegerem? Bom...	Lendo a pergunta número 7	
331	Mario	Insolação... Câncer de pele		Levantamento de Hipótese
332	Luiza	Morrer... Descascar.		
333	Mario	Câncer de insolação.		
334	Professor	Câncer de insolação? (risos)	Simples comentário.	
335	Mario	Vai MARIA anda...		
336	Maria	Os impactos citados são benéficos ou maléficos?	Lendo a pergunta número 8.	
337	Mario	Pooooo... Maléficos		Previsão
338	Luiza	Mas também aumenta a vitamina D. Ativa a vitamina D		Levantamento de Hipótese
339	Mario	Problema de visão..		Levantamento de Hipótese
340	Maria	São muitas doenças		
341	Mario	Sim, mas estou dizendo só algumas... câncer problemas de visão... olha só! tem alergia ao Sol.	No celular	

Nesse trecho o grupo concluiu suas ideias sobre a exposição excessiva ao Sol, apresentando nos turnos 338 e 339 impactos importantes. Entretanto, não escreveram na resposta da pergunta, bem provável que, devido ao uso do celular, tenderam a escrever somente o que encontraram na internet.

6) Ao ir a praia, como vocês se protegem do Sol?
 Protetor solar.

7) Porque nossos responsáveis sempre nos alertam para não ficar muito tempo exposto ao Sol, e principalmente evitar um certo horário de Sol. Quais as consequências de não se protegerem?
 Para evitar uma possível insolação e doenças futuras, ex: alergia ao sol.

8) Os impactos citados são benéficos ou maléficos?
 Maléficos.

Figura 40: Resposta do grupo¹⁵
 Fonte: os autores

O professor chamou a atenção do aluno Mario que estava no celular pedindo-o para guarda-lo. Com isso o grupo retornou para atividade discutindo as perguntas número 9 e 10.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
348	Maria	Vocês se preocupam com os tipos de produtos que estão usando para se proteger do Sol.	Lendo a pergunta número 9	
349	Mario	Não..		Raciocínio Lógico
350	Maria	Vocês usam o que.. Sundown?		
351	Luiza	Nada.		Justificativa
352	Mario	O que estiver na frente. 30, 60.. 70, vou botando	Se referindo ao fator de proteção	
353	Luiza	O do rosto é 50.	Se referindo ao fator de proteção	
354	Maria	Quais características que vocês levam em conta ao comprar o produto?	Lendo a pergunta número 9	
355	Luiza e Mario	O preço		Raciocínio Lógico
356	Mario	Mão de vaca		
357	Luiza	A gente é muito pobre.		
358	Mario	Ahh... Estamos sendo sincero ué.		
359	Maria	Paguei em um 30 (fator), 50 reais.		Seriação de Informação
360	Mario	Ah não, muita sacanagem, muita caro.		Justificativa
361	Maria	Qual tipo de radiação específica que precisamos nos proteger.		
362	Mario	UV		Raciocínio Lógico

Ao responderem a pergunta número 9 o grupo apresentou um fator pertinente ao tema de proteção solar, o preço. Mesmo a discussão se restringindo ao valor do protetor solar, que em média varia de 35 a 80 reais (valores pesquisados no dia 24 de setembro de 2019), o preço de bons itens que protegem da radiação ultravioleta geralmente são elevados, como por exemplo: óculos de sol e roupa com proteção ultravioleta.

¹⁵ Legenda: Pergunta 6: "Protetor solar"; Pergunta 7: "Para evitar uma possível insolação e doenças futuras, ex: alergia ao Sol"; Pergunta 8: "Maléficos".

9) Vocês se preocupam com o tipo de produto que estão usando para se protegerem do Sol? Qual as características vocês levam em conta ao comprar o produto.

Não, o preço

10) Qual é o tipo de radiação específica que precisamos nos proteger com os métodos já citados por vocês?

UV

Figura 41: Resposta do grupo¹⁶
 Fonte: os autores

O professor ficou preocupado com esse grupo, pois notou que as discussões não foram profundas o suficiente conhecendo o potencial desses alunos, suas posturas nessa parte da atividade não foram muito proveitosas, se distraíram várias vezes com conversas paralelas e fizeram uso do celular.

Então para tentar melhorar as ideias trabalhadas por eles e da turma, antes de ir para a próxima parte da atividade, foi criada uma discussão com todos os alunos da sala para confrontar as respostas.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
380	Professor	Vamos lá, agora tenho uma missão para vocês. Virando a folha temos um experimento para vocês. Mas antes... Primeira coisa, na pergunta sete, o que vocês colocaram na consequência do Sol?	Iniciando a discussão com todos da turma	
381	Joana	Coloquei insolação...		Organização de informação
382	Paula	Insolação, queimaduras leves e que pode causar câncer de pele.		Organização de informação
383	Luiza	Cegueira..		Organização de informação
384	Mario	Cegueira não, pelo amor de Deus.		
385	Professor	Gente, se o Sol faz tanto mau como vocês estão falando...	Iniciando uma pergunta. Buscando as concepções dos alunos.	
386	Mario	Porque tem verão?	Interrompendo Ignorado	
387	Luiza	Faz a Vitamina!		Levantamento de Hipótese
388	Joana	Síntese de vitamina.		Levantamento de Hipótese

¹⁶ Legenda: Pergunta9: "Não, o preço" ; Pergunta 10: "UV".

389	Professor	Aaahhhh.... Tem coisa boa também, porque vocês não colocaram as coisas boas também?	Questionando as respostas.	
390	Joana	Porque só está pedindo quais consequências de quem não se protege		Justificativa
391	Professor	Ué será que se a gente passar o protetor, fazemos essa síntese da vitamina D?	Questionando a justificativa.	
392	Paula	Não		Previsão
393	Mario	Faz... não tanto eu acho né		
394	Paula	Não faz.		Previsão
395	Professor	A gente não absorve essa radiação?	Buscando as concepções dos alunos.	
396	Mario	A gente pega diariamente, um pouquinho de radiação, não precisa ficar na praia exposto.		Explicação
397	Paula	Porém a gente pega um pouquinho diariamente, mas são os benéficos, os negócios bons.		Explicação
398	Professor	Vocês sabem quanto tempo temos que ficar no Sol no mínimo para fazer essa síntese?	Buscando as concepções dos alunos.	
399	Joana	Depende do Sol		Levantamento de Hipótese
400	Marcela	Menos de 1 horas.		
401	Luiza	Depende do Sol, de Bangu se ficar dois minutos.		
402	Professor	No mínimo temos que ficar 10 minutos no Sol por dia para fazer a síntese	Apresentando nova informação.	
403	Mario	Pouco		
404	Paula	Eu fico.		
405	Joana	Eu já fico no mínimo, desço a rua, 20 minutos, andando.		
406	Professor	Quem não gosta de pegar muito Sol fica com falta de vitamina D. Então... o Sol tem alguns benefícios. E na questão 9, os produtos que vocês usam.. Levam isso em conta ou usa qualquer um e tá maneiro?	Pedindo para explanarem suas respostas.	
407	Paula	Sim...		
408	Mario	O mais barato.		Levantamento de Hipótese
409	Paula	O Fator do protetor, sua marca e vê suas referenciais.		Levantamento de Hipótese
410	Luiza	O mais barato..		
411	Joana	Não é o mais barato não.... Tem que ver o fator solar.		Teste de Hipótese
412	Mario	Eu levo o preço em consideração.		

É notado que alguns levaram em conta a preocupação com tipo de produto que usam e seu fator de proteção, mesmo ouvindo a opinião dos colegas Mario e Luiza mantiveram o preço como prioridade. Foram questionados se fazem o mesmo com os óculos de Sol, responderam que não usam. Já os outros grupos, não compram qualquer um porque pode prejudicar a vista.

Sobre o câncer de pele, que foi uma consequência colocada por toda a turma, eles conseguiram explicar de maneira satisfatória como aparece o tumor, conforme a transcrição abaixo.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
450	Professor	E o câncer?	Buscando as concepções dos alunos.	
451	Luiza	A multiplicação de células.		Levantamento de Hipótese
452	Mario	Mas não são células boas. .		Levantamento de Hipótese
453	Professor	Como que altera a multiplicação de células?	Questionando a ideia apresentada.	
454	Marcela	O Sol.		
455	Maria	Acelera?		Levantamento de Hipótese
456	Professor	Não, para alterar essa multiplicação das células, essa radiação, que é o Ultravioleta, quebra uma ligação do DNA. Se quebrar uma ligação do DNA e ela não recompor, vai ficar mal feita. Vai começar a se reproduzir mal feita, criando um tumor.	Explicando o fenômeno para dar continuidade a atividade.	
		{...}	Conversas paralela	
461	Paula	Professor quais são os efeitos do câncer de pele? Os sintomas...		
462	Professor	Mancha na pele..	Explicando o fenômeno.	
463	Joana	Ferida.		
464	Professor	Tem que olhar com calma qual tipo de mancha. Se a borda é regular ou não regular... Isso tem todo um padrão que a gente precisa olhar e ver	Explicando o fenômeno.	
465	Paula	Ahh... Sim sim sim		
466	Joana	Tem um que parece uma feridinha		Raciocínio Lógico
467	Professor	É, que vai crescendo... Por isso que quando a gente tem alguma pinta que está crescendo, tem que ir ao médico ver.	Finalizando a explicação	

Finalizando a parte das perguntas acerca do ultravioleta, na sequencia foi iniciado a parte experimental.

5.3.4 Episódio 04 - Testando os efeitos do Ultravioleta

Na ultima etapa desse dia de atividade foi proposto para os alunos elaborarem uma maneira de testar as precauções discutidas anteriormente. Foram disponibilizados pedaços de uma camisa branca, protetor solar fator 15 e 30, papel jornal e um envelope plástico e foi feito o seguinte questionamento *"Como podemos elaborar uma maneira de verificar as precauções discutidas anteriormente, a fim de estudarmos o efeito de ficar no Sol por longos períodos. Sabendo que temos todo o espaço escolar disponível."* .Os alunos começaram levantando uma preocupação com o clima.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
475	Joana	Não sei, não tem Sol, não tem como!		Previsão
476	Professor	Vai ser durante a semana toda.		
477	Mario	E se chover todo dia?		Levantamento de Hipótese
478	Marcela	Essa semana está para ficar assim a semana inteira.	Do outro grupo	Previsão
479	Mario	Viu poxa..		
480	Professor	Aahhh mas o Sol deixa de existir?	Questionando as ideias apresentadas.	
481	Joana	Tipo assim pode usar o mormaço, não pode?	Do outro grupo	
482	Mario	Não vai funcionar muito bem né?		Justificativa
483	Professor	O mormaço causa o mesmo efeito?	Questionando as ideias apresentadas.	
484	Maria	Não.		Levantamento de Hipótese
485	Marcela e Joana	Causa sim.	Do outro grupo	
486	Marcela	Mormaço queima também.	Do outro grupo	
487	Joana	Não necessariamente precisa estar Sol para você se queimar. No mormaço você se queima po. É muito quente!	Do outro grupo	
488	Maria	Mas nem tanto né.		Raciocínio Proporcional
489	Mario	Mas não é tão forte.		Raciocínio

				Proporcional
490	Professor	Então só queima menos.	Distribuindo os materiais	

Após sanar a dúvida da turma em relação ao clima, os alunos chegaram a conclusão que mesmo no tempo nublado pode ocorrer bronzeamento. Em seguida cada grupo começou fazer o seu projeto.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
491	Luiza	Vamos passar protetor solar na folha, igual Dove sabe? Barra de sabão.	Conversas paralelas	
492	Mario	Não sei amiga..		
		{...}	Conversas paralelas	
501	Luiza	Passar o negocio na folha..	Remetendo a propaganda dita anteriormente	Levantamento de hipótese
502	Maria	Ai vai ser tipo... A pessoa...		Levantamento de hipótese
503	Luiza	Como se fosse o "negocio" da Dove	"Negocio" se referindo a propaganda	Justificativa
504		{...}	Conversas paralelas	
505	Mario	Mas e o pano? Para limpar o boneco depois?		Levantamento de hipótese
506	Maria	É a toalhinha dele. (risos)		Levantamento de hipótese
507	Mario	Será que tem que botar o boneco dentro do plástico? Tem que usar tudo. Professor tem que usar tudo que está aqui?		Levantamento de hipótese
508	Professor	Não.	Simples comentário.	
509	Mario	Vê se está certo aqui....		
510	Professor	Como está chovendo, o que vamos fazer..	Ajudando na montagem devido a chuva.	
511	Mario	Colocar o papel no plástico.		Justificativa
512	Professor	Isso.		
513	Maria	Vamos cortar em forma de bonequinho		
514	Luiza	Faz 3 bonequinhos então.		
515	Maria	Faz a carinha		
516	Luiza	Só precisa de um papel eu acho.		

517	Mario	Vai dobrar desenhar e cortar.		
518	Luiza	Viu, faz vários.		
519	Professor	Ei.. vocês vão fazer bonequinhos?	Simples comentário.	
520	Maria	Sim, esse é o molde.		
521	Mario	Espero que funcione.. pq não tenho certeza, para fazer o bonequinho do criança esperança.		
522	Professor	Ficou bom, criativo.	Elogiando o trabalho do grupo.	
		{...}	Conversas paralelas.	
523	Maria	Ah... pode usar vestido né?		Levantamento de Hipótese
524	Mario	Pode. É uma crente. Ai coloquei muito!	Arrumando o boneco e colocando o protetor	
525		{...}	Construindo os materiais	
526	Mario	Podemos botar uma parte do corpo dele com pano e outra parte sem pano.		Levantamento de Hipótese
527	Luiza	Pode ser.		
528	Mario	Teria que cortar.. Corta umas tirinhas do pano.		

Quando todos os grupos acabaram de montar os seus projetos, o professor colocou um papel jornal de prova em um envelope e grudou na parede da sala para usarmos como comparativo. Depois descemos até o pátio da escola para pendurarmos os projetos. Foi decidido inicialmente que colocaríamos na grade da piscina (figura 42), mas no momento que terminamos de pendurar começou a garoar, com isso, tivemos que recuar o varal com os bonecos, colocando-o na parede atrás da grade da piscina, que era coberto, mas era bem iluminado naturalmente (figura 43 e 44). Finalizando as atividades do dia.



Figura 42: Expondo os projetos ao Sol
Fonte: os autores



Figura 43: Material do grupo
Fonte: os autores



Figura 44: Varal com o papel jornal
Fonte: os autores

5.4 Entendendo o Painel Fotovoltaico

Agora será apresentada a análise do último dia de atividade, que se iniciou com um problema, com apenas cinco alunos em sala (figura 45). Isso se deu devido ao feriado no dia anterior, três destes cinco alunos são os mesmos da transcrição do episódio anterior, com isso podemos verificar o resultado de seus experimentos.



Figura 45: Início do 4º dia de atividade
Fonte: os autores

Tabela 15: Turnos que compõe cada episódio - 4º Dia

Cena: 4º Dia - Entendendo o Painel Fotovoltaico

Episódios	Turnos	Descrição
01	01 até 84	Resultado do Experimento do Ultravioleta
02	131 até 411	Ideias sobre Painel Fotovoltaico
03	435 até 595	Compreendendo o Efeito Fotoelétrico
04	622 até 844	Radiação, Função Trabalho e Equação do Efeito Fotoelétrico

Fonte: os autores

5.4.1 Episódio 01 - Resultado do Experimento do Ultravioleta

A aula foi iniciada com a revelação do resultado experimental da semana anterior. O professor colocou o varal com todos os papéis jornais no quadro, podendo assim compará-los.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
01	Professor	Uma pergunta em relação aos bonequinhos. Vocês acham que um ficou mais escuro que o outro?	Projetos no quadro	
02	Mario	Sim		Levantamento de Hipótese
03	Professor	Qual ficou mais escuro?		
04	Luiza	A MARIA..	Piada com a colega que está bronzeada	
05	Professor	Qual era o de vocês?	Mostrando o material	
06	Mario	O 15 de Coraçõzinho, ali ó..		Levantamento de Hipótese
07	Professor	Esse era o de vocês?		
08	Mario	Não, mas é o que está mais escuro.		
09	Luiza	Ele está queimado.		Justificativa
10	Professor	Esse aqui ou o de trás?	Analisando os	

		Esse aqui pelo visto não passaram nem protetor.	papeis expostos no quadro.	
11	Mario	Então, ta queimado... muito dourado.		Explicação
12	Professor	O de 30 ela exagerou..	Analisando os papeis expostos no quadro	
13	Mario	Um pouco né..	Ironicamente	
14	Luiza	Protegidissimo!		
15	Maria	Deu nem para perceber, fez uma camada		
16	Professor	De quem é esse aqui?		
17	Luiza	Ah... o nosso é o de sainha. Não fez nenhuma diferença.		Levantamento de Hipótese
18	Mario	Tem um ali na mesa que tu deixou cair.		
19	Professor	Não deixei cair não. Estava no chão, quase no banheiro..		
20	Luiza	Gente ninguém pegou não... achei incrível isso.		
21	Mario	Ontem não teve aula né meu amorzinho		
22	Luiza	Mas hoje as pessoas vieram aqui.		
23	Professor	Eu peguei.		
24	Maria	Que banheiro		
25	Professor	Lá em baixo		
26	Maria	Como foi parar lá?		
27	Professor	Vento...Ventou muito né. Em relação aos bonequinhos aqui, vocês estão enxergando alguma coisa?	Pergunta para iniciar a comparação dos materiais.	
28	Maria	Não		
29	Luiza	Tem diferença?		
30	Mario	Deveria...		
31	Professor	Então a gente precisa descobrir. Verifiquem se tem alguma diferença e porque isso que é importante.	Tirando o material do quadro	

Como os bonecos estavam no quadro era difícil para os alunos visualizarem a diferença. Então os retiramos do varal e abrimos suas embalagens. Como a aluna Patrícia estava um pouco deslocada da atividade, sem participação até o momento e separada do outro grupo, o professor decidiu começar pelo projeto de seu antigo grupo, apesar de ter somente ela presente. A quinta aluna em sala havia faltado as duas últimas aulas.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
--------------	-------------	-------------	-------------------------	--------------------

32	Luiza	Essa está protegida, essa sou eu na praia. Nem fotografou.		
33	Professor	Ai eu deixei um papel de prova para verificar se houve ou não, essa alteração na cor. Coloquei aqui um papel jornal... No envelope para vermos se houve algum efeito ou não. Começar pelo da PATRÍCIA .	Pegando o papel de prova para fazer as comparações experimentais.	
34		{...}	Tirando o material do saco plástico, começou pelo de fator 30	
35	Professor	MARIA está da mesma cor?	Questionando sobre o material.	
36	Maria	Não.		Justificativa
37	Professor	Olhando a parte de trás dele dá para notar	Destacando outro ponto de análise	
38	Luiza	Está amarelinho.		Justificativa
39	Professor	Ou seja, pegou muito Sol. Me empresta o fator 15. O fator 15, mudou de cor também?	Questionando sobre o material.	
40	Luiza	Sim		Justificativa
41	Professor	Ficou um pouquinho mais escuro que o papel que estamos usando como exemplo. Mas, ficou mais claro ou mais escuro que o outro?	Guiando a comparação dos materiais.	
42	Mario	Claro		
43	Maria/Luiza	Mais escuro... Mais queimado		Explicação
44	Mario	Mais escuro quer dizer		Justificativa
45	Professor	O 15 está mais queimado que o 30?	Guiando a comparação dos materiais.	
46	Mario	Sim		Justificativa
47	Luiza	Sim, nas pontinhas aqui.	Ressaltando detalhe do material.	
48	Mario	Acho que não pegou direito nas pontinhas...		Explicação
49	Professor	Provavelmente não deve ter passado direito.	Concordando com a explicação apresentada.	
50	Luiza	Tadinha..		
51	Professor	Já passou protetor errado?	Perguntando do cotidiano do aluno.	
52	Maria	Uhum		
53	Luiza	Já fiquei "manchadona".	Risos	

54	Professor	Agora o sem proteção. Qual queimou mais?	Colocando os três lado a lado para comparar.	
55	Luiza	O sem proteção		Justificativa
56	Maria	Hmmm.. verdade		Justificativa
57	Professor	È... por acaso o efeito é o mesmo na nossa pele. A pele é oxidada devido a essa radiação. E a nossa pele cria a melanina que protege a gente.	Relacionando o experimento com o a situação do dia a dia, bronzeamento.	Explicação

Com isso encerra a verificação das duas amostras do grupo da Patrícia. Na sequência foram analisados os papéis do grupo da Luiza, Maria e Mario, o grupo do Episódio 3.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
58	Luiza	Temos que tirar a sainha dos nossos bonecos...		Teste de Hipótese
59	Professor	Verifiquem se essa história da sainha deu certo. Pessoal, esse aqui não vai contar, apesar de estar amareladinho, não sei quanto tempo ficou no chão.	Retirando da comparação a amostra que foi encontrada no chão.	
60	Luiza	Olha está branco		Teste de Hipótese (continuando)
61	Professor	Da para ver a diferença?	Questionando a hipótese.	
62	Luiza	Dá		
63	Professor	Olha!!	Impressionado	
64	Mario	Olha que legal		
65	Luiza	Ficou branquinho		Explicação
66	Professor	Ficou branquinho em relação ao outro. Também tivemos uma diferença. E tivemos um problema, que terça passada estava meio nublado, iríamos colocar na grade da piscina, ai começou a garoar. Tiramos dali e colocamos na parede, ali não pega Sol diretamente, mas mesmo assim recebe a luz do Sol e o efeito deveria acontecer, e estamos vendo isso acontecer.	Explicando o procedimento para a aluna que faltou.	
67	Luiza	CARACA!	Se assustando com o resultado	
68	Professor	Tira a roupinha desse aqui.		
69	Luiza	Eu andando de blusa	Mostrando outro boneco, que tinha uma	Previsão

			saia.	
71	Professor	Passaram o protetor nesse?	Perguntando sobre o processo experimental.	
72	Luiza	Não, nesse não....		
773	Maria	Passou		Organização de Informações
74	Luiza	Passou!		
75	Professor	Repara, dá para ver que está um pouquinho mais claro?	Comparando os materiais.	
76	Mario	Professor olha esse		
77	Professor	Esse ficou bem legal		
78	Luiza	Tá lindo		
79	Professor	Então dá para ver que sim, tem uma diferença no fator de proteção.	Encerrando a discussão do material coletado.	
80	Maria	É, está bem moreno.		Justificativa
81	Professor	E para quem vai à praia, o fator de proteção.... Lembram da propaganda do peixinho?	Relacionando com o vídeo apresentado.	
82	Grupo	Aham!		
83	Professor	Que o garoto colou um adesivo aqui...	Mostrando no braço	
84	Luiza	Eu adorava aqui,		

Na imagem abaixo, segue os projetos analisados na transcrição. O boneco da esquerda foi colocado uma "toalhinha" e protetor solar com fator de proteção 30, no da direita a única diferença foi o protetor de fator de proteção 15.

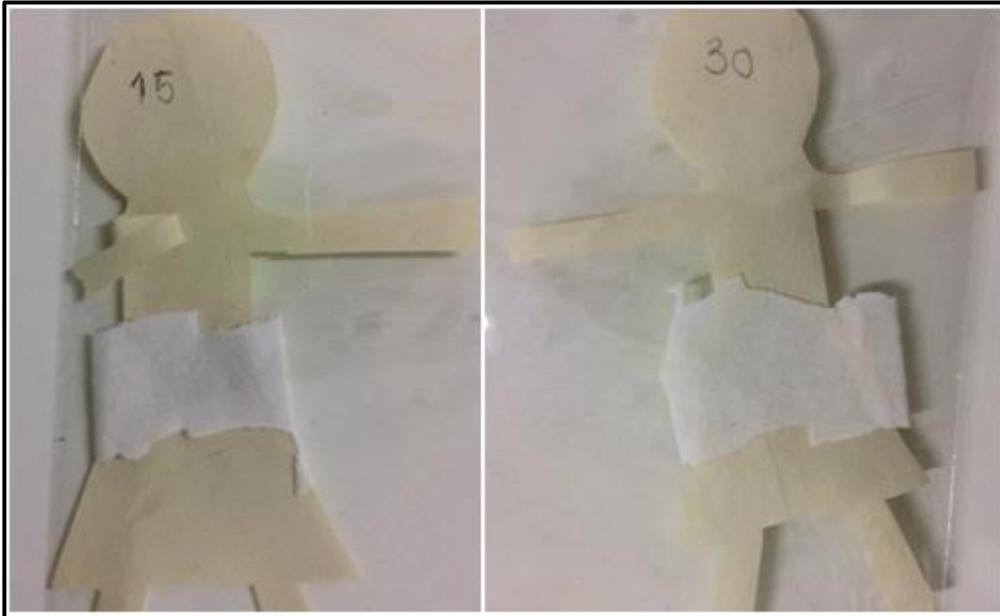


Figura 46: Respostas do grupo
Fonte: os autores

Como os alunos presentes conseguiram notar e entender o efeito do Ultravioleta, o professor prosseguiu com a atividade apresentando duas tecnologias que utilizam a Energia Solar para gerar corrente elétrica.

A primeira foi uma pequena lanterna com uma placa solar que foi comprada no mercado popular e não funcionava (figura 47), ao abri-la foi encontrada uma bateria fechando a ligação com o sistema da lanterna, ou seja, acabou a bateria e parou de funcionar, a placa era enganação.



Figura 47: Lanterna Solar
Fonte: Internet

Já a segunda tecnologia era um brinquedo lúdico que, quando exposto à luz, ele balançava de um lado para outro, representado na figura abaixo.



Figura 48: Brinquedo de esqueleto dançante
Fonte: Internet

Esse funcionou quando colocamos a lanterna do celular bem próxima. Tudo isso foi para demonstrar que há várias possibilidades de uso da Energia Solar, desde brinquedos, carregadores de celulares até coisas sérias como painéis fotovoltaicos e carros. Com esses exemplos o professor questiona a turma dando continuidade à atividade.

5.4.2 Episódio 02 - Ideias sobre o Painel Fotovoltaico

Para engatar a próxima etapa o professor levanta o seguinte questionamento: *"Como essa plaquinha ou o painel Solar, que podemos ter em nossas casas, gera energia elétrica? O que acontece ali para gerar energia elétrica. Isso que iremos discutir e responderemos hoje"*. Nesse momento a turma não conseguiu responder, então, o professor distribuiu o roteiro para que comecem a atividade. O grupo deixa a aluna Luiza fazer a leitura da primeira pergunta.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
131	Luiza	Quanto maior a quantidade de luz que incide no painel solar mais energia elétrica ele produz?	Lendo a 1º pergunta do roteiro calmamente	
132	Maria	Não entendi nada o que você leu.		
133	Luiza	Energia Solar em Energia elétrica		
134	Maria	Sim Claro, faz sentido	Leu a pergunta novamente para si mesma.	Previsão
135	Mario	Sim eu concordo		Previsão
136	Luiza	É só para botar Sim?		
137	Professor	Concorda? É para responder, justifique.		

138	Mario	Ué.. porque vai ter mais luz. Vai ter mais energia....Ah....É.. A luz é que transformada em energia Solar, não?		Levantamento de Hipótese
139	Maria	Não ta escrito justifique		
140	Professor	Tinha que falar isso...	Risos, mostrando no enunciado.	
141	Mario	Não é, não é...	Respondendo sua própria pergunta	
142	Professor	Oi?		
143	Mario	É a luz que é transformada em energia solar, né?		Organização de Informação
144	Professor	A luz é transformada em energia solar.. ou a luz é energia solar?	Auxiliando o aluno na organização de suas ideias.	
145	Mario	Não, pera ao contrario..		
146	Luiza	A luz é transformada em energia elétrica.		Organização de Informação
147	Professor	Elétrica, viu!	Destacando a fala da aluna.	
148	Mario	Exato! Então quanto mais de energia, quanto mais luz bater no negócio mais energia vai ter.		Testes de Hipótese
149	Luiza	É isso ai. Porque a gente precisa...		
150	Mario	Aqui ó, se a luz vai virar energia elétrica.	Interrompendo	
151	Luiza	Porque a gente precisa uma quantidade "mínima" de luz para ter uma pequena quantidade de energia elétrica		Previsão
152	Mario	Se a luz vai virar energia elétrica, quanto mais luz mais energia. Você escreve vai...		Raciocínio Lógico

Começa então uma discussão de quem vai escrever e como vão escrever a resposta, pois, estão achando meio obvio.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
166	Mario	Por que sim, é obvio.		
167	Luiza	Que tem mais luz... Se não tiver luz não da para ter energia elétrica vinda da luz. Por que não vai ter luz.		Raciocínio Lógico
168	Mario	É só pensar, a gente tem uma fábrica que depende dos funcionários, quanto mais funcionários mais rápido vai acabar o serviço.		Raciocínio Lógico
169	Maria	Não estou entendendo o que vocês estão falando... O que tem haver funcionários com isso?		
170	Maria /	{...}	Risadas	

	Luiza			
171	Mario	Não sei como explicar, porque é obvio.		
172	Luiza	Bota assim "Sim ponto". Quanto mais luz mais energia vai ter.		Justificativa
173	Mario	Isso já é a pergunta.		
174	Maria	Meu amorzinho	Risos	
175	Professor	Mas ele quer isso.	Simples comentário.	
176	Mario	Porque assim ó... bota assim, porque nós precisamos de luz para ser transformada em energia Solar.... em energia Normal, elétrica, né? Então quanto mais luz incidir na placa mais energia a gente vai ter.		Raciocínio Lógico
177	Luiza	Mas não vai ter uma certa quantidade de luz que precisa?		Levantamento de Hipótese
178	Maria	Pera ai...	Pedindo para o Mario falar devagar para ela escrever	
179	Professor	Como assim?	Direcionado para a LUIZA	
180	Luiza	Pra conseguir gerar um pouquinho de energia. Só um pouquinho... Até fez bastante luz para gerar um pouquinho.		Levantamento de Hipótese
181	Professor	Será que tudo vira energia?	Tentando entender a pergunta	
182	Luiza	Acho que tudo vai embora, porque nada na vida é fixa tudo é passageiro.		
183	Professor	{...}	Risadas. Notou que foi brincadeira e foi para outro grupo	

Com isso o grupo finalizou a primeira pergunta com a seguinte resposta.

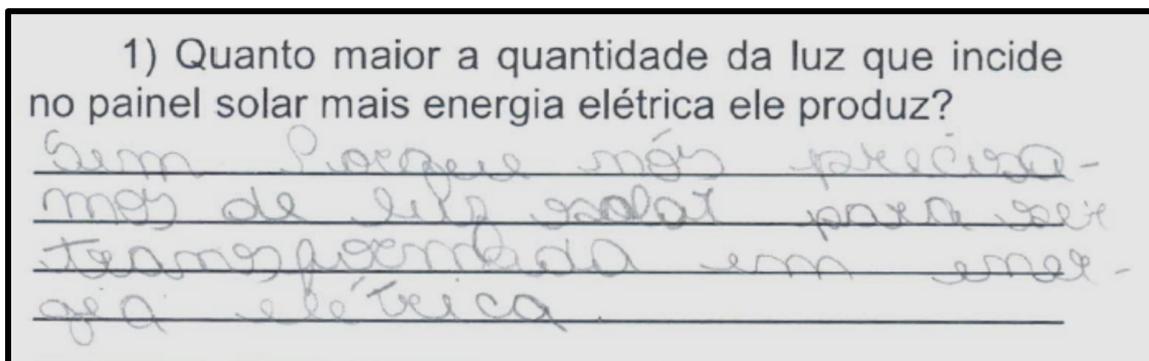


Figura 49: Resposta do grupo¹⁷
Fonte: os autores

¹⁷ Legenda: Sim. Porque nós precisamos de luz solar para ser transformada em energia elétrica.

No turno 177 e 180 Luiza fez um comentário que pegou o professor desprevenido, pois, apresentou uma ideia sobre a Função Trabalho, apesar de não estar claro para ela.

Ao trocarmos a palavra “quantidade” por “tipo” no turno 177 encontramos a seguinte sentença: *"Mas não vai ter um certo **tipo** de luz que precisa?"*. Ela mostrou a ideia da condição para que aconteça a conversão de luz em energia elétrica, para certo tipo de luz, ou seja, com determinada frequência, o efeito é visualizado, caracterizando a frequência de corte do material. À frente na atividade vamos encontrar uma melhor resposta para esse argumento apresentado.

O grupo segue para a pergunta número 2, *"Vimos que no espectro eletromagnético há vários tipos de radiação. O painel Solar gera energia elétrica com qualquer tipo de radiação que incide nele?"*.

O grupo se dispersou um pouco e começou a apresentar comentários muitos confusos e sem nexos, até que Mario chamou a atenção das colegas e reorganizou a discussão.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
200	Mario	Não filha... Estamos em outra questão. Foca aqui! Vimos que no espectro eletromagnético há vários tipos de radiação. O painel Solar gera energia elétrica com qualquer tipo de radiação que incide nele? Não! Acho que é com o Infravermelho... Não é Professor?	Lendo a número 2 pergunta novamente	Levantamento de Hipótese
201	Luiza	O Infravermelho cozinha, o Ultravioleta queima e a Luz ilumina.		Organização de Informações
202	Maria	Mentira... e o fogo queima, a água molha	Risadas	
203	Mario	...Não né.	Lendo a pergunta para o professor	
204	Luiza	Acho que é com a luz. O IF cozinha, o UV queima, e a luz gera energia elétrica.		Levantamento de Hipótese
205	Mario	Não é o Infravermelho, não é?		
206	Professor	Será que é com a luz, não sei. É uma boa pergunta.	Simples Comentário.	
207	Mario	Não foi na outra semana que falamos isso?		
208	Maria	E a luz ilumina.		
209	Professor	Mas será que o painel...		
210	Mario	O que queima é o Infravermelho.	Interrompendo o professor	Levantamento de Hipótese

211	Luiza	Acabei de falar que o Infravermelho cozinha... .		Justificativa
212	Professor	Não é que queima, que aquece!!	Corrigindo o conceito Físico	
213	Luiza e Maria	Ultravioleta queima, e o outro ilumina.		
214	Professor	Mas será que... por exemplo, você falou qualquer tipo?	Auxiliando na discussão.	
215	Mario	É... Acho que não né.		
216	Professor	Funciona com micro-ondas?	Guiando para descartarem as variáveis em excesso.	
217	Mario	Não.		Justificativa
218	Professor	Funciona com ondas de rádio?	Guiando para descartarem as variáveis em excesso.	Levantamento de Hipótese
219	Mario	Então, não. A resposta é não		Justificativa
220	Professor	Mas porquê... Você acha que vai funcionar com qual tipo de radiação?	Voltando para a pergunta do roteiro.	

Sabendo das três radiações emitidas pelo Sol, cada integrante do grupo falou uma, Luiza respondeu luz, Mario infravermelho e Maria ultravioleta, então o professor se direciona para a Luiza.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
230	Professor	Por que Luz?	Auxiliando na discussão.	
231	Luiza	Porque um queima, outro cozinha e o outro ilumina.		Raciocínio Lógico
232	Professor	Então iluminando o painel ele funciona?	Questionando o raciocínio apresentado.	
233	Luiza	Ó, fotovoltaica. Tem a ver com luz. Fóton, luz.		Explicação
234	Professor	Hmmmmmm		
235	Luiza	Fóton, não tem um negócio desse.		Justificativa
236	Professor	Teemmm!	Meio duvidoso evitando dar a resposta.	
237	Luiza	Tem sim! tem um negócio que se chama fóton.		Justificativa
238	Professor	Tá bom...		
239	Luiza	Eu vi.. eu estudei isso.		

240	Professor	AA... você já estudou isso?		
241	Luiza	Em algum momento da minha vida.		
242	Professor	No nono?	Se referindo à série.	
243	Luiza	Acho foi... que eu fiz um trabalho de um carregador movido a energia solar, na minha feira de empreendedorismo... Foi ótimo, tirei 10, foi incrível.		
244	Professor	Lembra de alguma coisa?		
245	Luiza	Lembro, que tinha micro coisinhas...Nunca lembro o que que é...ai tinha que botar no Sol.		
246	Professor	Então vamos para a próxima pessoal.		
247	Luiza	Eu lembro que tinha campo magnético, eu lembro disso.		

Com a ajuda do professor, o grupo conseguiu eliminar as variáveis (tipos de radiações) em excesso e ficaram em dúvida nas radiações solares. Uma aluna, através da análise da palavra, identificou que precisaria de luz (fóton) para que o painel funcionasse e concluíram a pergunta com a seguinte resposta.

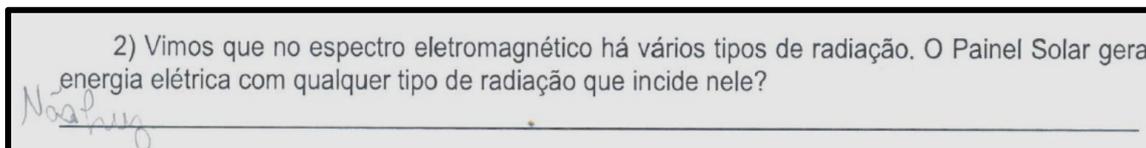


Figura 50: Resposta do grupo¹⁸
Fonte: os autores

Com esse dialogo Luiza revelou que já viu o conteúdo em um trabalho anterior, tirando a dúvida do professor sobre o comentário apresentado anteriormente (turno 177). Apesar disso o desenvolvimento da atividade não se comprometeu. Podemos notar que o debate entre o grupo permaneceu, promovendo a construção dos conceitos previstos.

Em seguida começou a discussão sobre a próxima pergunta que aborda a ideia do painel poder ir acumulando energia do Sol para depois gerar corrente elétrica: "*Na opinião de vocês o Painel Solar pode ir acumulando a energia vinda do Sol para depois gerar corrente elétrica?*".

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
249	Luiza	Painel Solar não acumula, mas tem um negócio...		Levantamento de Hipótese

¹⁸ Legenda: Não, Luz.

250	Maria	Painel solar não acumula?!?		
251	Luiza	Energia		
252	Maria	Como é que não?		
253	Mario	Não		
254	Luiza	Acho que tem outra coisa que acumula energia.		Justificativa
255	Mario	Acho que acumula sim...		Levantamento de Hipótese
256	Mario	Ele ia mandar para um Gerador?		Teste de Hipótese
257	Maria	Ah... ele manda...		
258	Luiza	Acho que o painel Solar ele gera.		Justificativa
259	Professor	É o painel que acumula ou é o outro?	Questionando as informações apresentadas.	
260	Mario	O gerador acumula		Levantamento de Hipótese
261	Luiza	Acho que o painel Solar ele gera energia... Ele pega aquela luz e faz sim.. "efeito sonoro"... e manda para algum lugar.		Raciocínio lógico
262	Mario	Estou falando que manda para o gerador próprio.		Explicação

Nota-se que os alunos estão trocando os conceitos de geradores com o de bateria, quando isso foi notado pelo professor, ele entrevistou e os ajudou a corrigir.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
274	Professor	Vamos lá... botaram o que?	Verificando o andamento da discussão.	
275	Luiza	Não, ponto, porque ele apenas..		Raciocínio Lógico
276	Mario	Acumula?		
277	Luiza	Transforma.		Raciocínio Lógico
278	Mario	Exato. E manda para o gerador.		Raciocínio Lógico
279	Professor	Mas o gerador ele gera ou armazena energia?	Questionando as informações apresentadas.	
280	Maria	Gera		
281	Mario	Armazena.		
282	Professor	GE-RA-DOR...		
283	Mario	Gera e armazena. Só que nesse caso ele armazena		Levantamento de Hipótese

284	Maria	Faz sentido, se não ele não seria gerador.	Concordando com o professor	
285	Professor	O que armazena energia no seu celular aí?	Utilizando um exemplo do cotidiano para auxiliar no debate.	
286	Maria/Mario	Bateria		Justificativa
287	Professor	Ela GERA energia?	Relacionando a discussão com o exemplo.	
288	Maria	Não... ela batera o celular	Trocadilho	

Após a intervenção do professor, o grupo conseguiu esclarecer a dúvida entre gerador e bateria. Com isso obtiveram a seguinte resposta para a pergunta número 4.

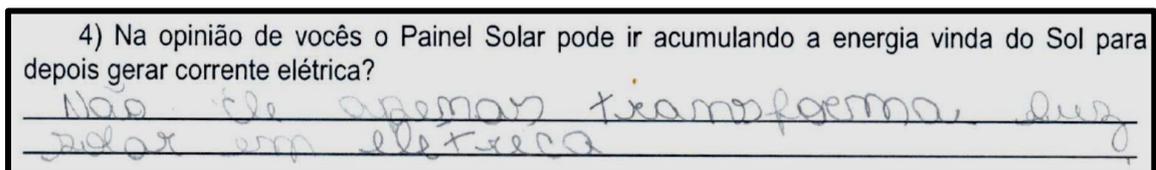


Figura 51: Resposta do grupo¹⁹
Fonte: os autores

A próxima pergunta, que era "Do que vocês acham que é feito o Paine Solar? De que tipo de material?", gerou uma revolta por parte dos alunos.

Apesar disso o grupo conseguiu responder rapidamente essa pergunta, pois, ao notar os murmurinhos do grupo o professor entrevistou e falou várias ideias de tipos de materiais que poderia ser, por exemplo: vidro, ferro, madeira, plástico, carbono, metal e etc. Com isso a aluna lança a seguinte hipótese.

TURNOS	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
311	Luiza	Metal. É feita de metal. Porque a energia tem que passar para algum lugar. Tem metal isso importa.		Levantamento de Hipótese e Explicação
312	Professor	É uma boa...	Elogiando a resposta da aluna.	
313	Maria	Passa para onde?		Teste de Hipótese

¹⁹ Legenda: Não. Ele apenas transforma luz solar em elétrica.

314	Luiza	Para algum lugar querida, aquela energia vai ter que sair dali e passar para algum lugar.		Justificativa
315	Maria	E como que a pessoa vai ter... Vai ter um fio ligado?		Levantamento de Hipótese
316	Professor	É, geralmente o painel está ligado no sistema da casa.	Explicando a montagem do circuito.	

O grupo seguiu a ideia da Luiza e respondeu que o tipo de material do painel é metal. Na sexta pergunta, "*Quanto vocês acham que custa a instalação das placas solares em uma residência?*", que aborda o preço de instalação do painel Fotovoltaico, o grupo cometeu um erro ao confundir a placa para aquecer a água e o Painel Solar, colocando o mesmo valor pesquisado do terceiro dia de atividades que foi acima de dois mil reais.

A próxima e última pergunta dessa etapa questiona o funcionamento do painel, "*Na opinião do grupo como é o funcionamento do Painel Solar? Afinal, como ele consegue fazer essa transformação de luz em energia elétrica. Se acharem necessário pode desenhar para auxiliar a explicação*".

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
356	Maria	Na opinião do grupo como é o funcionamento do painel solar?	Lendo a pergunta número 7.	
357	Luiza	Pega energia... faz "tic tic tic".....	Efeitos sonoros	Raciocínio Lógico
358	Maria	Rapidinho, assim ó galera.		
359	Luiza	Faz o Sol.		Raciocínio Lógico
360	Mario	O Sol !		Raciocínio Lógico
361	Luiza	Ai ó, bota a placa.		
362	Mario	Deixa eu ver a pergunta.		
363	Maria	Uma casa..		
364	Luiza	Cara, é só botar a placa! Não precisava de tanta coisa. Isso é um mar ou uma grama MARIA? Bota a placa no telhado...		
365		{...}	Fazendo piadas sobre o desenho	
366	Maria	Tá bonitaaa!		
367	Luiza	Ai pega e põe o raio Solar. Assim ó.. Isso... na placa.		Raciocínio Lógico

368	Maria	Ai eu escrevo aqui "raio solar"		Raciocínio Lógico
369	Luiza	Agora faz assim ó "ptshiu ptshiu"	Efeitos sonoros	Raciocínio Lógico
370	Maria	Não estou entendendo, como que desenha isso.		
371	Professor	Hmm.. então os raios solares bateram ali...	Tentando entender o raciocínio.	
372	Luiza	Faz uma magia, põe uma fumaça.	Explicando os efeitos sonoros.	
373	Mario	Sim, e bota igual energia.		
374	Professor	Então o Sol está mandando esses lasers para placa?	Analisando a resposta desenhada.	
375	Mario	É		Justificativa
376	Luiza	"ptshiu ptshiu"	Desenhando	
377	Professor	Parece Star Wars.	Risadas	
378	Luiza	Bota assim ó, ai não parece lasers.		Raciocínio Lógico
379	Professor	Hmmmm, setinhas.	Mudaram a representação.	
380	Luiza	Setinha é bom.		
381			Alunos atrasados entrando em sala	
382	Luiza	Isso... ai faz assim ó... para mostrar que entrou aqui dentro.		Raciocínio Lógico

Nesse ponto da atividade o sinal do primeiro tempo tocou com isso os alunos atrasados entraram, ao todo eram quatro alunos, foram dois para cada grupo. No grupo aqui transcrito entraram a Joana e a Marcela. Isso provocou uma longa conversa paralela.

No final de toda a barulheira a Luiza deu a explicação do desenho que ficou impossível para o grupo entender, com isso o professor pediu para que ela repetisse.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
406	Professor	Mas a LUIZA explicou... O que você explicou ali, que eu não entendi.		
407	Maria	NADA..	Risadas	
408	Luiza	A luz bate na placa, ai ela faz "tchuki tchuki tchuki", energia elétrica.		Organização de informação

409	Mario	É uma transformação.	Se referindo ao efeito sonoro	Explicação
410	Professor	Essa luz é isso...Essas setinhas.	Olhando o desenho	
411	Luiza	Uma transformação. Setinha é o raio solar, que tem 3 raios contidos, Infravermelho, Ultravioleta e Luz		Organização de informação

O "tchuki tchuki tchuki" dito por Luiza no turno 408 seria uma onomatopeia para a transformação da Energia Solar em Energia Elétrica, representado no desenho da figura 52 por tracinhos saindo da placa fotovoltaica.

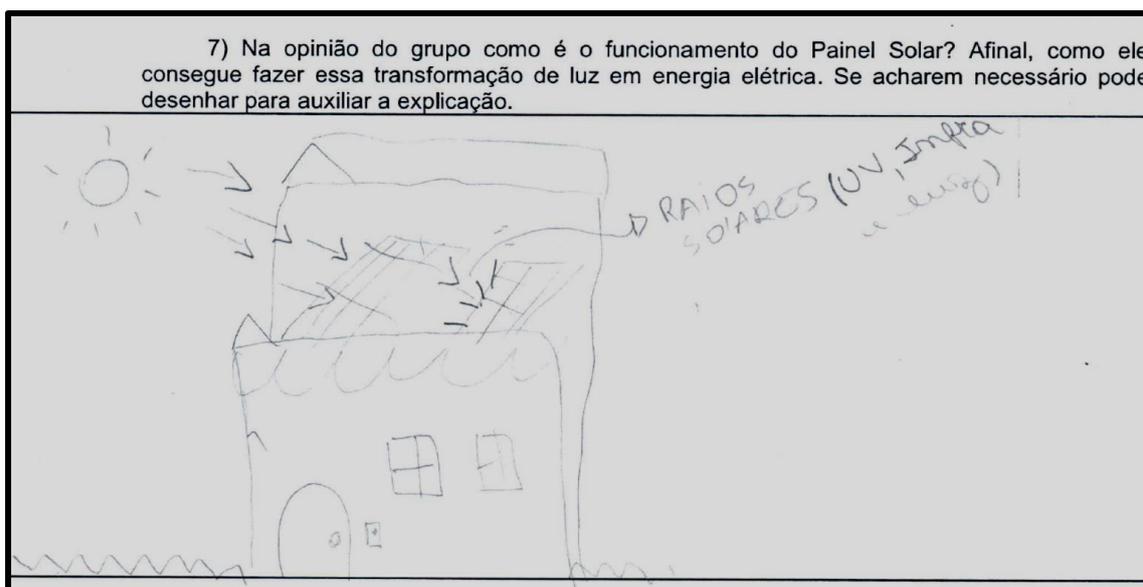


Figura 52: Resposta do grupo²⁰
Fonte: os autores

De acordo a resposta, notamos que o grupo optou por representar a luz como se fossem raios, ilustrados pela seta, ao invés de ondas. Possivelmente influenciados pela fala dos turnos 367 e 368 onde disseram "raios solares", encerrando a primeira etapa desse dia.

Em seguida, continuaram o restante da atividade, onde se busca compreender o funcionamento do painel através do fenômeno do Efeito Fotoelétrico.

5.4.3 Episódio 03 - Compreendendo o Efeito Fotoelétrico

O roteiro 2 - Conhecendo o painel Fotovoltaico - traz dois quadros com a explicação do fenômeno, um com o enunciado do efeito fotoelétrico e o

²⁰ Legenda: →Raios Solares (UV, Infra e Luz)

segundo com as principais ideias que embasam esse fenômeno, ambos escrito pelos autores deste trabalho.

Quadro 1 - Explicação do Efeito Fotoelétrico

Existe um fenômeno que explica a transformação da luz em corrente elétrica ao ser incidida sobre uma superfície metálica. Como já vimos anteriormente a luz transporta energia, ao interagir com os elétrons do metal vai ceder a esses uma determinada energia, correspondente à qualidade da luz, assim os elétrons do metal são arrancados originando uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado de **Efeito Fotoelétrico**.

Fonte: os autores

Quadro 2 - Ideias principais

Esse fenômeno só foi explicado devido às ideias de Planck, que levanta a ideia sobre a quantização da radiação e vai matematizar, enquanto Einstein propôs a ideia do fóton de luz ou quanta de luz. Mas o que isso significa?

1. Planck mostrou que a energia da Luz é "quantizada", ou seja, vem em pacotes de energia. E cada pacote possui o valor de:

$$E = h \cdot f$$

Sendo f a frequência da luz e h uma constante chamada de Constante de Planck.

2. Einstein "*analisou a luz como se realmente fosse feita de partículas minúsculas - chamou-as de quanta de luz - em vez de ser uma onda contínua.*" (Issacson, W. p.114).

Fonte: os autores

Apesar de estar escrito a definição do Efeito Fotoelétrico na folha da atividade, o grupo teve uma grande dificuldade de entendê-lo, por isso foi separado somente um episódio da transcrição para essa parte. Que se inicia com a leitura da pergunta número 9 que vem posterior às explicações.

TURNOS	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
435	Maria	Com a explicação dada no trecho acima, ilustre novamente como deve ser o funcionamento de um Painel Solar. Em relação ao primeiro desenho feito pelo grupo, houve mudança na explicação? Não, não houve	Lendo a pergunta nº9	Levantamento de Hipótese
436	Professor	Mudou nada então? Qual a diferença de antes para agora? Antes a gente achava que a luz era o que...	Questionando a ideia apresentada.	
437	Luiza	A gente achava o que?	Risos	
438	Professor	Era o que... o que vocês desenharam ali?	"Ali" apontando para a outra folha. Guiando a	

			discussão.	
439	Maria	Um... aquele negócio... tipo, é...	Gestos com a mão.	
440	Professor	Um Raio	Guiando a discussão.	
441	Luiza	Um raio.		Explicação
442	Mario	Radiação		Explicação
443	Professor	Tá bom, uma radiação.	Concordando com a resposta dada.	
444	Maria	Isso!..		
445	Professor	Como a gente desenhava a "radiação"... desenhamos o ano inteiro isso, lá em Ondas	Associando um conceito já trabalho com a atividade. "Ondas" foi visto na segunda série, ano passado.	

Neste ponto apareceram algumas dúvidas sobre ondas, onde a aluna **Maria** não estava associando a palavra “Radiação” com os conceitos estudados até o momento, fazendo com que o professor explicasse brevemente essa relação. Relembrou a aula do ano anterior, onde levou para a sala uma mola para reproduzir a oscilação transversal.

Logo em seguida o grupo encarou o problema com a interpretação de texto. O professor notou que estavam desorientados, pediu para a **Luiza** ler em voz alta e pausadamente. Com essa primeira interpretação se iniciou um diálogo entre ela e o professor, com afirmações picotadas e confusas do fenômeno. Ao desenhar sua ideia, ilustrada na figura 43, ela concluiu que o elétron cedia energia para alguém.

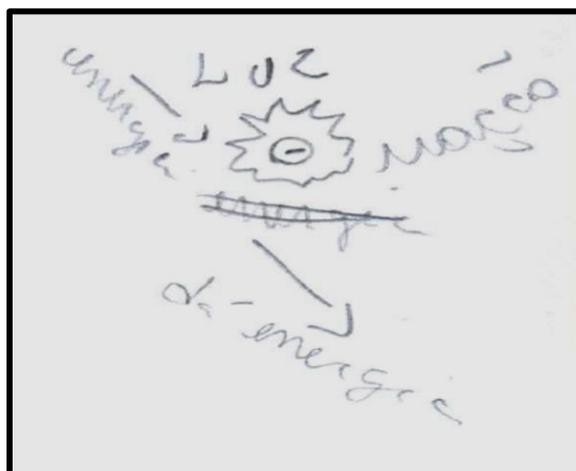


Figura 53: Resposta do grupo²¹

²¹ Legenda: Luz (energia) → dá energia

Fonte: os autores

O resto do grupo somente a acompanhava. Notando isso o professor fez todos lerem novamente o texto. Após essa leitura, conseguiram entender o fenômeno e a Luiza apresentou seu raciocínio.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
522	Luiza	AH, entendi! A luz tem energia, ai a luz vai e cede um pouquinho de energia pro metal. Entendi. Não sabia que a luz transportava energia, acabei de descobrir, agora tudo faz sentido.		Raciocínio Lógico
523	Maria	Oi?		
524	Luiza	A luz tinha energia. Ai...		Organização de informação
525	Marcela	Aqui ó, os elétrons recebem.		
526	Luiza	Eu acabei de falar. A luz transporta energia, e essa energia vai interagir com os elétrons.		Raciocínio Lógico (reforçando)

Uma vez compreendida a situação, as duas alunas chamaram o professor para verificar.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
544	Marcela	PROFESSOR , vê se é isso que eu e LUIZA pensamos.		
546	Luiza	Tem a luz, ai a luz da energia, ela tem energia não tem?		Raciocínio Lógico
546	Professor	A luz tem energia...	Acompanhando o raciocínio.	
547	Luiza	Ai o metal tem o que? Elétrons		Raciocínio Lógico
548	Professor	Até que ela queima e cozinha... O metal tem elétrons.	Acompanhando o raciocínio e respondendo a pergunta.	
549	Luiza	Ai a luz vai e reage com esse elétron...		Raciocínio Lógico
550	Marcela	Do metal.		
551	Professor	Hmm.. do metal.	Acompanhando o raciocínio.	
552	Marcela	Ai tem essa reação, e ele vai e cede energia, para a gente poder acender a luz.		Raciocínio Lógico
553	Professor	Mas o que acontece com o elétron quando ele recebe essa energia? Ele fica paradinho?	Guiando a discussão para	

			o entendimento total do fenômeno.	
554	Luiza	Ele fica agitado		Teste de Hipótese
555	Professor	Ele agita?	Questionando.	
556	Luiza	Acho que fica agitado, faz assim ó "psiu psiu"		Justificativa
557	Professor	Tem uma palavrinha bonita ai, ele é...	Pedindo atenção na leitura.	
558	Maria	Carregado... energizado. não sei... do que você está falando,,		Levantamento de Hipótese
559	Professor	Ele é arrancado gente.		
560	Marcela	Arrancado	Frisando	
561	Maria	Ele é o que?		
562	Professor	Arrancado.	Repetindo	
563	Mario	Que bruto.		
564	Luiza	Mas aqui não está escrito arrancado.		
565	Professor		Lendo, procurando a parte escrita.	
566	Marcela	Aqui ó, "assim os elétrons do metal são arrancados originando uma corrente elétrica"		Seriação de Informação
567	Luiza	Por que? Tadinhos		
568	Professor	Porque para ter corrente precisa de movimento de elétrons.	Relembrando o conceito de corrente elétrica.	
569	Luiza	Precisa.		
570	Professor	Então não adianta a gente dar energia e o elétron ficar paradinho.		
571	Luiza	Mas ele fica assim ó	Agitando as mãos	
572	Professor	Ele precisa ter o que...	Repetindo a ideia	
573	Marcela	Movimento.	Completando a fala do professor.	Justificativa
574	Professor	Movimento! Olha... com isso que a gente cria essa energia. Então conforme a gente bota o painel no Sol, tem os elétrons dele que estão sendo arrancados, devido a luz, e tá se movimentando.	Finalizando a discussão ao relacionar as ideias discutidas.	
575	Joana	Hmmmm, entendi um pouco.		
576	Maria	Entendi.		

Agora que interpretaram melhor o processo do efeito fotoelétrico, o professor refaz a pergunta número 9 se houve alteração na explicação do painel fotovoltaico.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
577	Professor	Entendeu? Agora quero que vocês desenhem isso, será que mudou a opinião de vocês em relação ao primeiro desenho.	Repetindo a pergunta da atividade.	
578	Joana	Não	Aluna que chegou atrasada.	
579	Professor	No primeiro desenho vocês desenharam o que?	Ajudando o grupo com a pergunta.	
580	Luiza	Feixe de luz		Raciocínio Lógico
581	Professor	Feixe de luz, tá bom?	Confirmando a resposta.	
582	Maria	Tá errado?		
583	Professor	Que era o que... uma onda eletromagnética... agora usando... Essa ideia do Efeito Fotoelétrico, a luz precisa ser o que? Precisa ser uma onda? Um raio de luz?	Questionando o grupo em relação ao texto lido.	
584	Maria	Não... precisa ser alguma coisa		
585	Joana	Um pacotinho de luz		Levantamento de Hipótese
586	Professor	Um pacotinho, uma pelota de luz, como nosso querido Einstein falou. Ele deu um nome para isso, qual o nome?	Confirmando a hipótese e perguntando mais sobre.	
587	Joana	Eeeee... Efeito fotoelétrico?		
588	Professor	Não, está aqui em baixo gente. Ninguém leu minha folha né...	Apontando no texto.	
589	Joana	Quanta de luz!!		Justificativa
590	Marcela	Eu li sim		
591	Maria	Eu li, só não entendi.		
592	Professor	Quantum de luz! Então a luz agora, pelas ideias desses caras virou o que? Um quantum, um pacotinho de luz.	Associando as informações do texto.	
593	Joana	Quantum luz		
594	Professor	Então a nossa ideia de onda de luz prevaleceu?	Finalizando a discussão.	
595	Marcela/Luiza	Não.		

O grupo formalizou sua resposta conforme mostrado da figura abaixo

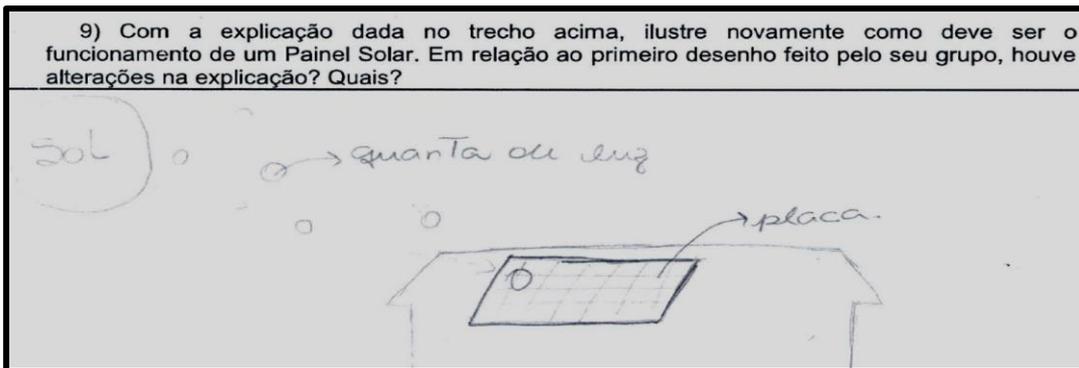


Figura 54: Resposta do grupo²²
Fonte: os autores

5.4.4 Episódio 04 – Radiação, Função Trabalho e Equação do Efeito Fotoelétrico.

Neste último episódio da atividade é apresentado como foi feita a discussão dos alunos sobre os conceitos físicos para entenderem o funcionamento do Painel Solar.

Após terminarem o desenho da questão 9, no roteiro aparecem dois gráficos, um do espectro eletromagnético (figura 55) outro da emissão de radiação Solar com destaque escuro para radiação absorvida pelo painel fotovoltaico (figura 56)

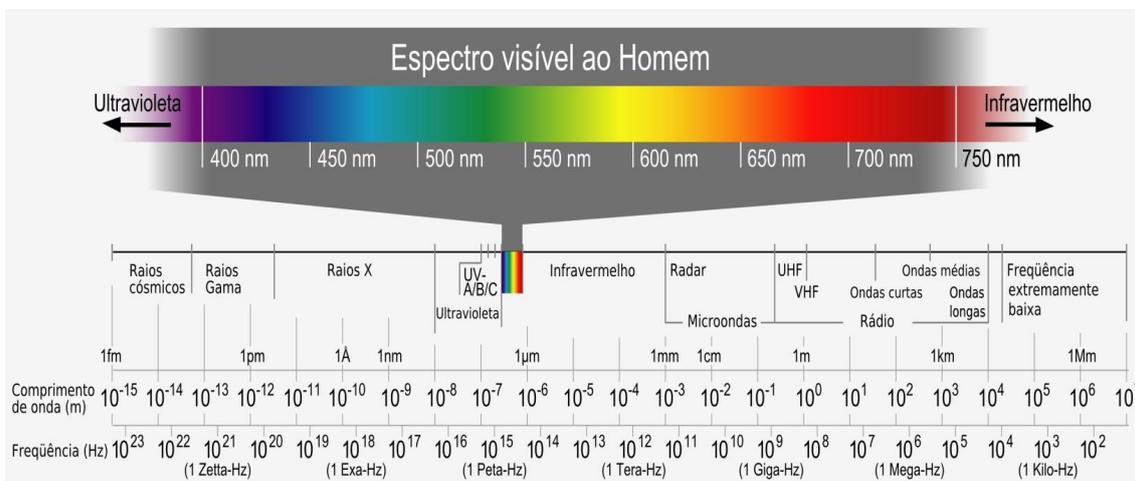


Figura 55: Gráfico do espectro eletromagnético
Fonte: Wikipédia (2019)

²² Legenda: "quanta de luz" e "placa"

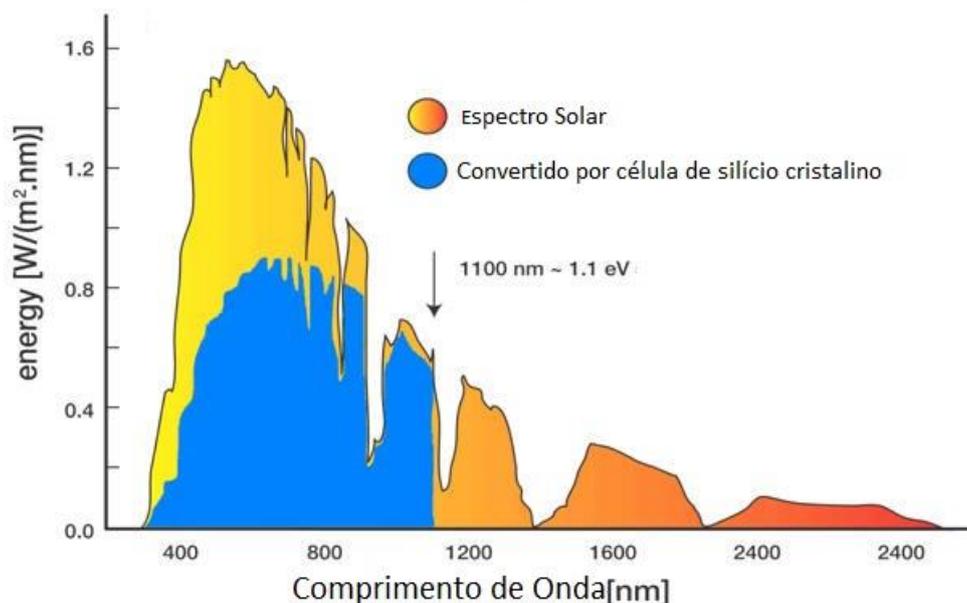


Figura 56: Radiação absorvida pelo painel fotovoltaico
 Fonte: Adaptada de Liu (2009)

Na questão número 10 foi feita a seguinte pergunta: "A seguir, temos novamente o espectro da radiação solar, sendo que desta vez há um destaque para a radiação utilizada pela placa solar. Analisando a legenda da figura, identifique qual(is) radiação eletromagnética é convertida em energia elétrica pela célula solar".

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
622	Professor	E ai gente?		
623	Luiza	Identifique quais radiações... Ta.		
624	Professor	Acharam quais radiações?	Questionando o grupo.	
625	Luiza	É a luz.		Levantamento de Hipótese
626	Professor	Só a luz?	Questionando o grupo.	
627	Luiza	Acho que é só a Luz.		Justificativa
628	Professor	Porque repare que essa área vermelha...	Pedindo para interpretarem o gráfico.	
629	Mario	Que área vermelha?		
630	Professor	Escuro, embaixo dessa área escura, é de quanto até quanto.	Apontando na imagem.	
631	Mario	De 400 até... é isso.		Raciocínio Proporcional
632	Luiza	Até mil...		
633	Mario	Até mil e pouco		Raciocínio Proporcional
634	Luiza	Mil e cem.		

635	Professor	Até a setinha aqui, até 1100. Então de 400 até 1100, comprimento de ondas em nanômetros. De 400 até 1100 vai estar mais ou menos aonde.	Comparando os dois gráficos	
636	Luiza	Vai do início da... do fim da Ultravioleta, até ..	Olhando no gráfico.	Levantamento de Hipótese
637	Professor	Fim do UV até...	Acompanhando o raciocínio	
638	Luiza	Até... muito longe.		
639	Mario	Até o Infravermelho.		Levantamento de Hipótese
640	Professor	Muito longe? O que são 1100nm...A gente olha...	Elaborando a relação matemática.	
641	Luiza	Boa pergunta		
642	Professor	São 1100nm, Nanômetro... pensa comigo, nanômetro é dez a menos nove. 1000 são 3 zerinhos.	Elaborando a relação matemática	
643	Mario	Então é doze. Menos doze		
644	Professor	Não, a gente soma. Três com menos 9.. Menos 6, menos seis fica aonde?	Ajudando na conversão das unidades.	
645	Luiza	Na luz		Levantamento de Hipótese
646	Professor	Ali, qual tipo de radiação. Mais ou menos por aqui né.	Orientando no gráfico.	
647	Luiza	É colorido.		Levantamento de Hipótese
648	Professor	Que luz que é essa?	Perguntando sobre a radiação encontrada.	
649	Maria	Infravermelho.		Levantamento de Hipótese

Com o grupo todo participando a análise foi realizada com rapidez, apresentando uma melhora do que a do primeiro dia de atividade e obtiveram a resposta conforme a figura abaixo.

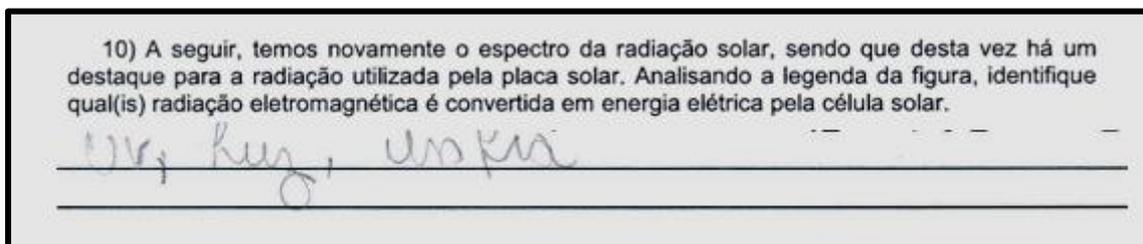


Figura 57: Resposta do grupo²³
Fonte: os autores

²³ Legenda: UV, Luz e Infra.

Após o professor se retirar da discussão, indo para o outro grupo, a aluna Luiza nota que os seus colegas pararam de ajuda-la e responde sozinha o item b da questão 10, "Qual radiação que o painel solar mais absorve?".

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
663	Luiza	Agora é o que ele mais absorve. É o que está maior né? Eu risquei isso em algum lugar. Quanto é que é que está maior. É a luz, não é? Luz. Estou fazendo sozinho, estou me sentindo muito excluída.	Irritada com o grupo por estar fazendo sozinha.	Levantamento de Hipótese e Explicação
664	Maria	Estou prestando atenção		
665	Marcela	Estou cuidando do meu olho.	Algo caiu no olho dela	

Ela associou que a radiação mais absorvida era a mais "alta" ao analisar o gráfico, sendo que o eixo vertical era correspondente à irradiância, com isso sua resposta foi a luz conforme mostrado na figura abaixo.

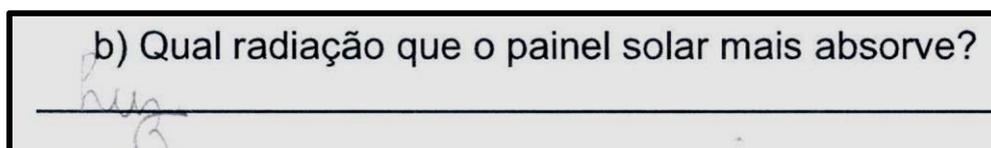


Figura 58: Resposta do grupo ²⁴
Fonte: os autores

Após a reclamação da Luiza por estar fazendo tudo sozinha, o grupo se conscientizou e voltou a ajudá-la. A próxima pergunta era a número 11: "Vimos no Efeito Fotoelétrico que a luz cede energia para os elétrons de tal forma que os arranquem da superfície metálica. Para conseguir esse efeito, a luz precisa ter uma energia mínima para romper a ligação do elétron com seu átomo. Essa energia mínima é chamada de Função Trabalho". Item a: "Se a energia do fóton for menor que energia mínima, o que acontecerá? Justifique".

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
677	Maria	Se a energia do fóton for menor que energia mínima, o que acontecerá? Justifique... Exatamente não acontecerá nada. Olha só... "Para conseguir esse efeito, a luz precisa ter uma energia mínima para romper a ligação do elétron com seu átomo. Essa	Lendo o enunciado	Levantamento de Hipótese

²⁴ Resposta: Luz

		energia mínima é chamada de Função Trabalho”		
678	Luiza	Eu já li isso. Tal.		
679	Mario	Não vai quebrar!		Levantamento de Hipótese
680	Luiza	Não vai acontecer nada.		Levantamento de Hipótese
681	Joana	Explode		
682	Professor	Não explode. Vai acontecer...	Eliminando a ideia exagerada da aluna.	
683	Mario	Não vai quebrar.		Justificativa
684	Professor	Não vai ser o suficiente para o que...	Ajudando a finalizarem a resposta.	
685	Mario	Quebrar.	Repetindo	
686	Maria	Tirar.		
687	Professor	Quebrar o que?	Orientando	
688	Maria	A ligação do elétron com seu átomo. Viu, é que estou focada		Explicação
		{...}	Conversa paralela	
691	Joana	Se a energia do fóton for igual a função trabalho? O que vai acontecer? Justifique	Lendo Item B da questão número 11.	
692	Luiza	Vai gerar energia		Levantamento de Hipótese
693	Mario	Não vai quebrar também. Tem que ser mais, não é?		Teste de Hipótese
694	Luiza	Gera energia né.	Reforçando	Levantamento de Hipótese
695	Maria	Não.	Respondendo o Mario	Justificativa
696	Mario	Ele não falou que tem que ser maior?		Teste de Hipótese
697	Luiza	Claro que sim.		
698	Maria	Não, olha só...		
699	Joana	Se no menor ele não faz nada, no igual vai começar a fazer.		Explicação
700	Luiza	É.		Justificativa
701	Mario	Não, acho que no igual ainda não faz porque precisa ser maior.		Levantamento de Hipótese
702	Luiza	Não.		Justificativa
703	Maria	Achei que explodia também, ele disse que não explodia.		
704	Luiza	Não explode nunca.		
705	Mario	Então, tem que ser maior né amiga		
706	Luiza	Olha, se for maior FT vai gerar energia, mas vai gerar bastante. Se for igual FT só	“FT” se referindo	Previsão

		vai gerar energia. Ali ó..	a função trabalho	
707	Maria	Mas aí não vai fazer sentido		Justificativa
708	Luiza	Para conseguir esse efeito a luz precisa ter uma energia MINIMA..	Lendo o enunciado	Organização de Informação
709	Maria	Sim		
710	Mario	E qual é a energia mínima?		Raciocínio Lógico
711	Luiza	A FT		Explicação
712	Mario	E quanto é isso?		
713	Luiza	Ninguém sabe. Professor!		Justificativa

Mario apresentou sua dúvida ao professor que para resolvê-la recorre à mesma ideia que a Luiza, a definição de Função Trabalho, que como é a energia mínima, ao alcançar esse valor a luz já arranca elétrons da placa, ocasionando produção de energia elétrica. Aproveitando a deixa, o professor faz a pergunta do item c *"Se a energia do fóton for maior que a Função Trabalho? O excesso de energia será utilizado? Explique as respostas"*.

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
738	Professor	E se for maior?	Questionando a possibilidade.	
739	Luiza	Vai gerar muita energia, ai vai gerar muita luz e vai ascender todas as luzes.		Levantamento de Hipótese
740	Professor	Mas o elétron vai usar essa energia a mais com o que?	Orientando a discussão.	
741	Luiza	Não sei.		
742	Professor	O elétron.... Precisa o que para gerar luz? MOVIMENTO gente...	Fazendo um círculo com as mãos.	
743	Marcela	Ah é, movimento, vai gerar uma corrente elétrica né?		Previsão
744	Professor	Isso, mas vai usar essa energia em qual forma? Qual é essa energia do movimento? Em MARCELA , que você falou do movimento dos elétrons.	Confirmando a previsão e questionando a forma de energia.	
745	Marcela	Calor		Levantamento de Hipótese
746	Professor	Calor não.	Descartando a ideia apresentada.	
747	Mario	Cinética.		Justificativa
748	Professor	Sim!		
749	Mario	Sério? Uoooo	Comemorando	

750	Professor	Para ele ter movimento ele precisa da Energia Cinética.	Finalizando a discussão.	
-----	-----------	---	--------------------------	--

Nesse diálogo podemos notar que o professor saiu da postura que deveria ter em uma atividade investigativa, pois, ao tentar orientar o grupo ele forneceu a resposta (turno 742) da própria pergunta (turno 740). O correto seria ajudar os alunos a alcançarem essa ideia, isso aconteceu devido ao pouco tempo restante para a atividade. O grupo então formula as seguintes respostas:

11) Vimos no Efeito Fotoelétrico que a luz cede energia para os elétrons de tal forma que os arranquem da superfície metálica. Para conseguir esse efeito, a luz precisa ter uma energia mínima para romper a ligação do elétron com seu átomo. Essa energia mínima é chamada de Função Trabalho.

a) Se a energia do fóton for menor que energia mínima, o que acontecerá? Justifique
Nada, pq não vai gerar a FT.

b) Se a energia do fóton for igual a Função Trabalho, o que vai acontecer? Justifique
Vai arrancar, mas não gera energia elétrica.

c) Se a energia do fóton for maior que a Função Trabalho? O excesso de energia será utilizado? Explique as respostas
Arranca os elétrons e gera uma corrente elétrica.

Figura 59: Resposta do grupo ²⁵
 Fonte: os autores

No item “b” podemos notar que, apesar do grupo ter discutido e concordado que os elétrons são arrancados da placa, concluíram que não vai gerar energia elétrica nessa situação, apenas se a energia do fóton for maior que a Função Trabalho.

Se encaminhando para o término da aula restaram três perguntas para serem respondidas. Na pergunta seguinte, número 12, era necessário fazer cálculos para verificar a frequência necessária que o fóton precisaria ter para arrancar os elétrons dos materiais abordados.

Assim que terminaram o primeiro cálculo, se preocupando com o tempo o professor deu uma dica para o grupo, reparar na notação científica dos valores, ajudando-os nessa relação. Ao seguirem esse raciocínio notaram que a potência seria sempre 10^{15} e concluíram que a frequência de corte sempre se daria na faixa do ultravioleta, como respondido no item a.

²⁵ Legenda: Item a: "Nada, pq não vai gerar a FT" ; Item b: "Vai arrancar, mas não gera energia elétrica"; item c: "Arranca os elétrons e gera uma corrente elétrica".

12) Na tabela abaixo temos a Função Trabalho de cinco tipos de metais, encontre a frequência necessária que o fóton tem que ter para arrancar os elétrons nesses casos. Considere $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J/s}$ para a constante de Planck

Metal	Função Trabalho (J)
Sódio	$3,65 \cdot 10^{-19}$
Alumínio	$6,53 \cdot 10^{-19}$
Zinco	$6,90 \cdot 10^{-19}$
Ferro	$7,20 \cdot 10^{-19}$
Prata	$7,57 \cdot 10^{-19}$

$E = h \cdot f$
 $3,65 \cdot 10^{-19} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot f$
 $\frac{3,65 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 0,5505 \times 10^{15}$
 -19 (-34)
 15

a) Analisando o Espectro Eletromagnético, a partir de qual radiação que acontece o Efeito Fotoelétrico nesses materiais?
 Do UV em diante

b) Seria proveitoso usar painéis solares desses materiais?
 Não.

Figura 60: Resposta do grupo²⁶
 Fonte: os autores

Os elementos que fugiram dessa dica do professor foi o Sódio e o Alumínio, pois o valor da razão E/h era menor que 1×10^{15} , logo sua frequência de corte dava na faixa do infravermelho, como mostrado no cálculo dos alunos no caso do Sódio, pode ser escrito como $5,5 \times 10^{14}$ Hz. Na sequência era pedido para responderem "Porque a célula fotovoltaica não aproveita toda radiação Solar".

TURNO	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
811	Maria	Por que o painel fotovoltaico não aproveita toda energia solar?	Lendo a questão 13	
812	Luiza	Porque ela é curva.		Levantamento de Hipótese
813	Marcela	Não, foi aquilo que ele falou que da radiação mínima, não é ?		Levantamento de Hipótese
814	Luiza	Uhum... É.		Justificativa
815	Luiza	A "B" é não, a 13 é..	Item "b" da questão anterior	
816	Marcela	Não foi aquilo que ele falou da radiação mínima.	Repetindo	Levantamento de Hipótese
817	Luiza	Que precisa de uma... uma... radiação... qual o nome mínimo? De um FT.		Explicação
818	Maria	"Pois é necessário,"	Escrevendo a resposta	Raciocínio Lógico
819	Marcela	Que tenha o negócio mínimo.		

²⁶ Legenda: item a: "Do UV em diante" ; item b: "Não".

820	Luiza	O negócio mínimo e acabou é isso ai.		
-----	-------	--------------------------------------	--	--

O grupo conseguiu associar rapidamente a ideia da função trabalho com o não aproveitamento do painel solar, conforme mostrado na figura 61

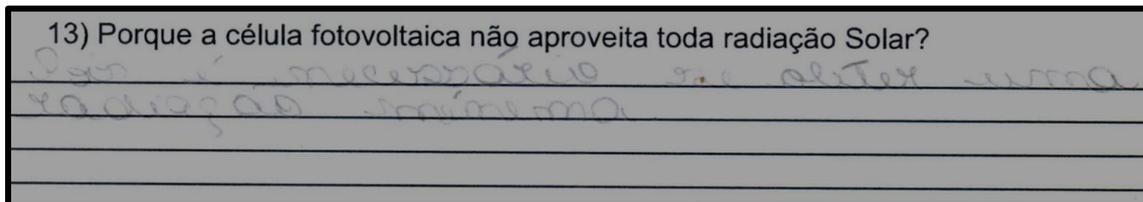


Figura 61: Resposta do grupo²⁷
Fonte: os autores

A pergunta número 14: "*Vimos que a radiação tem energia $h \cdot f$, anteriormente foi apresentado a energia mínima que o elétron precisa para ser arrancado da placa, função trabalho (ϕ). Escreva a equação matemática que expressa a energia que o elétron adquire após sair do metal.*", é uma das mais importantes da atividade, pois, é necessário conectar matematicamente todos os tópicos trabalhados neste dia.

TURNOS	NOME	FALA	BREVE COMENTÁRIO	INDICADORES
821	Maria	Escreva a equação matemática que expressa a energia que o elétron adquire após sair do metal	Lendo a questão 14	
822	Luiza	Função trabalho é o zero riscado		
823	Professor	Como... Qual vai ser essa energia que a gente precisa, essa energia do movimento. para ela se manter	Orientando na construção da relação matemática.	
824	Joana	Faz J (função trabalho) igual h vezes f		Levantamento de Hipótese
825	Professor/ Luiza	J?		
826	Joana	Função trabalho.		
827	Luiza	FT é bolinha com risquinho.		
829	Professor	Temos que pensar como se fosse energia ai. Qual vai ser a energia que ele tem? Qual vai ser a relação da energia que está vindo, que é da luz, com essa energia da função trabalho.	Orientando na construção da relação matemática	
830	Luiza	Tem que ser no mínimo igual, não é?		Levantamento de Hipótese
831	Professor	Mas como a gente escreve matematicamente. É vezes, mais,	Orientando na construção da	

²⁷ Legenda: "Pois é necessário se obter uma radiação mínima".

		menos, dividido... como a gente monta isso aí? A energia que o elétron vai ter, vai ser a energia que ele recebe, mas ele precisa superar quem?	relação matemática	
832	Luiza	A energia mínima, então pode botar é... O zero com bolinha riscado é menor que h vezes f.		Justificativa e Explicação
834	Professor	Mas isso tudo é igual a o que?		
835	Maria	Vezez H o que?		
836	Luiza	Menor que... esse negócio tem que ser menor que.		
837 até 842		{..}	Conversas paralelas, mudaram de assunto	
843	Professor	Apresentei alguns caras para vocês, o E, que é hf que é energia. Apresentei função trabalho e tem mais um cara aí no meio que o MARIO comentou.	Relacionando as incógnitas.	
844	Luiza	Pode ser é E igual a h vezes f maior que FT. Bota desse jeito, vê se fica bom.		Explicação

As relações escritas por eles expressam a condição para o Efeito Fotoelétrico acontecer, a energia do fóton ser maior que a função trabalho, chegando muito próximo do que era esperado. Faltou a conexão com a ideia da energia cinética.

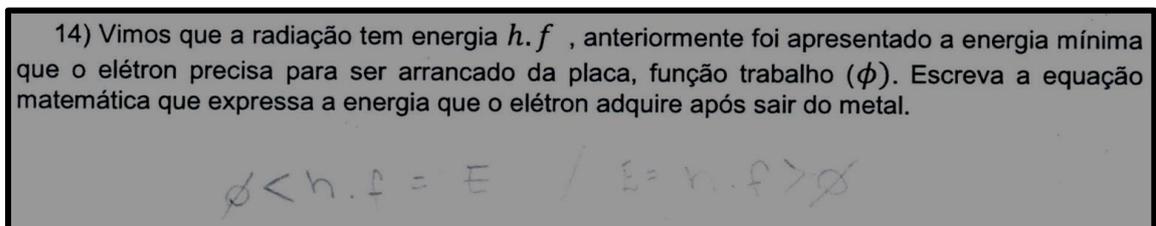


Figura 62: Resposta do grupo ²⁸

Fonte: os autores

Infelizmente o tempo não foi suficiente para responderem a última questão que pedia para construírem uma explicação desse fenômeno com suas próprias palavras. Sendo assim, aqui se encerra a análise da fala dos alunos durante toda a SEI.

Ao termino desse episódio é possível notar a participação dos alunos durante toda a atividade foi feita de maneira ativa, se mantiveram presente ao longo das várias etapas propostas. O material possibilitou motivação aos

²⁸ Legenda: " $\Phi < h.f = E$ e $E = h.f > \Phi$ "

alunos, mudando a dinâmica em cada dia para que eles não perdessem o entrosamento com o tema e continuassem investigando. Cumprindo assim um dos objetivos de uma Atividade Investigaram que é, tirar o aluno da postura passiva e torna-lo construtor de seu conhecimento. Nesse episódio específico, eles conseguiram entender o ponto principal proposto pela atividade que é a compreensão da conversão da energia solar em energia elétrica.

Capítulo 6:

Considerações Finais

Esta atividade de ensino foi elaborada sobre enfoques atuais de ensino de Física que visam a participação do aluno e a contextualização da atividade, com intuito de mudar o status quo da sala de aula e levar aos alunos um aprendizado mais humanístico da ciência.

Os conteúdos trabalhados foram retirados de um problema atual e todo o seu desenvolvimento foi criado para os estudantes compreenderem determinados conhecimentos científicos e tecnológicos. Nossos objetivos estão em comum sentido com o documento oficial vigente na educação, a BNCC (MEC,2018), se localizando dentro da competência específica 1 da Ciência da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (pag.554)

E ainda abraça as seguintes habilidades:

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(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, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de

exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. (EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais. (Grifo dos autores - pag. 555)

Apesar da construção deste material não ter sido elaborado com base na BNCC, e deixando toda a discussão sobre o documento de lado, ter um documento oficial se preocupando com uma formação mais ampla do cidadão revigora a necessidade de atividades como esta, para levar a educação científica através das relações tecnológicas e sociais que permeiam o cotidiano do aluno.

Os cuidados que tivemos durante a preparação do material foram necessários para superar os problemas que um professor do ensino médio enfrenta nos dias de hoje: o número excessivo de alunos em sala de aula e o pouco tempo disponível por semana. Nessas condições de trabalho, a maioria dos professores do nível médio, não podendo alcançar os dois conceitos básicos do ensino por investigação – organização de problemas e liberdade intelectual para os alunos – têm grande dificuldade de trabalhar com as sequências de ensino investigativo, mesmo que sejam eles os próprios autores das sequências. (Carvalho, 2018)

Entretanto, dado a realidade da escola onde ocorreu a aplicação, foi possível burlar esses problemas, pois, além do apoio da coordenação em permitir que este projeto acontecesse, as turmas possuíam doze alunos. Boa parte deles foram meus estudantes no ano anterior, melhorando assim a interação professor/aluno.

Em relação ao tempo, esse sim foi o grande vilão, com apenas dois tempos semanais. A divisão da atividade precisou ser bem planejada. Pude perceber que os roteiros podem ser otimizados para o melhor rendimento dos alunos. E preciso destacar o empenho dos alunos para acompanhar todo o

projeto, porque eram as ultimas semanas de aula do último ano letivo que tiveram na escola.

Para um professor construir uma SEI fora de uma pós-graduação, trabalho de monografia ou iniciação à docência, é muito complicado devido à realidade do mercado em que está inserido, tendo necessidade de trabalhar em várias escolas, somado aos problemas abordados anteriormente. O que é contrastante com os resultados encontrados em atividades como esta, isto é, uma sala de aula mais participativa, interessada em discutir, ou seja, engajada com sua aprendizagem.

Os dados analisados nos mostram que a turma conseguiu mudar sua postura em sala de aula e alcançaram as atitudes de uma atividade investigativa: pensaram, falaram, leram e escreveram com estrutura, argumentos, criticando e mostrando confiança nas ideias expostas.

No primeiro episódio analisado, durante o Debate sobre a Matriz Energética, os estudantes apresentaram argumentos políticos e sociais relevantes para a discussão, conseguiram defender seus pontos de vistas e ir contra aos outros e tomaram a decisão sobre a energia solar com confiança.

No segundo dia, com o titulo Investigando a Radiação Solar, os alunos periciaram e relacionaram o material experimental com êxito, conseguindo associar com a atmosfera e encontrando a função de cada elemento. Na sequencia, durante o cozimento, responderam de maneira satisfatória o roteiro apresentando boa discussão e participação, se complicando um pouco durante a análise dos gráficos, que era algo esperado.

No terceiro dia os alunos associaram o forno solar com duas tecnologias que fazem uso da energia solar e conseguiram verificar as transformações energéticas que ocorreram. Na continuidade, o grupo de alunos cujas falas foram transcritas teve dificuldade em diferenciar o ultravioleta do infravermelho, devido à concepção de que o responsável pelo bronzeamento é o ultravioleta, logo ele é a radiação que aquece. Porém ao final conseguiram diferenciar as funções das radiações, para que na parte experimental verificassem os problemas de ficarem expostos ao Sol sem proteção.

No ultimo dia, Entendendo o Painel Fotovoltaico, apesar de a aula começar com poucos alunos, houve um bom resultado experimental, onde os alunos conseguiram verificar a relação inversa do bronzeamento com a

proteção, ou seja, com mais proteção temos menos bronzeado. Em seguida, responderam o roteiro com suas concepções sobre o painel solar e atingiram o que era esperado, relacionando as características da luz com os conceitos ondulatórios. Na continuidade, apresentaram dificuldade com a interpretação do efeito fotoelétrico e da quantização de energia, reforçando a dificuldade desses conceitos para os alunos do ensino médio. Porém, assim que assimilados, responderam o restante do roteiro de maneira coerente e ciente dos questionamentos, alcançando uma relação matemática satisfatória.

Para finalizar destacamos a necessidade de levar o conhecimento científico contextualizado com a realidade do aluno de maneira acessível para que ele possa ver que a ciência permeia o ambiente ao seu redor, estando presente nas tecnologias e influenciando a sociedade. Desta forma, foi destacado para o aluno, que é preciso ter o "saber científico" para que possa participar das discussões e tomar decisões sobre seus impactos.

Capítulo 7:

Referências Bibliográficas

AGUIAR JR, O. . Sequências de Ensino de Física Orientados pela Pesquisa: experiências do PIBID e Promestre UFMG. 1. ed. Belo Horizonte: Fapemig, 2018. 268p.

ANA, Agência Nacional das Águas (Brasil), Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica. ANA, 2017. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acessado em: 29 set. 2019.

ANAEEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil), Matriz de Energia Elétrica. ANAEEEL, 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acessado em: 13 de out. 2018.

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Orgs.). STS education: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994. p. 47-59.

_____, G. S. STS education: a rose by any other name. In: CROSS, R. (Org.). A vision for science education: responding to the work of Peter Fensham. London, UK: RoutledgeFalmer, 2003. p. 59-75.

_____, G. S. Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. Educación Química, México, v. 16, n. 2, p. 304-315, 2005. Disponível em: <https://andoni.garritz.com/documentos/aikenhead_a_rose_by_any_other_name.pdf>. Acessado em: 228 de Jan de 2020

_____, G. S. Science education for everyday life: evidence-based practice. New York, USA: Teachers College Press, 2006.

_____, G. S. Educação científica para todos. Tradução de Maria Teresa de Oliveira. Editora Pedagogo, 2009. p.187.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. (Org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira, 2004, p. 19-33.

BACCARO, A. L. B.; GUTZ, I. G. R.. FOTOELETROCATÁLISE EM SEMICONDUTORES: DOS PRINCÍPIOS BÁSICOS ATÉ SUA CONFORMAÇÃO À NANOESCALA. Quím. Nova, São Paulo , v. 41, n. 3, p. 326-339, Mar. 2018 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422018000300326&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 11 de Setembro 2019.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). Parâmetros Nacionais para o Ensino Médio: Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

_____, Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB). Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006.

_____, Ministério da Educação (MEC) Universidade paraibana ensina famílias a utilizar fogão solar. Brasília: MEC, 2011. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/212-educacao-superior-1690610854/16631-universidade-paraibana-ensina-familias-a-utilizar-fogao-solar>>. Acessado em: 29 set. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC), Conselho Nacional de Educação (CNE), Câmara de Educação Básica (CEB). Diretrizes Curriculares Nacionais

para o Ensino Médio. Resolução CEB nº2, de 30 de janeiro 2012. Brasília: MEC/CNE/CEB, 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Acordo de Paris. Brasília: MMA, 2016. Disponível em: < <https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acessado em: 29 set. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC). Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versao_final_site.pdf>. Acessado em: 29 set. 2019.

_____. Congresso. Senado. Decreto legislativo nº 144, 20 de junho de 2002. Brasília, 2002. Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/2002/decretolegislativo-144-20-junho-2002-458772-protocolo-1-pl.html>>. Acessado em: 29 set. 2019.

BLUESOL, Os sistemas de energia solar fotovoltaica - Livro digital de introdução aos sistemas solares. Disponível em: <<https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

CARVALHO, A. M P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas- (SEI). In: O uno e o diverso na educação, 2011.

_____. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 18(3), 765-794, 2018.

CARVALHO, M. Crise da Matriz Energética Brasileira - Reportagem do Bom dia Brasil de 24/01, 2018. (6m46s). Disponível em: <

<https://www.youtube.com/watch?v=lqog76d3hZM>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

DONSOL, Donsol energia solar, 2015. Disponível em: <<http://www.donsol.com.br/post/por-dentro-da-energia-solar-o-papel-do-silicio>> Acessado em: 11 de ago. 2019.

DOITPOMS, University of Cambridge, 2019 Disponível em: <<https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/semiconductors/compound.php>>. Acessado em: 06 de out. 2019.

ELETRÔNICA SEM LIMITES, Gabriel Demétrio, 2013. Diodos. Disponível em: <<http://eletronicasemlimites.blogspot.com/2013/07/diodos.html>>. Acessado em: 06 de out. 2019.

ÉPOCA NEGOCIO ONLINE, Conheça 6 aplicações da internet das coisas que já estão tornando o mundo melhor, Editora Globo, 01 mar. 2019. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/03/conheca-6-aplicacoes-da-internet-das-coisas-que-ja-estao-tornando-o-mundo-melhor.html>>. Acessado em: 29 set. 2019.

ESCOLA KIDS, 2019. Atmosfera Terrestre. Disponível em: <<https://escolakids.uol.com.br/geografia/atmosfera-terrestre.htm>>. Acessado em: 30 de set. 2019.

FELMAN, B.J, An Introduction to Solar Cells - The Physics Teacher, vol 48, 2010.

FENSHAM, P.J. Developments and dilemmas in science education. New York: Falmer Press, 1988.

FENSHAM, P.J., & GARDNER, P.L. Technology education and science education: A new relationship? In: D. Layton (Ed.), Innovations in science and technology education. Vol. 4. Paris: UNESCO, p.159-170, 1994.

FERNANDES, F.M.S.S. Potencial Químico, Fugacidade e Atividade, Rev. Ciência Elem., V5(4):053, p.2, 2017.

FONTES, A. A educação em ciência através da abordagem CTS – Um contributo para a literacia científica dos cidadãos. Série Didáctica Ciências Aplicadas. Vila Real: Universidade de Trás-os-Monstes e Alto Douro. 2003.

GUERZONI F., M.A, ALVES, E., VECCHIA, F.A. (2012). A história do CO₂ nos processos de mudanças climáticas globais. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium. 3. 408-418. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/17351>>. Acessado em: 30 de set. 2019.

HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G., RIQUEARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. International Journal of Science Education, v. 10, n. 4, p.357-366, 1988.

ISAACSON, W. Einstein - Sua vida, seu universo. São Paulo: Companhia das letras, p.114, 2007.

JUNGES, A,L. A Física do século vinte - O nascimento da física quântica, 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Alexandre/>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

KITTEL, C. Introdução à Física do Estado Sólido. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

LARISSA, Propaganda Protetor Solar Turma da Mônica - Peixinho, 2009. (31s). Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=rIRpel5bvms>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

LIMA, C. E. A energia fotovoltaica num contexto CTSA: uma sequencia de ensino sobre as transformacoes de energia solar em eletrica. (Dissertação,

Programa de Mestrado Profissional Educação e Docência), Faculdade de Educação da UFMG, 2018.

LIU, 2019, Radiação absorvida pelo painel fotovoltaico., Disponível em: <<http://me.hku.hk/solar/>>. Acessado em: 20 de set. 2018.

LUJÁN LÓPEZ, J. L.; LÓPEZ CERREZO, J. A. Educación CTS en acción: Enseñanza secundaria y universidad. In: GONZÁLEZ GARCÍA, M. I; LÓPEZ CERREZO, J. A.; LUJÁN LÓPEZ, J. L. (Orgs.). Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y La tecnología. Madrid: Editorial Tecnos S.A.. p. 225-252. 1996.

MARTINS, F.R, PEREIRA, E.B, ECHER, M.P.S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário: o Projeto Swera. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 145-159, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 03 Out. 2019.

MUNDIM,K. Aula 19 - Interpretação Física da Função de onda molecular. Disponível em: <<http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/qq/aula-19/aula-19.htm>>. Acessado em: 06 de out. 2019.

NASCIMENTO, R.L, Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. Consultoria Legislativa - Estudo Técnico. Câmara dos Deputados, 2017. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_lim.pdf?sequence=1> Acessado em: 29 set. 2019.

NERDOLOGIA, O Brasil e as mudanças climáticas. 2017.(9m42s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eurz_TPwXlw&t=39s>. Acessado em: 03 de out. 2019.

NEOSOLAR, 2018. Especificações técnicas do painel de 265 wp de energia solar. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-265wp-canadian-csi-cs6p-265p.html>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

NUSSENZVEIG, H, M. Curso de Física Básica 4, 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OKUNO, E., YOSHIMURA, E. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, p.14, 2010.

PENHA, S. P. A Física e a Sociedade na TV. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), 2006.

PENHA, S.P, CARVALHO, A.M.P., VIANNA, D.M. A Utilização de Atividades Investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise do processo. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., 2009. Florianópolis.ºResumos...Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

PORTAL SOLAR, 2018. Tipos de Painel Solar Fotovoltaico. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

_____, 2018. Folha de Dados do Painel Solar – O Que Você Precisa Saber. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/folha-de-dados-do-painel-solar---o-que-voce-precisa-saber.html>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

SACA, L.Y. Discurso e aspectos epistêmicos: análise de aulas de ensino por investigação. (Dissertação, Programa de Pós-Grauação em Educação, Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática), Faculdade de Educação da USP, 2017.

SANTOS, W.L.P, EDUCAÇÃO CTS E CIDADANIA: CONFLUÊNCIAS E DIFERENÇAS. Revista de Educação em Ciências e Matemáticas V.9 , n17, p.49-62, 2012.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf>. Acesso em: 07 de nov. 2013.

SASSERON, L. H, e MACHADO, V. F, PIETROCOLA, M (org), Alfabetização Científica na prática – Inovando a forma de ensinar Física. São Paulo: Livraria da Física, 2017. – (Série Professor Inovador)

SEMPRE SUSTENTÁVEL, 2019. Forno tipo Caixa. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/solar/czsolar/forno-solar.htm>>. Acessado em: 30 de set. 2019.

SIMON, H. S, Solid state basics. Reino Unido: Oxford University Press, 2013.

SOLETROL, 2018. Como Funciona o Aquecedor Solar de Água Soletrol. Disponível em: <<https://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

SOUZA, R. B, REBOITA, M.S, WERLE, A. P., COSTA, E.B.C. Influência das variáveis atmosféricas na degradação dos materiais da construção civil. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Vol.13. Nº1, 2016.

SOUZA, Reinaldo de Melo. Aula 19.3 - Junções pn. Youtube, 12 nov, 2018. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=bIB2vXfXHKY&t=153s> >. Acessado em: 05 de jan 19.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. Física moderna. 3. ed. Rio de Janeiro:LTC, 2001.

WIKIPÉDIA, Wikipédia A enciclopédia Livre, 2019. Dopaje (semicondutores). Disponível em: < [https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_\(semicondutores\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_(semicondutores))>. Acessado em: 06 de out. 2019.

WIKIPÉDIA, Wikipédia A enciclopédia Livre, 2019. Energia heliotérmica. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliot%C3%A9rmica>. Acessado em: 03 de out. 2019.

WIKIPÉDIA, Wikipédia A enciclopédia Livre, 2019. Espectro visível. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_vis%C3%ADvel>. Acessado em: 03 de out. 2019.

WIKIPÉDIA, Wikipédia A enciclopédia Livre, 2019. Forno Solar. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Forno_solar>. Acessado em: 30 de set. 2019.

WIKIPÉDIA, Wikipédia A enciclopédia Livre, 2019. Internet das coisas. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Internet_das_coisas>. Acessado em: 20 de jan. 2020.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física IV: ótica e física moderna. 12^a ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

ZOLLER, U., WATSON, F. G. Technology education for nonscience students in the secondary school. Science Education, v. 58, n. 1, 1974. p.105-116.

Apêndice A:

Física dos semicondutores

Nos tópicos seguintes iremos apresentar alguns conceitos que nos permitirão entender introdutoriamente os semicondutores, com intuito de compreender a estrutura do material de onde acontece a conversão da radiação solar em energia elétrica.

Para isso iremos tomar como ponto de partida os conteúdos geralmente trabalhados em um curso de Licenciatura em Física, nas disciplinas envolvendo Física Moderna e Química, onde é estudado o átomo de hidrogênio, a função de onda, ligações químicas e princípio de exclusão de Pauli.

I. Estrutura de Banda de Energia

Esse conceito aparece quando se busca entender os estados de energia possíveis dos elétrons na estrutura de um sólido. Para fins de simplificação discutiremos a situação em uma dimensão e sem condições de contorno que limitam o tamanho do material.

Para tanto, em vez de uma cadeia atômica comecemos considerando apenas o caso de dois átomos de Hidrogênio. Em virtude da interação entre estes átomos, cada estado de energia de um átomo de Hidrogênio isolado se desdobra em dois estados com distintas energias. Isso se dá devido à sobreposição das funções de ondas de cada átomo de Hidrogênio isolado. O mais importante é estudarmos os níveis que advêm do nível de energia fundamental (i.e. o de menor energia) dos átomos isolados. Para a molécula de Hidrogênio apenas este nível estará ocupado. Ao somar as funções do nível fundamental é encontrado o estado ligante (Figura 1a e 1b). Se forem subtraídos é obtido o estado antiligante (Figura 2a e 2b). Sendo o primeiro caso menos energético em comparação ao segundo, pois quanto mais entre os prótons o elétron estiver, mais ele serve para “colar” os prótons (uma vez que ele atrai a ambos) e, portanto, promover a ligação química.

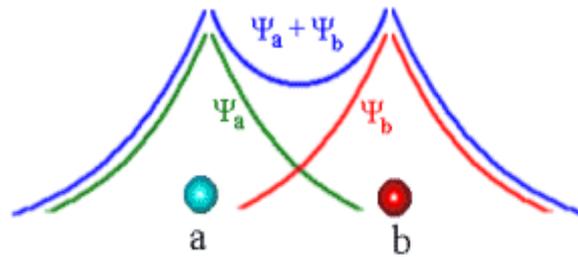


Figura 1.a - Função de onda atômica e molecular
 Fonte: Mundim, K. (2016)

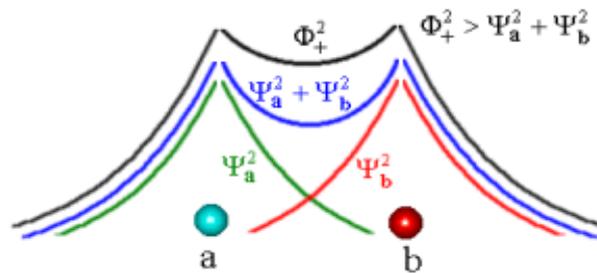


Figura 1.b - Densidade eletrônica no átomo e na molécula
 Fonte: Mundim, K. (2016)

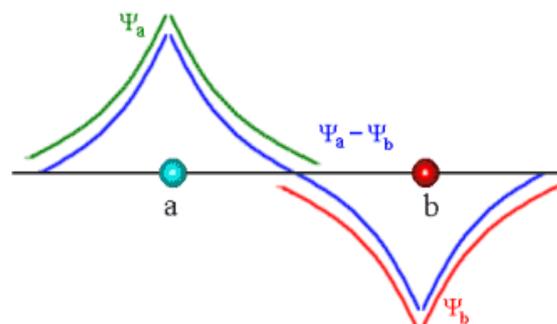


Figura 2.a - Função de onda atômica e molecular
 Fonte: Mundim, K. (2016)

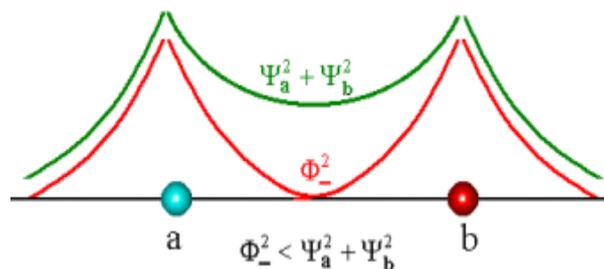


Figura 2.b - Densidade eletrônica no átomo e na molécula
 Fonte: Mundim, K. (2016)

Fazendo o mesmo com três átomos de hidrogênio, teremos a combinação de três funções de ondas. No entanto encontraremos apenas três

estados independentes, onde cada estado terá três níveis de energia diferentes.

$$\psi(x) = \pm\psi_1 \pm \psi_2 \pm \psi_3$$

1º Estado $\psi(x) = +\psi_1 + \psi_2 - \psi_3$

2º Estado $\psi(x) = +\psi_1 - \psi_2 + \psi_3$

3º Estado $\psi(x) = -\psi_1 + \psi_2 + \psi_3$

Então, quando dois átomos são ligados, dão origem a dois níveis de energia para cada estado da função de onda. Quando usamos três átomos encontramos três níveis de energia para cada estado da função de onda. Se ligarmos N átomos encontraremos N níveis de energia, isso dá origem a uma Banda de Energia. Aqui é fundamental realizarmos uma discussão das ordens de grandeza envolvidas.

O que faz os níveis de energias serem distintos dos níveis originais (i.e., dos átomos isolados) é a interação entre os átomos. Assim, o máximo que os níveis na cadeia podem diferir do nível isolado é por algo da mesma ordem de grandeza do que a energia de interação envolvida. Pela lei de Coulomb e para as distâncias típicas envolvidas em um cristal (~ ångströms) vemos que o valor típico da energia eletrostática de interação é da ordem de elétron-volt (eV). Assim, a distância entre a energia máxima e a mínima advindas de um dado nível atômico deve ser desta ordem de grandeza.

Como argumentado acima, quando temos N átomos em uma cadeia cada nível de energia deve se desdobrar em N níveis energéticos. A distância entre os níveis de energia será então, na média, da ordem de eV/N. Para um número grande de átomos, a distância é tão pequena entre os níveis de energia que, para todos os efeitos, podemos dizer que cada nível discreto de energia atômico dá origem a um contínuo de energia, denominado banda de energia, conforme representado na figura 3.

Em alguns casos a banda de energia oriunda de um dado nível de energia se superpõe com a banda de energia oriunda do nível de energia seguinte. Em outros casos, há uma lacuna de energia entre uma banda e a seguinte a qual costuma ser denotada na literatura pela sua terminologia inglesa *gap*.

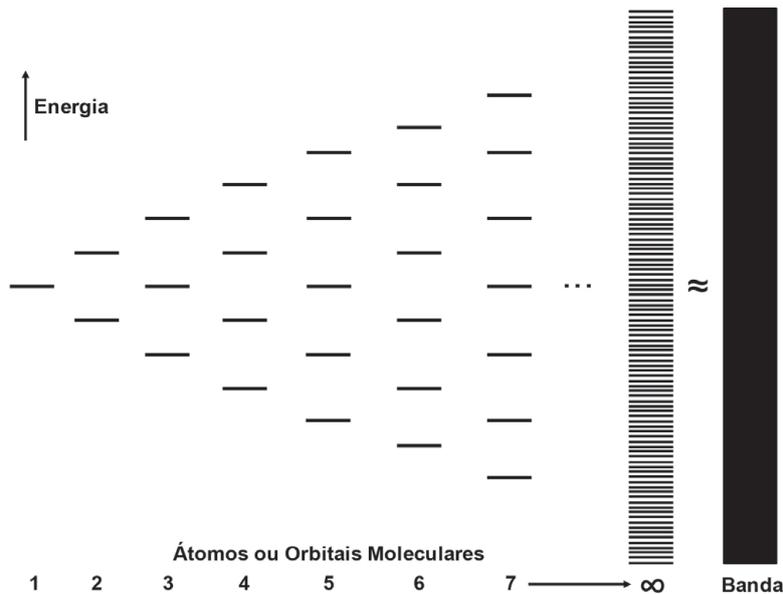


Figura 3 - Formação de bandas num sólido
 Fonte: Baccaro e Gutz (2018)

De acordo com Baccaro e Gutz (2018):

"A diferença de energia delimitada pela sua largura é chamada de *Band Gap* (E_g). A existência da banda proibida (*Band Gap*) está condicionada à largura das bandas consecutivas e à separação energética dos tipos de orbitais envolvidos na formação de cada uma. Forças interatômicas elevadas e energias de orbitais atômicos similares geralmente induzem a sobreposição de bandas. A ocupação dos orbitais em bandas é ditada pela distribuição de Fermi-Dirac, um algoritmo estatístico sigmoideal semelhante à distribuição de Boltzmann, mas com a restrição de ocupação de apenas dois elétrons por nível." (p.326-327)

II. Condutores, Semicondutores e Isolantes

Com o conceito de Estrutura de Banda é possível diferenciar os materiais em relação a sua resposta à ação de um campo elétrico, essa distinção se baseia na estrutura de banda completa do material.

Pelo princípio da exclusão de Pauli dois elétrons não podem ocupar o mesmo estado. Nada impede, contudo, a existência de vários níveis com mesma energia. Para temperatura nula, os estados são progressivamente ocupados a partir da menor energia, até colocarmos o último elétron. Para uma temperatura não nula, os elétrons podem ser excitados para estados mais energéticos, mas a probabilidade disto ocorrer é bem pequeno para estados

distem energeticamente muito mais do que $k_B T^{29}$ dos estados ocupados à temperatura nula. Para temperatura ambiente, $k_B T$ vale cerca de 25 meV, um valor bem pequeno, como vimos, comparado com as larguras típicas das bandas e com a largura típica dos gaps de energia. Assim, mesmo à temperatura ambiente, é conveniente estudarmos o preenchimento das bandas para temperatura nula e considerarmos o efeito térmico como uma pequena correção.

As bandas de menor energia estarão completamente preenchidas e os elétrons que ocupam estas bandas mais internas (pois menor energia corresponde a estados que na média estão mais próximos dos átomos) são denominados elétrons de caroço, a banda ocupada pelos elétrons de valência é chamada de Banda de Valência (BV), e a seguinte e não ocupada é a Banda de Condução (BC). É o tipo da rede, de átomo e das ligações que determinam a energia de cada banda e o Gap de energia entre elas.

Para temperaturas diferentes de zero, a ocupação média de cada nível de energia é dada pela distribuição de Fermi-Dirac³⁰, sendo um número entre 0 e 1 devido ao fato dos elétrons serem férmions e satisfazerem, portanto, ao princípio da exclusão de Pauli. Na expressão de Fermi-Dirac o μ é o potencial químico, que de acordo com Fernandes (2017) pode ser definido como:

"Se o sistema tiver um único componente (gás, líquido ou sólido puros) o potencial químico, μ , é definido como a energia livre molar, a determinada pressão e temperatura: $\mu = G/n$

Para sistemas com vários componentes, o potencial químico de cada componente define-se como a energia livre molar parcial (...) que é a taxa de variação da energia livre causada por uma variação do número de moles do componente mantendo constantes a pressão, temperatura e o número de moles das outras espécies." (p.2)

Note que com a temperatura nula todos os estados com energia abaixo de μ estão totalmente ocupados enquanto os estados acima de μ estão

²⁹ Energia térmica: onde k_B corresponde à constante de Boltzmann T corresponde à temperatura absoluta do sistema.

³⁰ $f(E) = \frac{1}{1 + e^{(E-\mu)/kT}}$; T representa a temperatura absoluta do sistema, k é a constante de Boltzmann, E o estado de energia e μ representa o potencial químico total dos elétrons.

desocupados, na linha do que discutimos no parágrafo anterior. Definimos o nível de Fermi (E_f) como sendo o potencial químico a temperatura zero.

"O nível de Fermi não corresponde necessariamente a um nível real, podendo se localizar no meio da banda proibida (falha) onde não há orbitais. É um parâmetro de suma importância na caracterização de materiais, pois, juntamente com a estrutura, possibilita prever seu comportamento elétrico. A banda localizada imediatamente acima do nível de Fermi é chamada de Banda de Condução (BC ou Banda Vazia), e por se constituir de orbitais de maior energia, apresenta níveis de baixa probabilidade de ocupação. A banda localizada imediatamente abaixo do nível de Fermi é chamada de Banda de Valência (BV ou Banda Cheia) e, por constituir-se de orbitais de menor energia, encontra maior probabilidade de ocupação." (Baccaro e Gutz, 2018. p.327)

Quando o material é submetido a uma diferença de potencial, o elétron somente vai adquirir energia extra (se promover) se existir níveis de energia que possam ser ocupados por ele, dentro do intervalo dado pela intensidade do potencial. Assim classificamos os materiais em condutores, semicondutores e isolantes.

No caso dos metais, que são condutores (Figura 4a), há casos na qual ocorre a superposição da BV com BC, como por exemplo, os metais da família 2A³¹. Entretanto há situações onde uma banda não está totalmente preenchida. Em ambos os casos é possível que os elétrons naveguem sem nenhum problema ao receber uma pequena energia pois, há uma banda com preenchimento incompleto, tornando o conceito de BV e BC não tão útil para os metais, como é para os isolantes e semicondutores.

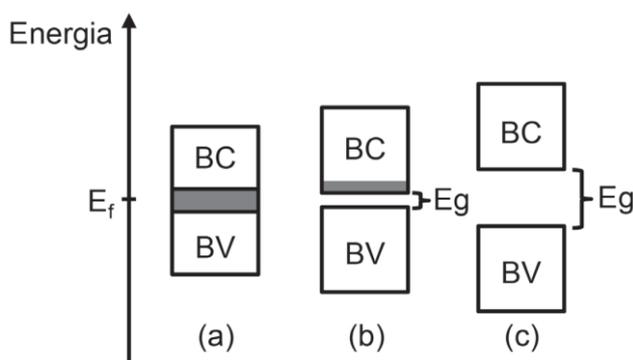


Figura 4 - Diagrama de bandas típica para (a) condutores eletrônicos, (b) semicondutores e (c) isolantes (nesse exemplo o nível de Fermi foi calculado na temperatura de 298,15 K)
Fonte: Baccaro e Gutz (2018)

³¹ Família 2A é composta pelos seguintes elementos: berílio (Be), magnésio (Mg), cálcio (Ca), estrôncio (Sr), bário (Ba) e rádio (Ra).

Para os Isolantes (Figura 4c) os elétrons permanecem ilhados na situação onde a BV está totalmente preenchida não há mais estado de energia para irem, logo não haverá condução. Sabemos que se submetermos uma tensão muito forte há possibilidade de rompermos a rigidez elétrica do material, fazendo-o conduzir, ou seja, damos energia suficiente para superar o *gap* entre as bandas.

Agora na situação onde o Gap assume um valor razoável, da ordem de 4eV, o material é chamado de Semicondutor (Figura 4b), pois com uma excitação (térmica ou fóton) pode levar o elétron até a BC, por exemplo, no caso da luz visível a energia é em torno de 1,6 eV (vermelho) e 3,2 eV (violeta). Mesmo à temperatura ambiente já há alguma população térmica da BC. Com o aumento da temperatura ocorre um aumento na ocupação dessa banda. Assim, a condutividade dos semicondutores aumenta com a temperatura, ao contrário do que ocorre com metais. Esta é uma diferença fenomenológica macroscópica entre estes dois tipos de materiais.

Comparando o semicondutor e isolante, Baccaro e Gutz (2018) conclui que o *gap* de energia entre o fundo da BC e o nível de Fermi ($E_{BC} - E_f$) é um parâmetro determinante da condutividade de um semicondutor intrínseco ou isolante, qualquer que seja a temperatura de estudo. E ainda, esse pode ser o principal parâmetro de diferenciação, uma vez que isolantes até podem ser considerados semicondutores em temperaturas elevadas e, em zero Kelvin, todo semicondutor será um isolante.

III. Os semicondutores e suas Impurezas

Nos semicondutores quando o elétron é excitado até a BC, cria-se um buraco na BV, uma ausência de elétrons, que age como se fosse uma carga positiva, criando o que é chamado de par elétron-buraco. Ao submetermos um campo elétrico no material, como a carga negativa se movimenta contra o campo e a positiva (buraco) a favor, no ponto de vista do movimento das cargas elétricas, isso provocaria uma corrente elétrica no mesmo sentido, conforme ilustrado pela Figura 5.

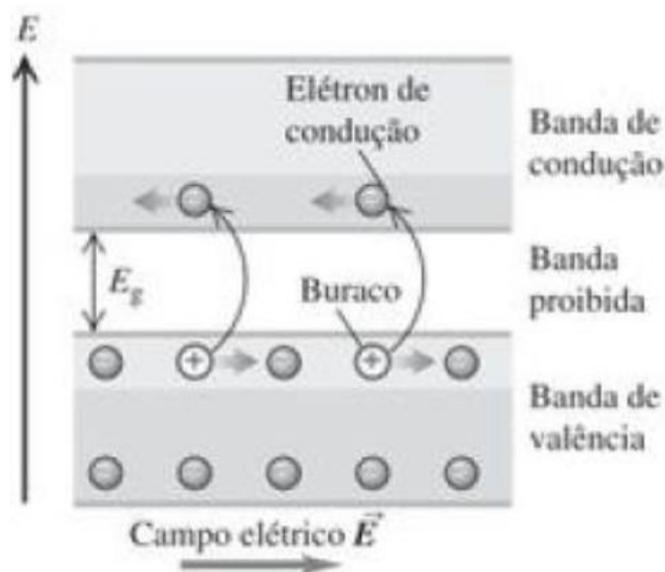


Figura 5 - Movimento do par elétron-buraco
 Fonte: Young e Freedman (2009).

Entretanto, ao analisarmos os semicondutores intrínsecos, como por exemplo, Silício (Si) e Arsenieto de gálio (GaAs), seu *gap* de energia é alto em comparação energia de excitação térmica da temperatura ambiente (300K), que é por volta de 0,0257 eV (elétron-Volts), apresentando uma baixa condutividade em temperatura ambiente, conforme ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 - Energia de Gap na temperatura ambiente

	MATERIAL	GAP DE ENERGIA NA TEMPERATURA DE 300K (eV)
ELEMENTOS	C (diamante)	5.47
	Ge (germânio)	0.66
	Si (Silício)	1.12
	Sn (Estanho)	0.08
COMPOSTOS DOS GRUPOS III-V	GaAs	1.42
	InAs	0.36
	InSb	0.17
	GaP	2.26
	GaN	3.36
	InN	0.70
COMPOSTOS DOS GRUPOS IV-IV	α -SiC	2.99
COMPOSTOS DOS GRUPOS II-VI	ZnO	3.35
	CdSe	1.70
	ZnS	3.68

Fonte: DoITPoMS (tradução própria) -

<https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/semiconductors/compound.php>

Com isso é necessário aumentar a condutividade desses materiais para torná-los bons condutores. A estratégia geralmente utilizada é a dopagem, que consiste na mistura de impurezas nas estruturas dos semicondutores. Por

exemplo, a condutividade do Silício pode ser aumentada por um fator de 10^3 ao adicionarmos Boro na sua estrutura na proporção de 1 átomo de Boro para 10^5 átomos de Silício (KITTEL, 2006). Utilizando como exemplo uma estrutura de Silício, vamos explicar o processo de dopagem.

Um átomo dessa estrutura vai ser trocado por um átomo de Fósforo (P), que tem um elétron a mais que o Silício, Figura 6.

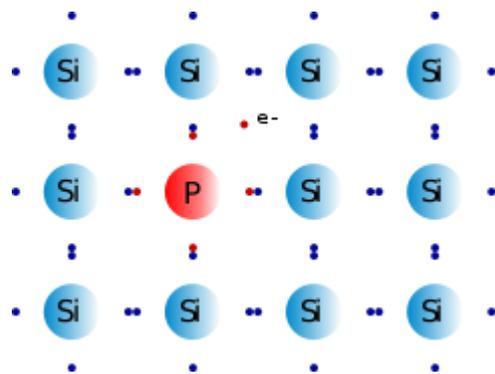


Figura 6 - Dopagem Tipo N
Fonte: Wikipédia (2019)

Também é possível fazer outro tipo de substituição, ao invés de usar Fósforo (P) ou Antimônio (Sb) que possuem um elétron a mais, pode-se utilizar Alumínio (Al) ou Boro (B) que possuem um próton e um elétron a menos que o Silício (Si), Figura 7.

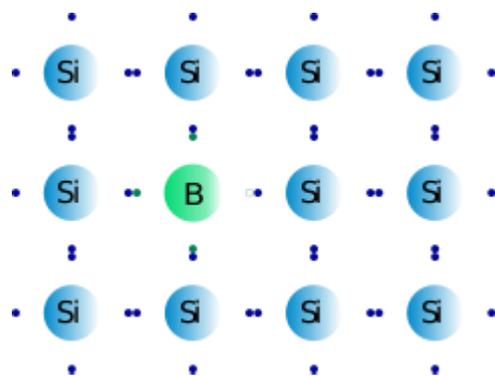


Figura 7 - Dopagem Tipo P
Fonte: Wikipédia (2019)

Com essas alterações criamos os materiais dopados em dois tipos diferentes: Tipo N, que possui excesso de elétrons e Tipo P, que está com falta de elétrons.

Conforme podemos ver na figura 6 o fósforo (devido ao seu próton adicional) representa uma região mais positiva que seus vizinhos e que então irá prender o elétron. No entanto, é possível mostrar que ele prende de uma maneira muito fraca, da ordem de décimos de eV, ao ponto do elétron estar na

média a uma distância de dezenas parâmetros de rede do sítio ocupado pelo fósforo. Sendo representados na figura 8, abaixo da BC, na forma de linha pontilhada ou uma sub-banda doadora (SBD). Para um melhor aprofundamento desses conceitos é indicado capítulo 17 do livro do Steven H. Simon (2013), Solid State Basics.

Para a dopagem tipo N de acordo com Bacarro e Gutz (2018):

É importante ressaltar que os transportadores de carga majoritários aqui são os elétrons (e^-). Nos semicondutores do tipo p , a inserção de níveis aceptores de elétrons pela introdução de átomos com um elétron de valência a menos induz ao transporte de carga majoritário por lacunas [Buraco], de modo que esses níveis são representados por uma sub-banda receptora (SBA) logo acima da banda de valência(Figura 8). (p.328)

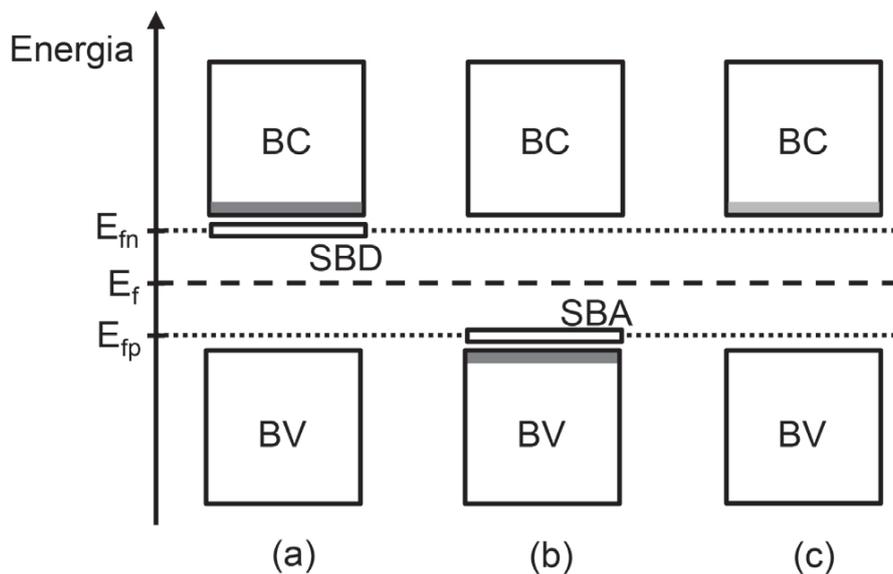


Figura 8 - Diagrama de banda em semicondutores dopados (a) tipo P (b) tipo N (c) sem dopagem

Fonte: Bacarro e Gutz (2018)

Com a criação das sub-bandas a passagem das cargas da BV para a BC necessitará de menos energia, por isso que é interessante utilizar a dopagem nesse tipo de material. Ao combinarmos dois materiais com dopagem diferente, P e N, o transporte das cargas acontecerá mais facilmente comparado com o semicondutor intrínseco.

IV. Junção P/N e o painel fotovoltaico

Utilizando todos os conceitos trabalhados até o momento podemos explicar o funcionamento do Painel Solar Fotovoltaico. Ele é uma combinação de duas placas de semicondutores dopados, uma com dopagem Tipo N (com excesso de elétrons) e outra com dopagem tipo P (com excesso de buracos).

Essa combinação de semicondutores dopados é chamada de Junção P/N, devido à diferença de sinais, a junção gera um movimento das cargas entre as placas. Os elétrons da região Tipo N irão se fundir com os buracos da região Tipo P, eliminando alguns pares elétrons-buracos próximos da junção. Mas não serão eliminados todos os pares, pois inicialmente as placas dopadas são eletricamente neutras. Quando um elétron aniquila um buraco, a placa Tipo N fica carregada positivamente e a placa Tipo P fica carregada negativamente, quanto mais aniquilações acontecem mais carregadas as placas ficam, resultando na criação de um campo elétrico que estabiliza o movimento das cargas, conforme a representação na Figura 9.

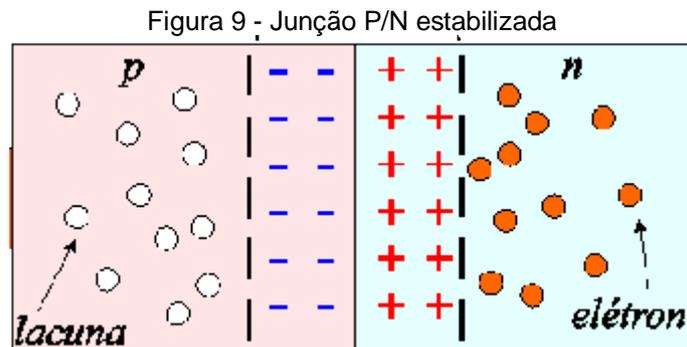


Figura 9 - Junção P/N estabilizada
Fonte: Eletrônica Sem Limites (2013)

Na região da junção aparece uma região empobrecida de cargas moveis, região chamada de Zona de Depleção (região entre as linhas tracejadas da Figura 9). Nota-se que ainda temos regiões com elétrons e buracos nas devidas placas. No equilíbrio, eles não conseguem superar o campo elétrico para se aniquilarem.

Há uma representação mais fiel do caso estacionário (Figura 10). De acordo com Souza (2018), devido à aniquilação dos pares elétrons-buracos apareceu um campo elétrico que fez a energia da BV da placa Tipo P ficar maior que a do Tipo N porque tem uma diferença de potencial entre elas. Ainda de acordo com o autor:

"A ideia é que no equilíbrio, justamente, o que acontece é que o potencial químico (μ_{eq}) da esquerda e da direita são iguais, ou seja, essa rampa tem que ter uma altura, para os potenciais químicos se igualarem, justamente a energia do Gap" (Souza,2018)

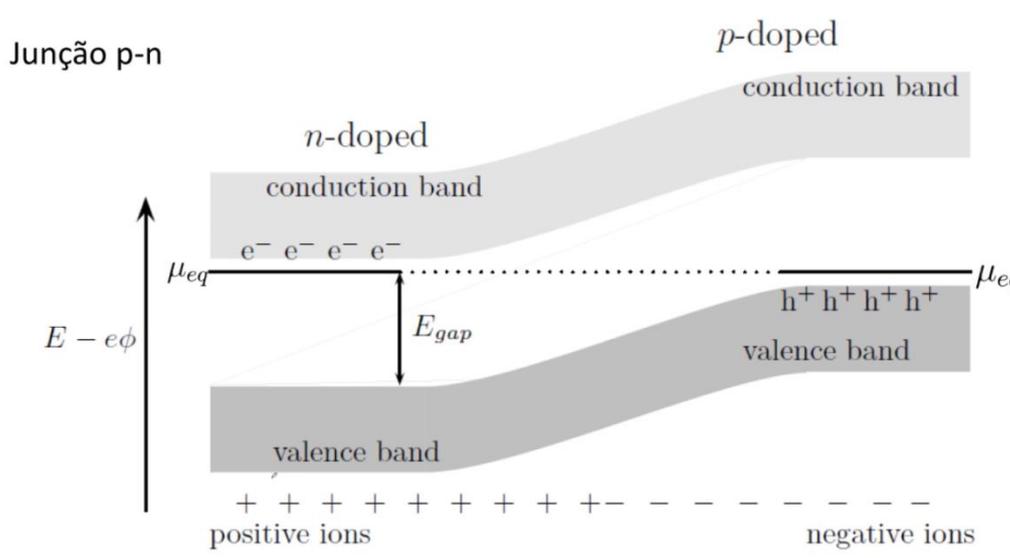


Figura 10 - Junção P/N
Fonte: Simon (2013)

Analisando o painel fotovoltaico podemos explicar como é feita a conversão da energia solar em energia elétrica. De acordo com Feldman B.J (2010) precisamos entender as três etapas.

"Primeiro, um quantum de luz (fóton) deve ser absorvido por um elétron, aumentando a energia potencial elétrica do elétron; segundo, que o elétron energético deve ser separado de seu estado inicial de energia inferior (chamado de buraco) antes que a energia potencial elétrica seja toda perdida para o calor; e terceiro, esse elétron energético deve contribuir para uma corrente através de um circuito externo." (Feldman, 2010 , tradução própria)

Ao incidir um fóton sobre o painel fotovoltaico é necessário que ele tenha energia suficiente para excitar o elétron levando-o da BV para BC. Só é vantajoso quando o elétron, que absorve o fóton, estiver dentro da Zona de Depleção, caso contrário ao ser promovido ele vai se aniquilar rapidamente.

Quando acontece dentro da Zona de Depleção (Rampa da figura 10), devido ao campo elétrico presente dentro dessa região, o elétron será acelerado para a esquerda (descendo a rampa) e o buraco para a direita

(subindo a rampa) se baseando na Figura 10. Fazendo com que esse par não se recombine, provocando a corrente elétrica, explica-se assim a ideia essencial do painel fotovoltaico: absorver luz e transformar em corrente elétrica. Basta apenas ligar o painel em um circuito externo para usufruir dessa corrente gerada.

Apêndice B:

Roteiro de construção do forno solar de caixa

Montamos um roteiro instrumental para a construção do forno solar de caixa que foi utilizado na atividade. Ao final apresento alguns dados coletados das temperaturas alcançadas do forno.

Os materiais utilizados foram:

- Uma caixa de papelão de 50x37 cm (caixa maior)
- Uma caixa de papelão de 42x27 cm (caixa menor)
- Resto de papelão
- Fita prateada/Papel alumínio
- Tesoura e Estilete
- Cola Branca
- Tinta preta
- Isopor
- Pasta em L
- Fita durex
- Canaleta de fio
- Grampeador

Atenção com tamanho do "Resto de papelão", precisa ser maior que a caixa maior, pois, será utilizado para construir a tampa do forno. Podendo ser uma peça única ou a junção de outras partes de papelão.

O isopor precisa ter a grossura necessária para cobrir o vão entre as duas caixas, utilizamos um de 5cm, outro de 4 cm. Já a pasta em L precisa ter o tamanho, quando aberta, suficiente para cobrir a caixa menor.

I. Preparando as caixas

Inicialmente, recorte as abas das duas caixas e guarde-as, serão utilizadas mais adiante.



Figura 1 - Caixa de papelão



.Figura 2 - Abas recortadas.

Cole o fundo das duas caixas, para dar melhor sustentação.



Figura 3 - Abas sendo coladas

II. Preparando a caixa menor

Com a fita prateada ou papel alumínio, cubra todo o interior da caixa menor.



Figura 4 - Cobrindo a caixa menor com fita prateada



Figura 5 - Caixa menor toda espelhada

Agora pinte o fundo da caixa de preto.

III. Preparando a caixa maior

Cubra o fundo da caixa maior com a fita prateada ou papel alumínio



Figura 6 - Cobrindo o fundo da caixa maior

Corte o isopor para cobrir as laterais de tal forma que preencha todo o espaço entre as duas caixas.



Figura 7- Colocando o isopor na caixa maior

Coloque a caixa menor dentro da caixa maior



Figura 8 - Caixas menor dentro da caixa maior

IV. Preparando a tampa do Forno

Com o resto de papelão, construa uma tampa maior que a caixa maior do seu projeto. Aqui recortamos um resto caixa e colamos as duas partes, uma sobre a outra.



Figura 9 - Iniciando a construção da tampa do forno

Dobre suas beiradas, os quatro lados, de tal forma que cubra todo o Forno.



Figura 10 - Dobrando as laterais

Agora é necessário cortar as quinas da tampa de tal forma que construa um encaixe para cobrir o forno.



Figura 11 - Cortar a ponta

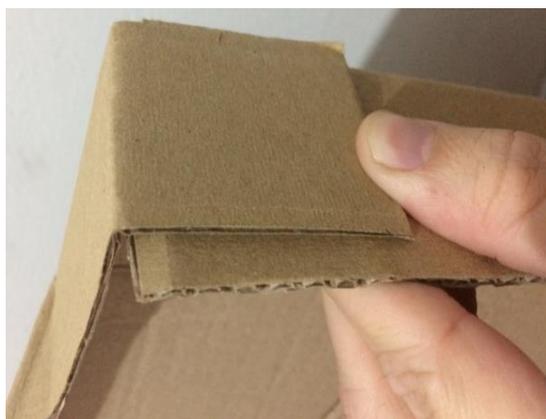


Figura 12 - Construindo a tampa



Figura 13 - Resultado - Tampa cobrindo o forno

Com as medidas da caixa menor, corte a tampa do Forno, de maneira que o buraco fique centralizado. Utilize o estilete.



Figura 14- Marcando a caixa menor na tampa para poder recortar.



Figura 15 - Abertura na tampa

Cole a pasta em L e use a fita durex para melhor vedação.



Figura 16 - Pasta em L cobrindo a abertura da tampa



Figura 17- Resultado com a tampa pronta.

V. Preparando a tampa refletora

Cole com fita durex as abas maiores retiradas da caixa maior



Figura 18- Abas maiores

As abas menores são dobradas para fazermos as dobradiças da tampa e coladas perpendicularmente nas abas maiores. Podendo usar o grampeador para auxiliar a ligação.



Figura 19- Abas menores dobradas



Figura 20 - Abas menores coladas perpendicularmente as maiores
Fixe, com cola e grampos, as dobradiças da tampa refletora na tampa do Forno.



Figura 21 - Tampa refletora sendo fixada na tampa do forno
Cubra a parte que fica direcionada para dentro do forno com a fita prateada ou papel alumínio. Com isso temos o forno solar concluído.



Figura 22 - Forno concluído e pintado



Figura 23 - Fornos solar de caixa

Os fornos utilizados na atividade foram testados previamente para verificar até qual temperatura poderiam alcançar no intervalo de 50 minutos (1 tempo de aula). Foi visto que em dias nublados a temperatura interna era insuficiente para o experimento de cozinhar, pois, não ultrapassou os 50°C.

Já em dias de Sol os dados obtidos em dois testes foram:

No primeiro teste a água começou com 26°C às 9:45 da manhã e terminou com 54°C às 10:40. Na tabela temos a temperatura interna do forno durante o teste.

Tabela 1 - Primeiro teste do Forno

Temperatura do Forno (°C)	Tempo (Min)
46	10
69	20
75	30
73	45
80	52
69	55

No segundo teste a água começou com 26°C as 10:13 e terminou com 61,2°C as 10:40. Na tabela temos a temperatura interna do forno durante o teste.

Tabela 2- Segundo Teste do Forno

Temperatura do Forno (°C)	Tempo (Min)
45	10
61	20
82	23

92	26
83	37

Resaltamos que o primeiro dia, além de começar mais cedo, estava com mais nuvens e a temperatura do dia era menor. Ambos os testes foram feitos na mesma época que a aplicação da atividade, entre setembro e outubro, só que no ano anterior.

Apêndice C:

Roteiro das atividades

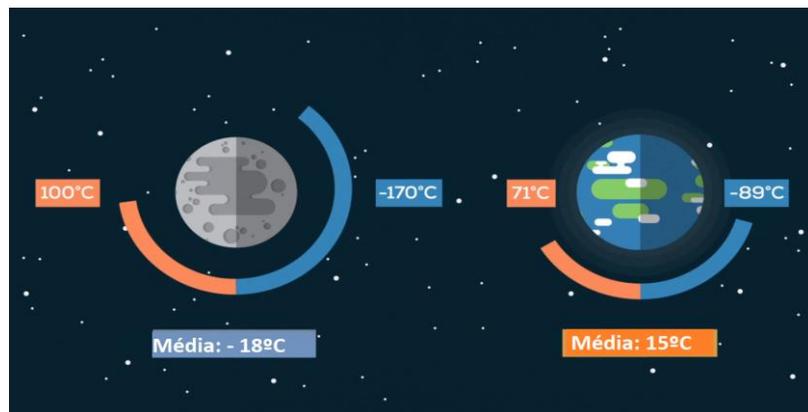
I. Dia 2 - Investigando a Radiação Solar

Parte 2 - Balanço das Radiações Solares

A seguir temos uma figura que ilustra o conjunto Sol-Terra-Lua. Sabemos da grande distancia do Sol até nos, com isso, podemos fazer à aproximação que a Terra e a Lua estão a mesma distancia do Sol, logo recebem a mesma intensidade de Radiação Solar. E na segunda imagem, temos as temperaturas máximas e mínimas registradas em cada um.



Fonte: Tradução própria - MinuteEarth -<https://www.youtube.com/watch?v=sTvqlijvTg>



Fonte: Tradução própria - MinuteEarth -<https://www.youtube.com/watch?v=sTvqlijvTg>

1) Já que recebem a mesma intensidade de radiação, como a Terra e a Lua podem alcançar temperaturas tão diferentes? Responda no quadro abaixo e se necessário utilize ilustrações para facilitar a explicação.

Será que conseguimos reproduzir um efeito parecido com o que acontece na Terra, com a explicação do grupo. Vamos buscar possíveis semelhanças e verificar se podemos usa-las ao nosso favor.

Experimento 1 – Receitas do Chef Sol

Foi dado para cada grupo um Forno Solar de Caixa, construído pelo professor com materiais de baixo custo. Façam uma pericia no forno para identificar todos os materiais utilizados pelo professor e encontrem a função de cada um.

Agora é a vez de vocês! Objetivo é utilizar o Forno Solar de Caixa para cozinhar algo para a turma. Temos 3 opções de receita.

- Uma banana assada
- Aquecer água para fazer um chá/café
- Queijo quente.

1) Discuta com seu grupo e verifique qual das opções seria a melhor receita para preparar hoje. O que levou o grupo a fazer essa escolha.

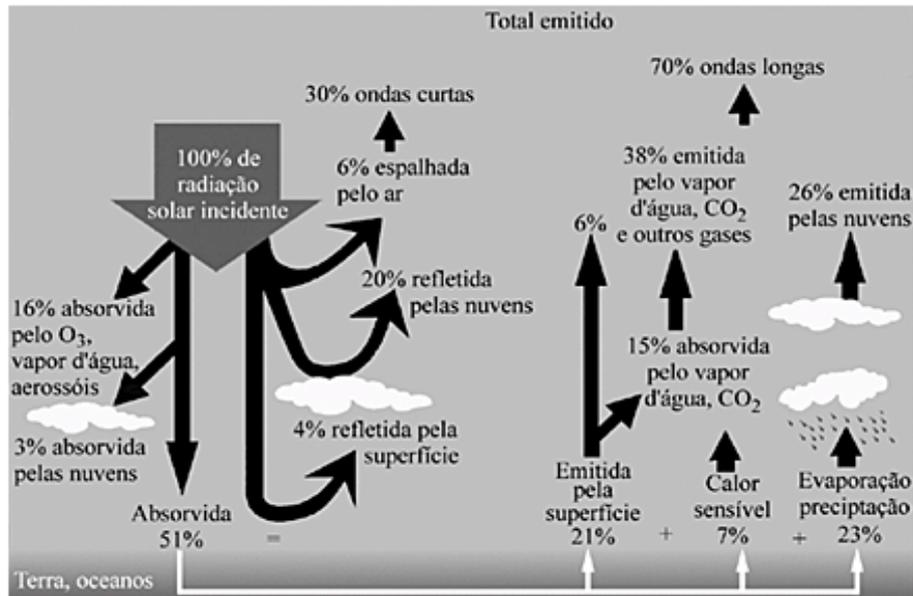
2) O grupo poderá optar por colocar a "Adereço Especial". Explique a sua opção.

Agora coloque a receita em prática! E cuidado para não se queimar.

Durante o preparo responda:

3) Explique o funcionamento do Forno Solar de Caixa?

Abaixo temos em seguida um diagrama que ilustra o balanço das radiações que a atmosfera proporciona:



fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010

4) Discutindo com seu grupo, relacione os materiais do forno com os elementos principais da figura (Radiação incidente, Terra/Oceanos, Nuvens, Gases)

5) Analisando a figura podemos notar uma grande absorção de radiação por parte das nuvens e dos gases. Qual a totalidade da porcentagem absorvida? Se esse número for muito alto, provocaria um efeito na Terra?

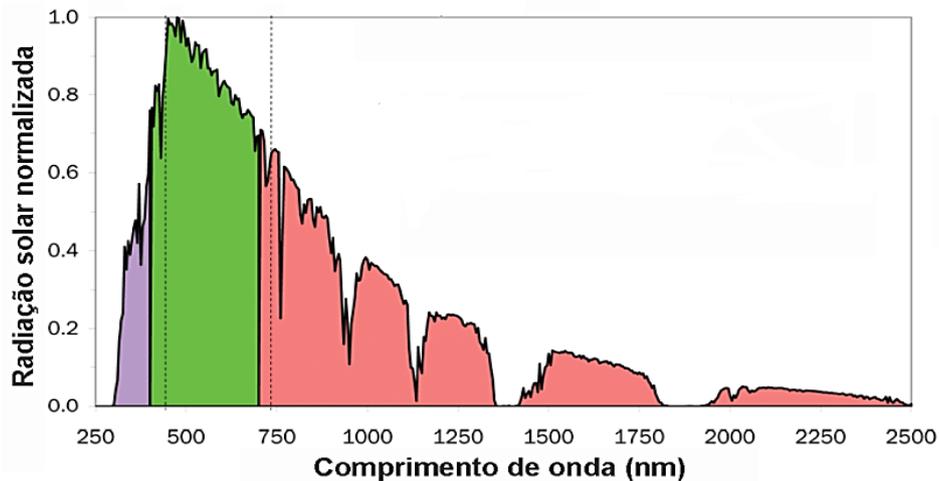
6) Comparando o Forno Solar de Caixa com o forno do fogão comum, quem fez o papel do fogo? Explique.

7) Analisando o Forno Solar de Caixa como o seu grupo poderia otimizar o seu rendimento

8) O seu grupo teve êxito no preparo da receita? Se sim, ficou gostoso? Se não deu certo, o que faltou para terminar a receita.

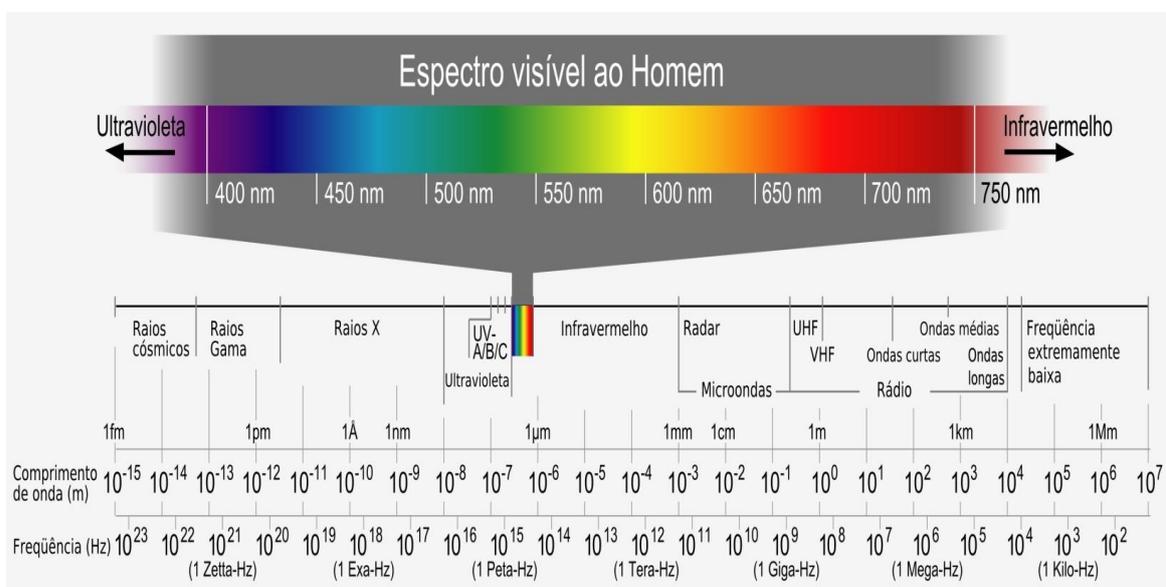
9) Esse Forno Solar de Caixa poderia ser melhor aproveitado em que região do Brasil?

Abaixo temos duas figuras, a primeira apresenta o Espectro da Radiação Solar incidente na superfície da Terra no nível do mar.



Fonte: Editada pelos autores -https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-4-Espectro-de-radiacao-solar-que-atinge-a-superficie-da-Terra_fig4_308185915

A segunda apresenta todo o espectro eletromagnético, mostrando as características de frequência e comprimento de onda de cada faixa de radiação.



Fonte: http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/#pag4-tab

10) Comparando as duas figuras anteriores, quais são as radiações que o Sol emite predominantemente?

11) Das radiações destacadas anteriormente pelo seu grupo, quais delas provoca predominantemente o efeito no Forno Solar.

12) No quadro abaixo, escreva ideias que o seu grupo possa ter para aproveitar a radiação respondida anteriormente. Por exemplo, será que vocês conseguem bolar algum aparelho para melhorar a qualidade de vida de uma determinada região. Como sua ideia vai aproveitar essa radiação?

13) Vocês conseguem pensar algum aparelho presente no cotidiano de vocês, ou até mesmo um mais antigo, que utiliza esta radiação? Conseguem explicar o seu funcionamento?

II. Dia 3 - Discutindo sobre o Ultravioleta

Outras formas de aproveitar a energia em forma de Calor:

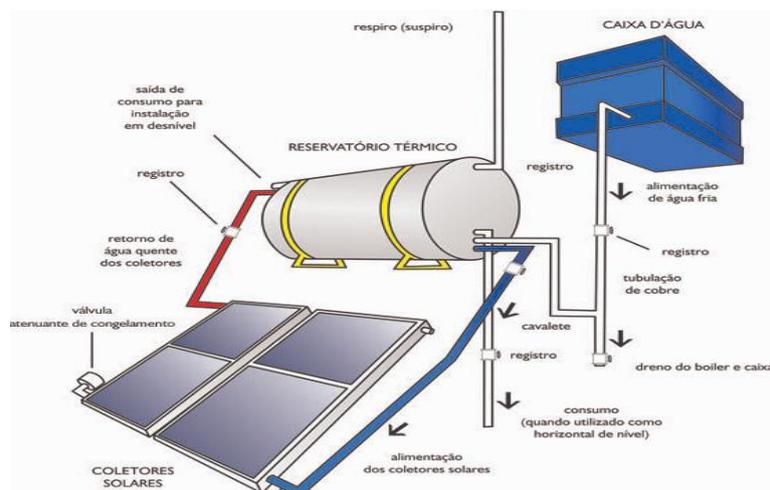
I. Aquecedor de água:

Um sistema básico de Aquecimento de água por Energia Solar é composto de coletores solares (placas) e reservatório térmico (Boiler).

As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar. O calor do Sol, captado pelas placas do aquecedor solar, é transferido para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre.

O reservatório térmico, também conhecido por Boiler, é um recipiente para armazenamento da água aquecida. São cilindros de cobre, inox ou polipropileno, isolados termicamente com poliuretano expandido sem CFC, que não agride a camada de ozônio. Desta forma, a água é conservada aquecida para consumo posterior. A caixa de água fria alimenta o reservatório térmico do aquecedor solar, mantendo-o sempre cheio.

(fonte: <http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>)



(fonte: <http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>)

II. Energia heliotérmica ou energia solar térmica concentrada ou internacionalmente conhecido como CSP (ingl.: Concentrating Solar Power):

É uma tecnologia de geração de energia elétrica renovável que transforma irradiação solar direta em energia térmica e subsequentemente em energia elétrica. Através da concentração dos raios solares diretos, temperaturas acima de 1000°C podem ser atingidos.

Uma usina solar térmica concentrada consiste em duas partes: o coletor térmico e o ciclo de potência. Espelhos de configurações variadas servem para concentrar os raios solares; no foco dos espelhos circula um fluido de trabalho que é aquecido com o calor da concentração. No ciclo de potência acontece a expansão desse fluido de trabalho em uma turbina.

(fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliot%C3%A9rmica)



(fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliot%C3%A9rmica)

1) Foi mostrado acima duas outras formas de utilizar a radiação solar. Analisando as situações diga quais transformações de energia ocorreram em cada caso. E no Forno Solar?

2) O Brasil poderia usufruir desses métodos de aproveitamento da Energia Solar? Eles já são utilizados?

3) Com a ajuda da internet pesquise quanto custa a instalação do Aquecedor de Água, junto com seu reservatório (Boiler). É um preço acessível?

4) Então, depois dessas discussões e experimento, qual o efeito da radiação infravermelho em cada um desses casos?

Parte 3 - Fator de Proteção Solar (FPS)

Principalmente quando criança cansamos de escutar que não podemos ficar muito tempo no Sol. Várias marcas de protetores solar visam à importância do seu uso em suas propagandas, ressaltando suas características, novas tecnologias e até mesmo trazendo acessórios para como a propaganda seguinte:

Vídeo - <https://www.youtube.com/watch?v=rIRpel5bvms>



Fonte: <https://www.homemnoespelho.com.br/protetor-solar-com-fps-15-30-ou-60-qual-escolher/>

6) Ao ir à praia, como vocês se protegem do Sol?

7) Porque nossos responsáveis sempre nos alertam para não ficar muito tempo exposto ao Sol, e principalmente evitar um certo horário de Sol. Quais as consequências de não se protegerem?

8) Os impactos citados são benéficos ou maléficos?

9) Vocês se preocupam com o tipo de produto que estão usando para se protegerem do Sol? Qual as características vocês levam em conta ao comprar o produto.

10) Qual é o tipo de radiação específica que precisamos nos proteger com os métodos já citados por vocês?

Experimento 2 - O efeito do que não se vê

Agora vamos colocar em prova o efeito dessa radiação, vão estar disponíveis os seguintes materiais.

- Pedacos de tecidos
- Protetores solar
- Papel Jornal

Como podemos elaborar uma maneira de verificar as precauções discutidas anteriormente, a fim de estudarmos o efeito de ficar exposto ao Sol por longos períodos. Sabendo que temos todo o espaço escolar disponível.

11) Quais são as previsões do seu grupo para esse experimento?

12) Quais preocupações do seu grupo para ter êxito nesse experimento?

13) Como o seu grupo vai registrar a mudança para provar ao professor sobre a verificação feita pelo grupo sobre o efeito de ficar exposto ao Sol.

III. Dia 4 - Entendendo o Painel Fotovoltaico

Transformando a energia solar em Energia Elétrica

O Painel Solar é a tecnologia responsável por fazer conversão da Radiação Solar em Energia Elétrica. Em grupo discutam as seguintes perguntas e justifiquem suas respostas:



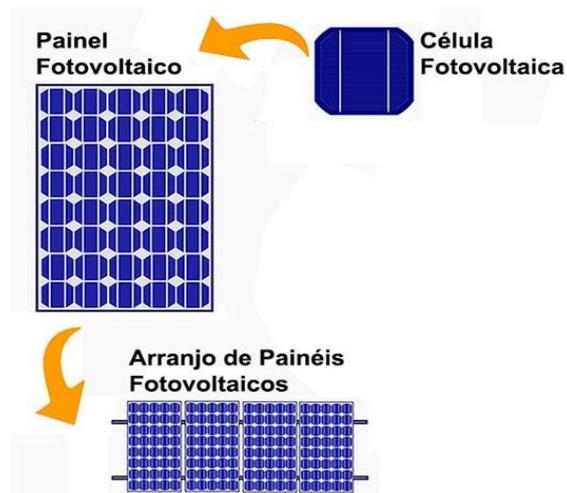
Fonte: <http://www.solstar.com.br/painel-solar-fotovoltaico-flexivel>

- 1) Quanto maior a quantidade da luz que incide no painel solar mais energia elétrica ele produz?
- 2) Vimos que no espectro eletromagnético há vários tipos de radiação. O Painel Solar gera energia elétrica com qualquer tipo de radiação que incide nele?
- 4) Na opinião de vocês o Painel Solar pode ir acumulando a energia vinda do Sol para depois gerar corrente elétrica?
- 5) Do que vocês acham que é feito o Painel Solar? De que tipo de material?
- 6) Quanto vocês acham que custa a instalação das placas solares em uma residência?
- 7) Na opinião do grupo como é o funcionamento do Painel Solar? Afinal, como ele consegue fazer essa transformação de luz em energia elétrica. Se acharem necessário pode desenhar para auxiliar a explicação.

2º Roteiro- Conhecendo o painel Fotovoltaico

A célula fotovoltaica é a responsável pela conversão da radiação solar em energia elétrica e é a menor unidade do sistema. Ao conectarmos várias células, geralmente em série, montamos o Painel fotovoltaico e para alcançarmos a geração de energia suficiente, associamos vários painéis em um único arranjo. Num módulo de 12 volts, são conectados de 30 a 40 células.

Há vários tipos de painéis fotovoltaicos comerciais no mercado, em grande maioria possui em comum o material básico para a sua produção, o Silício. O que diferem eles é a maneira como o Silício é trabalhado para a construção das células.



Existe um fenômeno que explica a transformação da luz em corrente elétrica ao ser incidida sobre uma superfície metálica. Como já vimos anteriormente a luz transporta energia, ao interagir com os elétrons do metal vai ceder a esses uma determinada energia, correspondente à qualidade da luz, assim os elétrons do metal são arrancados originando uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado de **Efeito Fotoelétrico.**

Esse fenômeno só foi explicado devido às ideias de Planck que levanta a ideia sobre a quantização da radiação e vai matematizar, enquanto Einstein propôs a ideia do fóton de luz ou quanta de luz. Mas o que isso significa?

1. Planck mostrou que a energia da Luz é "quantizada", ou seja, vem em pacotes de energia. E cada pacote possui o valor de:

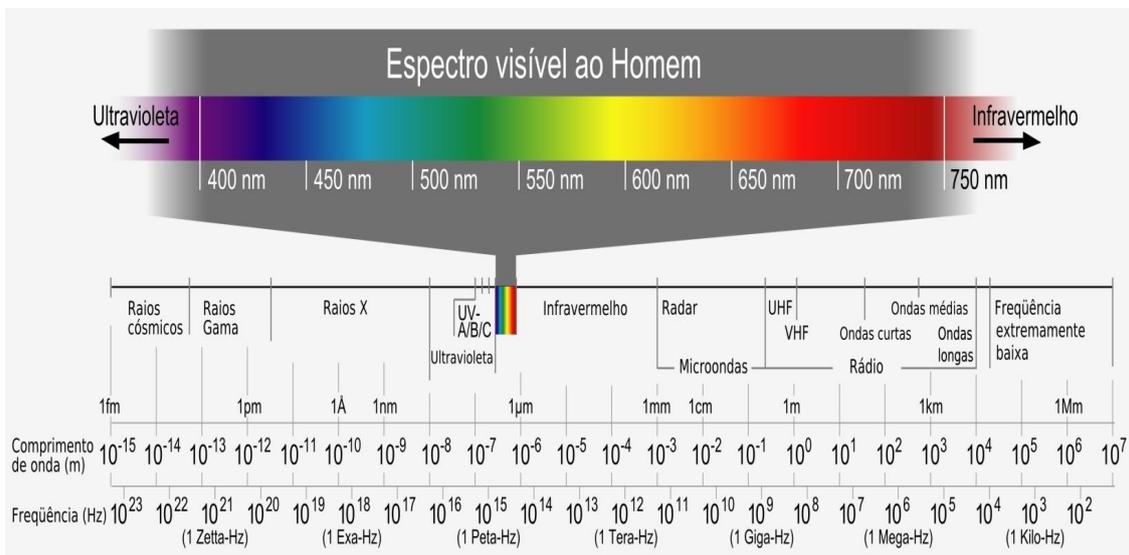
$$E = h \cdot f$$

Sendo f a frequência da luz e h uma constante chamada de Constante de Planck.

2. Einstein "*analisou a luz como se realmente fosse feita de partículas minúsculas - chamou-as de quantum de luz - em vez de ser uma onda contínua.*" (Issacson, W. p.114).

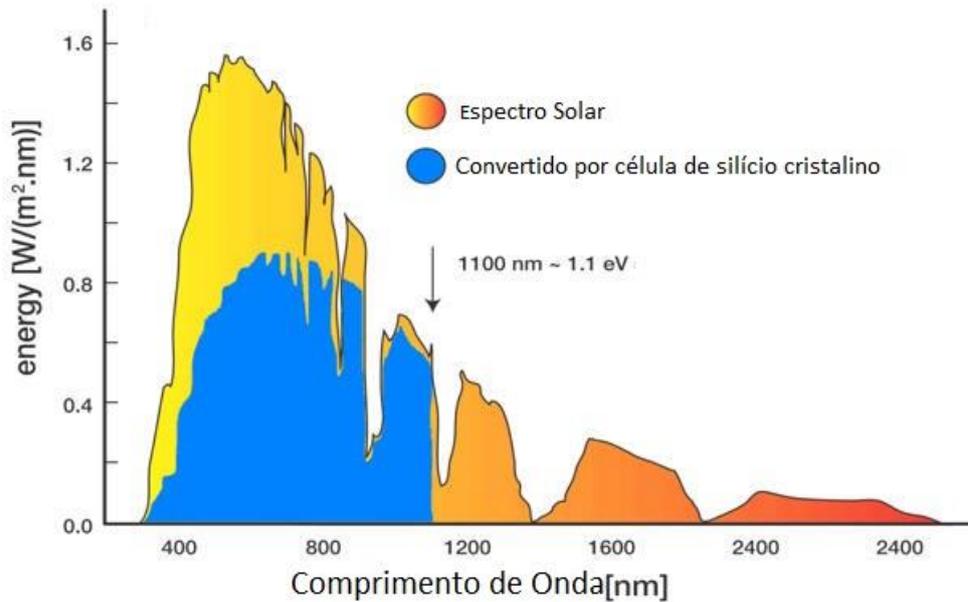
9) Com a explicação dada no trecho acima, ilustre novamente como deve ser o funcionamento de um Painel Solar. Em relação ao primeiro desenho feito pelo seu grupo, houve alterações na explicação? Quais?

Se necessário utilizem a representação do Espectro Eletromagnético para auxiliar na resolução dos itens a seguir



Fonte: http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/#pag4-tab

10) A seguir, temos novamente o espectro da radiação solar, sendo que desta vez há um destaque para a radiação utilizada pela placa solar. Analisando a legenda da figura, identifique qual(is) radiação eletromagnética é convertida em energia elétrica pela célula solar.



Fonte: http://me.hku.hk/solar/My_Homepage_Files/IMG_23.jpg

b) Qual radiação que o painel solar mais absorve?

11) Vimos no Efeito Fotoelétrico que a luz cede energia para os elétrons de tal forma que os arranquem da superfície metálica. Para conseguir esse efeito, a luz precisa ter uma energia mínima para romper a ligação do elétron com seu átomo. Essa energia mínima é chamada de Função Trabalho.

a) Se a energia do fóton for menor que energia mínima, o que acontecerá? Justifique

b) Se a energia do fóton for igual a Função Trabalho, o que vai acontecer? Justifique

c) Se a energia do fóton for maior que a Função Trabalho? O excesso de energia será utilizado? Explique as respostas

12) Na tabela abaixo temos a Função Trabalho de cinco tipos de metais, encontre a frequência necessária que o fóton tem que ter para arrancar os elétrons nesses casos. Considere $h = 6,63 \times 10^{-34}\text{ J/s}$ para a constante de Planck

Metal	Função Trabalho (J)
Sódio	$3,65 \cdot 10^{-19}$
Alumínio	$6,53 \cdot 10^{-19}$
Zinco	$6,90 \cdot 10^{-19}$
Ferro	$7,20 \cdot 10^{-19}$
Prata	$7,57 \cdot 10^{-19}$

a) Analisando o Espectro Eletromagnético, a partir de qual radiação que acontece o Efeito Fotoelétrico nesses materiais?

b) Seria proveitoso usar painéis solares desses materiais?

13) Porque a célula fotovoltaica não aproveita toda radiação Solar?

14) Vimos que a radiação tem energia $h \cdot f$, anteriormente foi apresentado a energia mínima que o elétron precisa para ser arrancado da placa, função trabalho (ϕ). Escreva a equação matemática que expressa a energia que o elétron adquire após sair do metal.

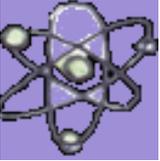
15) Agora formulem uma explicação do Efeito Fotoelétrico para apresentar esse fenômeno para seus colegas de sala. Monte um esquema para tal.

Apêndice D:

Quadro de Vantagens e Desvantagens

I. Quadro de Vantagens

Tipo de Energia	Vantagens	Fontes
<p>Biomassa</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ao se produzir etanol a partir da cana-de-açúcar, cerca de 28% da cana é transformada em bagaço. Este bagaço é uma biomassa comumente aproveitada nas usinas para a produção de vapor de baixa pressão, que é utilizado em turbinas de contrapressão nos equipamentos de extração (63%) e na geração de eletricidade (37%). (1) 2. O Brasil possui condições favoráveis para a produção de energia a partir da biomassa, como a existência de grandes áreas agricultáveis, que podem ser usadas para a produção de biomassa. (1) 3. As usinas térmicas movidas a biomassa, por sua vez, foram vendidas a R\$ 198,94/MWh com deságio de 39,53% (2) 	<p>(1) https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa</p> <p>(2) http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false</p>
<p>Eólica</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. As eólicas, com 114MW em projetos, tiveram deságio de mais de 70%, com a venda da produção futura por R\$ 67,50 – ante cerca de R\$ 97 no ano passado. (1) 2. A energia produzida pelas usinas eólicas chegou a ser responsável por 64% da energia consumida na Região Nordeste, no dia 14 de setembro do ano passado. A ABEEólica estima que o Brasil, cuja capacidade instalada é 12 GW, tenha potencial eólico superior a 500 GW. (1) 3. É inesgotável; Não emite gases poluentes nem gera resíduo; (2) 	<p>(1) https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/04/leilao-de-energia-viabiliza-investimento-de-r-53-bi-em-novas-usinas.shtml</p> <p>(2) https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/</p>
<p>Fóssil</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os combustíveis fósseis têm um valor muito alto em termos de eficiência energética. Assim, a queima de 1 g de combustíveis fósseis libera enorme quantidade de energia. Os reservatórios de combustíveis fósseis são muito fáceis de localizar. (1) 2. Agilidade: as usinas termoelétricas são construídas mais rapidamente do que as hidrelétricas, o que pode significar uma solução em situações de crise; (2) 3. A usina termoelétrica pode ser instalada em regiões habitadas, sem causar problemas. Isso contribui diretamente para a redução de custos com linhas e torres de transmissão de energia elétrica; (2) 	<p>(1) https://www.manutencaoesuprimentos.com.br/combustiveis-fosseis-vantagens-e-desvantagens/</p> <p>(2) https://www.fragmaq.com.br/blog/conheca-vantagens-desvantagens-usina-termoeletrica/</p>
<p>Hídrica</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de fontes renováveis de energia, uma vez que a água é considerada como uma fonte renovável. Não poluição do ar, já que as hidrelétricas não produzem poluentes para lançar na atmosfera, nem subprodutos tóxicos em suas atividades. (1) 2. As hidrelétricas com grandes reservatórios inundam uma área maior e regulam a vazão da água, para que 	<p>(1) https://www.estudopratico.com.br/energia-hidreletrica-vantagens-e-desvantagens/</p> <p>(2)</p>

	<p>se gere mais energia. Esses reservatórios ainda apresentam diversas outras vantagens, como a possibilidade de armazenar mais ou menos água para períodos mais secos ou chuvosos. (2)</p>	<p>https://jornalggn.com.br/noticia/engenheiros-debatem-vantagens-de-reservatorios-em-hidreletricas</p>
<p>Nuclear</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Brasil ocupa a 5ª posição no ranking mundial de reserva de urânio com as 309 mil toneladas, representado 5,3% do total. (1) 2. As usinas não dependem de condições climáticas para seu funcionamento, como ocorre com usinas eólicas e hidrelétricas, por exemplo. (2) 3. Não utilização de combustíveis fósseis, o que significa que não há emissão dos gases poluentes responsáveis pelo efeito estufa, os quais seriam os causadores do aquecimento global. (2) 4. A competitividade da energia nuclear chama a atenção. Enquanto o megawatt-hora (MWh) de uma usina movida a óleo diesel se aproxima de R\$ 600, nas nucleares ele sai por aproximadamente R\$ 250. Quase um terço do montante. Essa diferença reflete diretamente na conta do consumidor. (3) 	<p>(1)https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_I#cite_note-cnn140220-8</p> <p>(2)http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap8.pdf</p>
<p>Solar</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O país possui um grande potencial para gerar eletricidade a partir do Sol. Só para se ter uma ideia, no local menos ensolarado no Brasil é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica (FV). Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, diariamente incide entre 4.444 Wh/m² a 5.483 Wh/m² no país. (2) 2. O sistema fotovoltaico depende exclusivamente de a luz solar, fonte renovável e inesgotável, não há ruídos e poluição, possui mais de 25 anos de vida útil. (1) 3. Por exemplo, um sistema de energia solar fotovoltaico de 3.3 KWp (kilo-watt-pico) no valor de R\$ 25 mil, mais R\$ 6 mil de manutenção no período de 25 anos, é igual a um investimento total de R\$ 31 mil. (3) <ol style="list-style-type: none"> a. Em 25 anos, a energia gerada será de aproximadamente 94 mil kWh. Se dividirmos o valor do investimento pela energia gerada chegaremos ao preço de R\$ 0,31/kWh. Um valor 57,6% mais barato que a tarifa de energia elétrica atual no estado do Rio de Janeiro, que custa R\$ 0,73. (3) 4. Leilão de geração "A-4" termina com deságio de 59,07% (...)Os 29 empreendimentos fotovoltaicos tiveram o preço médio final de R\$ 118,07/MWh representando a contratação de 40.060.620 MWh de energia. (4) 	<p>(1) http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/</p> <p>(2) http://americadosol.org/potencial-solar-no-brasil/</p> <p>(3) https://www.enelx.com.br/blog/2017/01/custo-de-energia-solar-despenca-nos-ultimos-40-anos/</p> <p>(4) http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false</p>

II. Quadro de Desvantagens

Tipo de Energia	Desvantagens	Fontes
<p>Biomassa</p> 	<p>4. Em média, a energia de biomassa perdida para o ambiente em forma de calor representa de 60% a 70% da energia total do combustível. Desse modo, a eficiência do gerador fica em torno de aproximadamente 30% a 40%. (1)</p> <p>5. No entanto, apesar de não ser um combustível fóssil, de acordo com estudo (3), a queima da biomassa é uma das maiores fontes mundiais de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa. (1)</p> <p>6. Leilão de geração "A-4" termina com deságio de 59,07% (...) Os dois empreendimentos térmicos a biomassa tiveram o preço médio final de R\$ 198,94/MWh (3)</p>	<p>(1) https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa</p> <p>(2) http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132004000200015&script=sci_arttext</p> <p>(3) http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false</p>
<p>Eólica</p> 	<p>4. A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração; (1)</p> <p>5. Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores em redor, a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem; (1)</p> <p>6. Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais de migração; (1)</p> <p>7. Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante (43dB(A)). As habitações mais próximas deverão estar no mínimo a 200 metros de distância. (1)</p>	<p>(1) https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/</p>
<p>Fóssil</p> 	<p>4. A queima de combustíveis fósseis sempre vai emitir muito dióxido de carbono (CO₂) e mais um pouco de outros gases que causam o efeito estufa. (1)</p> <p>5. Em 1977, a emissão de componentes químicos tóxicos como monóxido de carbono, benzeno, óxidos de enxofre e nitrogênio, hidrocarbonetos e material particulado (partículas de poluentes suspensas no ar) liberados em Cubatão ultrapassava mil toneladas por dia. (2)</p> <p style="padding-left: 20px;">a. A cidade tinha altos índices de doenças respiratórias e, em 1981, dezenas de crianças nasceram com anencefalia e outras malformações do sistema nervoso. (2)</p> <p>6. Custo final: em geral, a energia elétrica gerada em usinas termoeletricas é mais cara por causa dos combustíveis fósseis e quem paga esta diferença é o consumidor. (3)</p>	<p>(1) http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia</p> <p>(2) https://www.bbc.com/portuguese/brasil-39186927</p> <p>(3) https://www.fragmaq.com.br/blog/conheca-vantagens-desvantagens-usina-termoeletrica/</p>

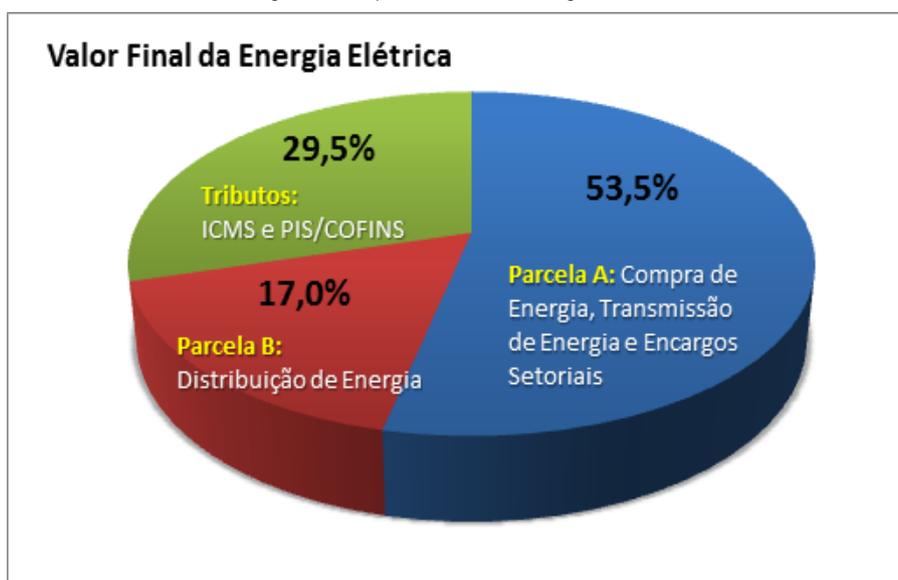
<p>Hídrica</p> 	<p>3. Expropriações de comunidades, já que em muitas ocasiões as áreas nas quais são instaladas as usinas já eram anteriormente ocupadas por comunidades indígenas ou tradicionais. (1)</p> <p>a. Entre 1975 e 1977, as quase 12 mil famílias de Casa Nova, Remanso, Pilão Arcado e Sento Sé foram obrigadas a deixar suas casas e se mudar para as novas sedes das cidades. Os antigos municípios foram engolidos pelo São Francisco e deram lugar a 34 bilhões de metros cúbicos de água. As famílias foram transferidas para os locais construídos pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf). (1)</p> <p>4. Há também uma disputa sobre quanto metano é emitido nos reservatórios. Quando um reservatório é cheio, muita vegetação fica submersa. Na Usina de Tucuruí, árvores inteiras ficaram debaixo d'água porque não houve o cuidado em tirá-las de lá. Com o tempo, essa vegetação apodrece sem oxigênio, gerando o gás metano. Como esse gás tem o potencial de aquecimento global 28 vezes maior do que o dióxido de carbono, o CO₂, um reservatório pode ser um grande emissor e ter um impacto mensurável no aquecimento global. (2)</p> <p>5. O porte da usina também determina as dimensões da rede de transmissão que será necessária para levar a energia até o centro de consumo. No caso das hidrelétricas, quanto maior a usina, mais distante ela tende a estar dos grandes centros. Assim, exige a construção de grandes linhas de transmissão em tensões alta e extra-alta (de 230 kV a 750 kV) que, muitas vezes, atravessam o território de vários Estados. (3)</p> <p>6. Leilão de geração "A-4" termina com deságio de 59,07% (...) Os 4 empreendimentos hidrelétricos tiveram o preço médio final de R\$ 198,12/MWh. (4)</p>	<p>(1)http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/aparicao-de-ruinas-revela-memorias-de-moradores-de-cidades-inundadas-na-bahia</p> <p>(2)http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia</p> <p>(3)https://www.ccee.org.br/porta-l/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_adf.ctrl-state=pu809onz5_5&_afLoop=294887941826161#!</p> <p>(4)http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false</p>
<p>Nuclear</p> 	<p>5. Acidente nuclear de Fukushima Daiichi foi um desastre nuclear ocorrido na Central Nuclear de Fukushima I em 11 de março de 2011, causado pelo derretimento de três dos seis reatores nucleares da usina. A falha ocorreu quando a usina foi atingida por um tsunami provocado por um maremoto de magnitude 8,7. A usina começou a liberar quantidades significativas de material radioativo em 12 de março. (1)</p> <p>a. Em agosto de 2013, uma enorme quantidade de água radioativa foi um dos problemas mais urgentes que afetam o processo de limpeza do local, que deve durar décadas. Houve contínuos vazamentos de água contaminada na usina e alguns no mar. (1)</p> <p>b. Embora nenhuma morte por exposição à radiação tenha sido relatada, cerca de 300 mil pessoas foram evacuadas da área.</p>	<p>(1)https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_I#cite_note-cnn140220-8</p> <p>(2)http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap8.pdf</p>

	<p>6. Isto porque toda a cadeia produtiva do urânio – da extração à destinação dos dejetos derivados da operação da usina – é permeada pela radioatividade. (2)</p>	
<p>Solar</p> 	<p>1. A aquisição e instalação de um sistema fotovoltaico, quer ele seja conectado à rede (On-Grid) ou isolado (Off-Grid), representa um alto investimento inicial, já que sistemas conectados de 1.500 Watts, por exemplo, não saem por menos de R\$ 10.000,00. (1)</p> <p>2. Trata-se, então, de uma fonte intermitente, ou seja, aquela que não pode ser fornecida continuamente devido a fatores não controláveis. (1)</p> <p>3. Os painéis solares têm um rendimento de apenas 25%. (2)</p>	<p>(1) http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/</p> <p>(2) https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/</p>

Informações Gerais da Conta de Luz

A figura abaixo representa a composição da tarifa energética para cada um dos custos explicitados. Os custos de energia representam atualmente a maior parcela de custos (53,5%), seguido dos custos com Tributos (29,5%). A parcela referente aos custos com distribuição representa 17% dos custos das tarifas.

Figura X - Impostos sobre a energia elétrica



Fonte: ANAEL -

http://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false

A partir de fevereiro de 2016, o sistema passou a ser composto por quatro bandeiras tarifárias: as bandeiras verde, amarela e dois níveis de vermelha. Atualmente, o sistema é válido para todo o país, com exceção do estado de Roraima, que não faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN). As bandeiras são definidas mensalmente e são informadas na própria conta de

luz. Se ela estiver na cor verde, a tarifa não sofre nenhum acréscimo. A bandeira amarela, que até fevereiro deste ano acrescia R\$1,50 para cada 100kWh, foi ajustada em R\$2,00 para cada 100kWh consumidos no mês. A bandeira vermelha no patamar 1 acresce R\$3,00 a cada 100 kWh consumidos e a vermelha patamar 2, que também foi reajustada, acresce R\$3,50 a cada 100 kWh (R\$4,50 antes do reajuste). (Shareenergy, 2017)

Figura X - Valor das bandeiras tarifárias



Fonte : Shareenergy - <http://shareenergy.com.br/custo-da-energia-eletrica/>

Apêndice E:

Fichas de Argumentos

ENERGIA FÓSSIL

A queima de combustíveis fósseis sempre vai emitir muito dióxido de carbono (CO₂) e mais um pouco de outros gases que causam o efeito estufa.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA FÓSSIL

Em 1977, a emissão de componentes químicos tóxicos como monóxido de carbono, benzeno, óxidos de enxofre e nitrogênio, hidrocarbonetos e material particulado (partículas de poluentes suspensas no ar) liberados em Cubatão ultrapassava mil toneladas por dia.

A cidade tinha altos índices de doenças respiratórias e, em 1981, dezenas de crianças nasceram com anencefalia e outras malformações do sistema nervoso.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA FÓSSIL

Custo final: em geral, a energia elétrica gerada em usinas termoeletricas é mais cara por causa dos combustíveis fósseis e quem paga esta diferença é o consumidor.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA EÓLICA

A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração.



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA EÓLICA

Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores em redor, a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem;



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA EÓLICA

Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais de migração.



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA EÓLICA

Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante (43dB(A)). As habitações mais próximas deverão estar no mínimo a 200 metros de distância



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA DE BIOMASSA

Em média, a energia de biomassa perdida para o ambiente em forma de calor representa de 60% a 70% da energia total do combustível. Desse modo, a eficiência do gerador fica em torno de aproximadamente 30% a 40%.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa>

ENERGIA DE BIOMASSA

No entanto, apesar de não ser um combustível fóssil, de acordo com estudo, a queima da biomassa é uma das maiores fontes mundiais de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa.



Fontes: <https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa>
http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-1656877?inheritRedirect=false

ENERGIA DE BIOMASSA

Leilão de geração “A-4” termina com deságio de 59,07% (...) Os dois empreendimentos térmicos a biomassa tiveram o preço médio final de R\$ 198,94/MWh.



Fonte: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-1656877?inheritRedirect=false

ENERGIA NUCLEAR

Acidente nuclear de Fukushima Daiichi foi um desastre nuclear ocorrido na Central Nuclear de Fukushima I em 11 de março de 2011, causado pelo derretimento de três dos seis reatores nucleares da usina. A falha ocorreu quando a usina foi atingida por um tsunami provocado por um maremoto de magnitude 8,7. A usina começou a liberar quantidades significativas de material radioativo em 12 de março.



FONTE: https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_#cite_note-cnn140220-8

ENERGIA NUCLEAR

Em agosto de 2013, uma enorme quantidade de água radioativa foi um dos problemas mais urgentes que afetam o processo de limpeza do local, que deve durar décadas. Houve contínuos vazamentos de água contaminada na usina e alguns no mar. Embora nenhuma morte por exposição à radiação tenha sido relatada, cerca de 300 mil pessoas foram evacuadas da área.



FONTE: https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_#cite_note-cnn140220-8

ENERGIA NUCLEAR

Toda a cadeia produtiva do urânio – da extração à destinação dos dejetos derivados da operação da usina – é permeada pela radioatividade.



FONTE: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap8.pdf

ENERGIA SOLAR

A aquisição e instalação de um sistema fotovoltaico, quer ele seja conectado à rede (On-Grid) ou isolado (Off-Grid), representa um alto investimento inicial, já que sistemas conectados de 1.500 Watts, por exemplo, não saem por menos de R\$ 10.000,00.



FONTE: <http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>

ENERGIA SOLAR

Trata-se, então, de uma fonte intermitente, ou seja, aquela que não pode ser fornecida continuamente devido a fatores não controláveis.



FONTE: <http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>

ENERGIA SOLAR

Os painéis solares têm um rendimento de apenas 25%.



FONTE: <http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>

ENERGIA HÍDRICA

Expropriações de comunidades, já que em muitas ocasiões as áreas nas quais são instaladas as usinas já eram anteriormente ocupadas por comunidades indígenas ou tradicionais. Entre 1975 e 1977, as quase 12 mil famílias de Casa Nova, Remanso, Pilão Arcado e Sento Sé foram obrigadas a deixar suas casas e se mudar para as novas sedes das cidades. Os antigos municípios foram engolidos pelo São Francisco e deram lugar a 34 bilhões de metros cúbicos de água.



FONTE: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/aparicao-de-ruinas-revela-memorias-de-moradores-de-cidades-inundadas-na-bahia>

ENERGIA HÍDRICA

Há também uma disputa sobre quanto metano é emitido nos reservatórios. Quando um reservatório é cheio, muita vegetação fica submersa. Na Usina de Tucuruí, árvores inteiras ficaram debaixo d'água porque não houve o cuidado em tirá-las de lá. Com o tempo, essa vegetação apodrece sem oxigênio, gerando o gás metano. Como esse gás tem o potencial de aquecimento global 28 vezes maior do que o dióxido de carbono, o CO₂, um reservatório pode ser um grande emissor e ter um impacto mensurável no aquecimento global.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA HÍDRICA

O porte da usina também determina as dimensões da rede de transmissão que será necessária para levar a energia até o centro de consumo. No caso das hidrelétricas, quanto maior a usina, mais distante ela tende a estar dos grandes centros. Assim, exige a construção de grandes linhas de transmissão em tensões alta e extra-alta (de 230 kV a 750 kV) que, muitas vezes, atravessam o território de vários Estados.



FONTE: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_adf.ctrl-state=pu809onz5_5&_afriLoop=294887941826161#!

ENERGIA HÍDRICA

Leilão de geração “A-4” termina com deságio de 59,07% (...) Os 4 empreendimentos hidrelétricos tiveram o preço médio final de R\$ 198,12/MWh.



FONTE: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false