



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**Micro Usina Solar e o Efeito Fotovoltaico para Alunos
do Terceiro Ano do Ensino Médio.**

Derbiano Alves Soares

BRASÍLIA – DF
2018



Micro Usina Solar e o Efeito Fotovoltaico para Alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio.

Derbiano Alves Soares

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (UNB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof^a. Dr^a. Vanessa Carvalho de Andrade

Orientadora

Brasília-DF

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Derbiano Alves Soares

Micro Usina Solar e o Efeito Fotovoltaico para Alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (UNB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 27/07/2018

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade (Presidente IF-UNB)

Prof. Dr. José Leonardo Ferreira

(Membro interno vinculado ao programa IF-UNB)

Prof. Dr. Erondina Azevedo de Lima

(Membro Externo IF-UNB)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Soares, Derbiano Alves

Micro usina solar e o efeito fotovoltaico para alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio / Derbiano Alves Soares.

Brasília 2018.
95f.

Dissertação de Mestrado – Curso de Física. Área de Ensino de Física – Universidade de Brasília, 2018. Orientadora: Prof^a. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade.

1. Micro Usina Solar. 2. Efeito Fotovoltaico 3. Ensino Médio.

I. Universidade de Brasília.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOARES, Derbiano Alves. **Micro usina solar e o efeito fotovoltaico para aluno do terceiro ano do ensino médio**. 95f. Dissertação de Mestrado

– Universidade de Brasília.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Derbiano Alves Soares

TÍTULO DO TRABALHO: Micro usina solar e o efeito fotovoltaico para alunos do terceiro ano do ensino médio

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Derbiano Alves Soares
UnB - Campus Darcy Ribeiro - Asa
Norte 720910-900 – Brasília - DF -
Brasil

AGRADECIMENTOS

À minha família que me apoiou e me ajudou no que foi preciso, mesmo em momentos ausentes ou distantes.

Aos meus amigos e colegas de trabalho que dedicaram um tempo especial para discutirmos sobre o ensino e que também serviram de inspiração para cada vez mais estudar o assunto.

Aos meus amigos e colegas de mestrado que durante todo o curso agimos como uma grande equipe, ajudando e apoiando uns aos outros.

Agradeço a Prof. Dr. Vanessa Carvalho de Andrade, minha orientadora que sempre me apoiou, sempre depositou uma confiança no meu trabalho, pelos conselhos que me prestou, pela atenção e disponibilidade que sempre prestou em nossas reuniões e por tudo aquilo que fez por mim, tenho certeza que depois do desenvolvimento deste trabalho em conjunto com minha orientadora me tornei um professor e um ser humano muito melhor, seus ensinamentos levo comigo para minha vida e para minha carreira.

À Sociedade Brasileira de Física pelo programa. À Universidade de Brasília, por mais uma vez me receber como membro discente. À CAPES pelo apoio financeiro.

Aos meus alunos, fonte de inspiração que me incentivaram a buscar alternativas diferentes das tradicionais para o ensino de física.

Resumo

No presente trabalho é apresentada uma proposta de sequência didática a ser aplicada para alunos do terceiro ano do ensino médio cujo tema é Energia Solar. A abordagem é feita em nível introdutório, por meio dos seguintes enfoques (i) através de uma micro usina solar, como ferramenta experimental (ii) exposição do efeito fotovoltaico, que compõe o conteúdo de física moderna e finalmente (iii) realização de discussões sociais sobre o tema, que resulta na inserção do conteúdo ministrado no cotidiano do aluno. Existe uma carência deste conteúdo em livros didáticos e materiais para o ensino médio, sendo fundamental a construção de um trabalho com esta orientação, que relacione as situações cotidianas dos alunos com os problemas de produção de energia, sendo evidenciado e destacado neste trabalho a questão da energia solar. O referencial teórico para a confecção do produto educacional e aplicação do mesmo está baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e o apelo pela contextualização e utilização de temas controversos e sociopolíticos seguem Paulo Freire. A aplicação da sequência didática ocorreu no Centro de Ensino Médio 02 do Cruzeiro, escola de ensino médio do Cruzeiro Novo, cidade satélite de Brasília. Para aplicação da sequência didática foram utilizados seis encontros de aulas duplas no turno matutino e tal conteúdo foi inserido na grade curricular do terceiro ano desta escola. Ao final deste trabalho é apresentada uma descrição comentada das aulas à luz dos referenciais teóricos assim como uma análise do pré-teste e pós-teste. Como resultado, podemos destacar o crescimento na linguagem técnica e científica dos alunos e o interesse deles em convergir o conteúdo ministrado com temas contextualizados e controversos. O produto educacional deste trabalho é composto por uma sequência didática que serve como orientação e material de apoio para aqueles professores que desejam inserir tal conteúdo em suas aulas, sendo que o mesmo pode ser adaptado ou reproduzido na íntegra ou em partes para o desenvolvimento de projetos similares.

Palavras chaves: Ensino de Física, Micro usina Solar, Efeito Fotovoltaico.

Abstract

In the present work is presented a proposal of a didactic sequence to be applied to students of the third year of high school whose theme is Solar Energy. The approach is done at the introductory level, through the following approaches (i) through a solar micro-power plant as an experimental tool (ii) exposition of the photovoltaic effect, which composes the content of modern physics and finally (iii) on the subject, which results in the insertion of the content taught in the daily life of the student. There is a lack of this content in textbooks and materials for high school, being essential to build a work with this orientation, which relates the daily situations of students with the problems of energy production, being highlighted and highlighted in this work the question of solar energy. The theoretical reference for the preparation of the educational product and its application is based on Ausubel's Theory of Significant Learning and the appeal for the contextualization and use of controversial and sociopolitical themes follow Paulo Freire. The application of the didactic sequence occurred at Cruzeiro Novo High School, Cruzeiro Novo, a satellite city of Brasília. For the application of the didactic sequence, seven meetings of double classes were used in the morning shift and this content was inserted in the curriculum of the third year of this school. At the end of this paper an annotated description of the classes is presented in light of the theoretical references as well as a pre-test and post-test analysis. As a result, we can highlight the growth in students' technical and scientific language and their interest in converging content delivered with contextualized and controversial themes. The educational product of this work consists of a didactic sequence that serves as guidance and support material for those teachers who wish to insert such content in their classes, and it can be adapted or reproduced in whole or in parts for the development of projects similar.

Keywords: Physics Teaching, Solar Micro Power Plant, Photovoltaic Effect.

Lista de Figuras

Figura 1: Esquema da micro usina solar.....	54
Figura 2: Resistência do Chuveiro.....	72
Figura 3: Ficha técnica do seu sistema gerador.....	62
Figura 4: Sistema Fotovoltaico.....	78
Figura 5: Etapas do aproveitamento fotovoltaico.....	78

Lista de Tabelas

Tabela 1. Dados de tensão e corrente elétrica.....	58
Tabela 2. Dados experimentais de tensão e corrente elétrica.....	71

Lista de Abreviações.

LDB – Lei de Diretrizes e Base da educação.

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

Lista de Gráficos

Resultado do Pré-teste e Pós-teste. Pergunta 1.....	41
Resultado do Pré-teste e Pós-teste. Pergunta 2.....	42
Resultado do Pré-teste e Pós-teste. Pergunta 3.....	43
Resultado do Pré-teste e Pós-teste. Pergunta 4.....	44
Resultado do Pré-teste e Pós-teste. Pergunta 5.....	45
Resultado do Pré-teste e Pós-teste. Pergunta 6.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. ESTUDOS ANTERIORES	18
2.1 Células Solares: Uma Abordagem Experimental no Ensino de Estrutura Atômica e Ligações Químicas.	18
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: Conceitos e Aplicações para o Ensino Médio.	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel	21
3.2 Paulo Freire: Temas geradores. Contextualização e uso de temas controversos.	24
4 METODOLOGIA	26
4.1 Características da escola	26
4.2 Metodologia de construção do Produto Educacional.	27
4.3 Metodologia de aplicação do Produto Educacional.	28
5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	28
5.1 Relato e discussão da experiência de aplicação	29
5.1.1 1º Encontro. Aplicação do pré-teste e montagem do aparato experimental. ...	29
5.1.2 2º Encontro. Aula experimental utilizando as placas solares.	30
5.1.3 3º Encontro. Aula expositiva utilizando simulador de uma micro usina solar. ...	32
5.1.4 4º Encontro. Aula teórica sobre o Efeito Fotovoltaico.	34
5.1.5 5º Encontro. Discussão ambiental e aplicação do pós-teste.....	36
5.1.6 6º Encontro. Apresentação de seminários.	37
6. APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE	40
6.1 Pergunta 1: <i>“Construa um esboço (desenho ou esquema) de uma micro usina solar e explique cada um dos elementos que ela possui.”</i>	42
6.2 Pergunta 2: <i>“Explique como é o processo de transformação de energia solar em energia elétrica pelas placas fotovoltaicas. (Efeito Fotovoltaico).”</i>	43
6.3 Pergunta 3: <i>“Como poderíamos transformar energia solar em térmica? Principalmente para aquecimento da água. ”</i>	44
6.4 Pergunta 4: <i>“Como poderíamos utilizar a energia solar no período da noite?”</i>	45
6.5 Pergunta 5: <i>“Para a construção de placas fotovoltaicas são utilizados quais tipos de materiais?”</i>	46
6.6 Pergunta 6: <i>“Explique o que é junção P-N e o processo de dopagem do semicondutor silício.”</i>	47

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICE. A.....	55
APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	55
PROPOSTA PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	56
ENCONTRO 1	56
ENCONTRO 2	59
ENCONTRO 3	60
ENCONTRO 4	63
ENCONTRO 5	64
ENCONTRO 6	65
APÊNDICE. B - PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE	67
APÊNDICE. C - ROTEIRO EXPERIMENTAL 1.....	68
APÊNDICE. D - ROTEIRO EXPERIMENTAL 2.....	70
APÊNDICE. E- TEXTO DE APOIO. SEMICONDUTORES E A ENERGIA FOTOVOLTAICA	72
APÊNDICE. F- TEXTO DE APOIO FÍSICA SOLAR E O CLIMA.....	83
APÊNDICE. G – VÍDEOS E REPORTAGENS SOBRE ENERGIA SOLAR.....	91

1. INTRODUÇÃO

Docentes da disciplina de Física da educação básica estão convencidos de que os alunos se sentem desmotivados em aprender Física somente quando é utilizado métodos tradicionais, em que prevalecem a memorização e aplicação de fórmulas e conceitos abstratos. Por isso, é comum a utilização de temas geradores como recurso didático importante na contextualização das aulas de física com o objetivo de ser um elemento motivador, que consiga aproximar o conteúdo a ser ministrado com o cotidiano e vivência dos discentes. A contextualização seria um encurtador entre o entendimento do modelo teórico e a realidade (FREIRE,1985, p.114).

No cotidiano escolar é notória a preocupação com novas práticas educacionais que aumentem o interesse do aluno pelo conteúdo ensinado. O método tradicional de ensino pode não ser mais capaz de competir com a tecnologia existente como *smartphones*, *tablets* e *internet*; como já escutei nos corredores, “o mundo lá fora é muito mais interessante que a escola”. Por isso a necessidade de buscar estratégias de ensino que sejam atrativas para o aluno e para o professor.

Como o professor numa sala de aula clássica pode concorrer com tudo que parece ser mais interessante que a sala de aula? Este trabalho é uma tentativa de melhorar o interesse do aluno e do professor por uma parte da Física, tornar o ensino de eletromagnetismo e física moderna motivadores e significativos para os alunos.

Importante salientar que os alunos das escolas públicas não possuem o hábito ou a oportunidade de frequentar teatros, cinemas, museus, além do acesso a centros de produção de trabalhos científicos como as universidades, e principalmente as aulas em laboratórios, que são escassas ou mesmo inexistentes.

Temática importante que vem ganhado destaque nas aulas de Física é a produção de energia elétrica, sustentabilidade e redução de agentes poluidores, e nesta perspectiva, a produção de energia elétrica através de células fotovoltaicas vem participando do cotidiano dos nossos alunos, considerando que a mesma está sendo utilizada em diversas áreas do Distrito Federal, no fornecimento de energia elétrica para placas de trânsito, informações ao motorista e monitoramento rodoviário por câmeras e semáforos. A grande vantagem é que esses sistemas podem estar isolados da rede elétrica ou placas de avisos podem ser deslocadas pelas vias sem a

necessidade de se preocupar em seguir a rede elétrica. Além do citado anteriormente, cada vez mais residências estão utilizando a energia solar para o aquecimento de água, ou para a produção de energia através de células fotovoltaicas. Tudo isso faz parte do cotidiano dos alunos, eles estão acostumados a observarem tais situações quase que todos os dias.

A proposta deste trabalho é a produção e aplicação de um produto educacional que consiste em uma sequência didática baseada nas teorias educacionais de David Ausubel, no que diz respeito à aprendizagem significativa, e na teoria educacional de Paulo Freire, no que diz respeito ao apelo social, contextualização com o cotidiano real do aluno e uso de temas geradores. A partir desse direcionamento, a confecção do produto educacional manteve a preocupação de considerar a utilização da energia solar como tema gerador para contextualização com o cotidiano do aluno, e em realizar um pré-teste e conversas sobre o assunto com os alunos, para reconhecer os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto.

O produto educacional possui como cerne a utilização de uma micro usina solar como ferramenta experimental, a qual os alunos são levados a explorar de maneira independente, a partir de roteiro auto explicativo. Conta ainda com simulações computacionais, que ilustram o tema de maneira mais abrangente e ágil, e se preocupa em abordar, em nível adequado, os conceitos físicos que envolvem o processo fotovoltaico, mesmo sendo muito complexo e nada trivial. Optamos por não deixar de utilizar a matemática básica, que consideramos tão importante, e assim abordar, em nível introdutório, a modelização e abstração do processo. Finalmente, o material aproveita o apelo social que o tema nos proporciona.

A aplicação da sequência didática ocorreu para alunos do 3º ano do ensino médio, no 3º bimestre letivo, numa escola de ensino médio do Cruzeiro Novo, cidade satélite de Brasília, onde foram realizados seis encontros. É importante observar que os alunos já tiveram, em outros momentos, aulas sobre eletricidade básica em bimestres anteriores, e tiveram contato, portanto, com conceitos básicos como corrente elétrica, resistência, tensão, potência elétrica e circuitos básicos.

Para a aplicação da sequência didática foram oferecidos aos alunos materiais como: (i) questionário inicial, pré-teste, que serviu para avaliação de conhecimentos

prévios dos mesmo e comparativo com um questionário final, pós-teste (ii) textos de apoio para melhor compreensão dos conceitos envolvidos (iii) roteiros experimentais (iv) vídeos sobre o assunto e (v) sites de pesquisas. Todo esse material está disponível no produto educacional como material de apoio ao professor que poderá ser utilizado para realização de trabalhos similares.

Os encontros foram realizados em horários de aula dupla, com total de uma hora e trinta minutos, e neles foram abordados:

1º Encontro: Aplicação do pré-teste, problematização inicial e montagem da micro usina solar com os alunos.

2º Encontro: Realização de experimentos com a utilização da micro usina solar com apoio de roteiros experimentais, que podem ser consultados nos apêndices.

3º Encontro: No primeiro momento da aula, revisão sobre a energia solar térmica utilizada para aquecimento de água. E no segundo momento, realização de uma discussão sobre a produção de energia da micro usina solar e sobre o consumo de energia nas residências dos alunos, com o auxílio de um simulador que fornece dados sobre a construção de uma micro usina solar conforme as necessidades de cada um.

4º Encontro: Introdução do conteúdo de física moderna. Efeito Fotovoltaico, processo de dopagem do Silício, Junção P-N.

5º Encontro: Finalização do projeto com uma discussão socioambiental sobre o assunto. Aplicação do pós-teste.

6º Encontro: Apresentação de seminários relacionados ao tema, propostos e desenvolvidos pelos alunos.

A organização desta dissertação foi dividida em capítulos para uma melhor compreensão do leitor:

No capítulo 2 é apresentada uma revisão de trabalhos anteriores relacionados ao assunto “energia solar” e sua aplicação para alunos do ensino médio.

O capítulo 3 apresentará alguns aspectos dos referenciais teóricos relevantes para o nosso trabalho, abordando um pouco sobre a aprendizagem significativa de

David Ausubel e introduzindo algumas ideias sobre os temas geradores, contextualização e usos de temas controversos de Paulo Freire.

No capítulo 4 são apresentadas as metodologias de construção e aplicação do produto educacional, além das principais características da escola de ensino médio onde foi desenvolvido o trabalho.

O capítulo 5 é dedicado à descrição dos encontros em que ocorreu a aplicação do produto educacional, assim como, realiza uma discussão sobre a experiência de aplicação da sequência didática.

O capítulo 6 é composto pela apresentação e análise dos dados obtidos com a realização do pré-teste e do pós-teste.

No capítulo 7 encontram-se as principais reflexões, conclusões e considerações finais sobre o trabalho.

No capítulo 8 são apresentadas todas as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

2. ESTUDOS ANTERIORES

Considerando que em nossa sociedade é cada vez mais comum o discurso sobre energias renováveis e meios de produção de energia, assim como o reconhecimento de problemas relativos à crise energética, e finalmente como essa temática vem sendo abordada em sala de aula, se faz necessária a realização de uma pesquisa, ainda que parcial, relativa aos trabalhos desenvolvidos e publicados na área. Optamos por destacar diretamente dois trabalhos que envolvem discussões em sala de aula sobre a energia solar e a células fotovoltaicas, apresentando-os forma resumida.

2.1 Células Solares: Uma Abordagem Experimental no Ensino de Estrutura Atômica e Ligações Químicas.

De acordo com Wesley et al. (2017), o ensino de química e física deve ser desenvolvido a partir de situações que envolvam os aspectos socioculturais, ambientais e econômicos, a fim de envolver os alunos nas diversas situações do cotidiano. Para tanto, é necessário garantir o interesse dos alunos; há necessidade de se sentirem motivados a aprender e se reconhecerem como peça fundamental no processo ensino aprendizagem. É vital que o conteúdo faça sentido para o aluno, que ele se sinta confortável para participar, sanar dúvidas e opinar sobre o assunto.

Segundo Wesley et al. (2017), A experimentação tem se demonstrado um motivador para esse tipo de disciplina, uma vez que os alunos estão envolvidos de forma motivacional e lúdica. A atividade experimental traz a proximidade do conteúdo ao aluno, além proporcionar aprendizado de forma fácil e informal. Corresponde a uma situação didática muito mais atrativa à atual geração do que a aula expositiva, em que somente o professor participa.

Ao realizar um experimento, o aluno deve se fundamentar na ciência os resultados obtidos. Entretanto, cabe ao professor intervir para que os conceitos sejam aplicados de forma correta e não criar nos alunos uma imagem distorcida da ciência e do saber científico. Além disso, a prática experimental permite a problematização de conceitos que se deseja ensinar.

Nesse contexto, os temas utilizados em sala de aula precisam caminhar com os interesses do aluno e da sociedade. Temas correlacionados a fontes de energia

renováveis, soluções para energias convencionais, meio ambiente e formas ecológicas de geração de energia estão em alta para as aulas de física, tendo em vista o envolvimento das preocupações da sociedade e a facilidade desses temas em serem trabalhados de forma experimental.

Os sistemas fotovoltaicos são muito comuns na atualidade, sendo empregados para geração de energia de calculadoras, relógios, satélites, sistema de telecomunicações, sensores e até vigilância remota. As células fotovoltaicas são confeccionadas através de substâncias semicondutoras onde os mesmos apresentam característica sólido cristalino, de condutividade intermediária entre condutores e isolantes. O material mais utilizado é o silício, devido à baixa toxicidade, grande disponibilidade e tecnologia já consolidada na indústria microeletrônica.

Para compreender o funcionamento da célula solar, é necessário o envolvimento dos saberes de física e química, interagindo ainda conhecimentos de economia, questões socioambientais e geográficas, sendo então excelente tema gerador de conhecimentos interdisciplinar para o ensino de química e física.

Durante o estudo realizado por Wesley et al. (2017), foi observado o impacto da aula experimental sobre o tema energia fotovoltaica aplicado a alunos da disciplina de química. No início do processo, pôde-se observar uma maior participação por parte dos alunos no levantamento de questões sobre o experimento. Foi possível também verificar o aumento do interesse dos alunos pelo tema, manifestando habilidades cognitivas; alguns alunos associaram a experiência ao cotidiano, citando que já haviam visto as placas solares em telhados.

Ficou claro através do estudo que 100% dos alunos alcançaram o objetivo de forma significativa. O retorno dos alunos, ao término do projeto, foi a sugestão de que todas as aulas pudessem ser voltadas à aplicação de temas do dia a dia, já que às vezes eles se sentem distantes do que está sendo ministrado em sala.

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: Conceitos e Aplicações para o Ensino Médio.

O presente trabalho se tornou uma excelente ferramenta para auxílio do professor na aplicação do conteúdo voltado para energia solar, pois o mesmo

apresenta um material didático muito amplo e detalhado, que se preocupa em levar em consideração os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e as Leis de Diretrizes Bases da Educação Nacional (LDB).

Segundo Souza (2016), neste trabalho é apresentada a parte teórica necessária para entender todo o processo de obtenção de energia elétrica a partir de células fotovoltaicas. Todo o material é composto por um conjunto de teorias que descrevem o processo, onde podemos citar: Comportamento de Semicondutores com a temperatura e a irradiação solar, Dopagem de Semicondutores e Junção PN, processo de construção de painéis fotovoltaicos e como os mesmos produzem energia elétrica.

O autor deste trabalho se preocupou principalmente na construção e disponibilização de um material didático completo que pode ser usado tanto por escolas de ensino médio, ensino técnico, e universitário.

O referido trabalho foi aplicado em duas escolas públicas estaduais do estado do Pará com auxílio do Laboratório de Preparação e Computação de Nano materiais e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência que desenvolvem palestras sobre energias renováveis e outros temas ligados a tecnologia. As palestras foram direcionadas para alunos do terceiro ano do ensino médio e abordaram energias não renováveis, renováveis onde aprofundaram o tema energia solar.

O experimento realizado nesta palestra consiste na utilização de placas fotovoltaicas para as demonstrações, momento este muito destacado pelo autor do trabalho onde os alunos se demonstraram motivados, interessados em tirar dúvidas, participativos e intensamente motivados a aprender mais sobre a energia solar e em aprender Física.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel

De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando o indivíduo absorve novos conhecimentos ao realizar conexão prévia com conhecimentos já existentes no seu cognitivo. Tais novos conhecimentos irão encontrar no cognitivo, familiaridade com estruturas já existentes. Essas estruturas já existentes servirão como âncora para os novos conhecimentos e assim compor de forma significativa um novo conhecimento.

Caso o novo conteúdo a ser ensinado não encontre conexão prévia com estruturas já existentes, este será absorvido de forma mecânica e facilmente esquecido, pois não se tornou significativo na estrutura cognitiva. Para ser significativa, a aprendizagem necessita ser parte ativa do aprendiz, ou seja, o sujeito aprende um determinado tema, quando consegue explicá-lo com suas próprias palavras.

Segundo Ausubel (2003), um dos maiores objetivos do ensino é dar condições para que o aprendiz tenha todas as ideias aprendidas de forma significativa, pois assim será armazenado por muito mais tempo e poderá pelo aprendiz ser usado num novo contexto e de maneira inovadora no futuro.

Moreira (2005) afirma que sabemos que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela “interação cognitiva” entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não literal e não arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade.

“Sabemos, também, que o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem. Em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos. David Ausubel já nos chamava atenção para isso em 1963. Hoje, todos reconhecemos que nossa mente é conservadora, aprendemos a partir do que já temos em nossa estrutura cognitiva. Como dizia ele, já nessa época, se queremos promover a aprendizagem significativa é preciso averiguar esse conhecimento prévio e ensinar de acordo” (MOREIRA, 2005, p. 4).

De acordo com Gonzales e Rosa (2014) apud (AUSUBEL, 1980), o foco da Teoria da Aprendizagem Significativa são as modificações sofridas pela estrutura

cognitiva do aluno quando uma nova informação se relaciona com uma informação já existente, conhecida como “subsunçor”. Ausubel define a estrutura cognitiva como uma estrutura de ideias já existentes (conhecimentos) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação.

O termo subsunçor é uma denominação dada por Ausubel ao conjunto organizado de conceitos, proposições ou ideias já existentes na estrutura cognitiva que servem de “âncora” para as novas informações contidas no material instrucional.

Os subsunçores são de suma importância na teoria, uma vez que a aquisição do conhecimento depende da maneira pela qual a informação do material instrucional será relacionada com os subsunçores presentes na estrutura cognitiva. Quando as novas informações são apresentadas, interagem com os subsunçores existentes e, em decorrência deste processo, a estrutura cognitiva é modificada de forma que o indivíduo passa a resolver problemas mais gerais que não conseguia anteriormente.

Assim, para que o aluno aprenda significativamente os novos conceitos ensinados, é preciso que ocorram os processos de aquisição e organização dos significados na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999). A esses processos que envolvem diretamente a modificação dos subsunçores e, conseqüentemente, da estrutura cognitiva, Ausubel denomina “assimilação” (AUSUBEL, 2003).

A assimilação ocorre quando um novo conceito potencialmente significativo interage com um subsunçor ou um conjunto de subsunçores que servem de âncora para a nova informação. Enquanto ocorre a interação do novo conceito com o conceito já adquirido, ambos são modificados e dão origem a uma nova estrutura que, estará pronta para receber novos conceitos.

Segundo Ausubel, devido à dinâmica de aprendizagem, que é o produto da interação da nova informação com subsunçores já existentes, a nova estrutura cognitiva tende a se tornar cada vez mais estável para servir de âncora para informações futuras.

“[...] estes novos significados desempenham um papel no aumento da estabilidade, bem como no aumento da força de dissociabilidade associada, que resulta da ligação dos mesmos às ideias ancoradas mais estáveis” (AUSUBEL, 2003, p. 8).

Para Roratto et al. (2011), a aprendizagem que não ancora o novo conhecimento em conceitos pré-existentes é considerada mecânica. Ausubel (2003), afirma que um conteúdo aprendido dessa forma não aumenta a substância ou a composição do conhecimento e, de forma geral, tem utilidade limitada, e seu propósito é poupar tempo e esforço.

Em contrapartida, quando conceitos prévios estão presentes na estrutura cognitiva e a aprendizagem se realiza por meio da assimilação de conceitos, aproxima-se da aprendizagem significativa ao passo que, nesse tipo de aprendizagem “os novos significados são produto de uma interação ativa e integradora entre novos materiais de instrução e ideias relevantes da estrutura de conhecimentos existente do aprendiz” (AUSUBEL, 2003, p. 43).

Esse processo de ancoragem é o aspecto essencial para a ocorrência da aprendizagem teorizada por Ausubel. Novas ideias se relacionam com o que o aprendiz já sabe e, como frutos dessa interação surgem os novos significados. Entretanto, é fundamental que essa ancoragem do novo conhecimento sobre o já existente nas estruturas cognitivas seja de forma não arbitrária e não literal (AUSUBEL, 2003).

Não arbitrária refere-se à não alocação de um novo conhecimento de forma aleatória nas estruturas cognitivas; ele deve estar, de alguma forma, interligado com o conhecimento âncora, como se fosse uma continuação, um detalhamento ou um refinamento dessa ideia inicial.

O não literal implica no aluno conseguir resolver situações com pequenas variações comparando-se com aquela a que foi submetido no processo de aprendizagem. Em outras palavras, o aluno que aprende um conhecimento de forma literal por certo exemplo particular, não conseguirá resolver outros casos cujas estruturas não sejam as mesmas desse exemplo, não sendo capaz de transferir o conhecimento para outras situações.

Ainda sobre esse processo de ancoragem, também chamado de subsunção, Ausubel (2003) defende que ele ocorre partindo de conceitos mais gerais e inclusivos, até atingir conceitos menos gerais e mais específicos.

As informações novas e potencialmente significativas ancoram-se, mais frequentemente, a ideias relevantes mais gerais e inclusivas na estrutura cognitiva do aprendiz. (MOREIRA, 1999).

“[...] uma vez que a própria estrutura cognitiva tem tendência a ser organizada em termos hierárquicos, no que toca ao nível de abstração, generalidade e inclusão de ideias, a emergência de novos significados proposicionais reflete, de um modo geral, uma relação “subordinada” do novo material a ideias mais subordinantes na estrutura cognitiva “ (AUSUBEL, 2003, p. 93).

Dessa forma

“na aprendizagem significativa ocorre uma organização hierárquica do conhecimento de forma que um novo conteúdo aprendido se ancora em conceitos mais gerais e inclusivos já existentes na estrutura cognitiva. Por sua vez, esse novo conhecimento poderá vir a se constituir como âncora para futuros aprendizados”. (RORATTO et al. 2011)

3.2 Paulo Freire: Temas geradores. Contextualização e uso de temas controversos.

Segundo Freire é possível fazer a escolha de um tema como gerador. No caso desta dissertação será utilizado como tema gerador, a energia solar fotovoltaica. O objetivo é criar sujeitos atuantes, críticos e modificadores da sociedade ao qual estão inseridos (FREIRE, 1985).

O uso de temas controversos é uma das possibilidades do estudo de temáticas ambientais para as aulas de Física. Os temas controversos podem ser um princípio metodológico para o desenvolvimento prático pedagógico, já que abrem um leque para potenciais discussões sobre a produção do conhecimento e inova o modelo de trabalho do professor em sala de aula estimulando os alunos a pensarem de maneira mais clara em relação aos estudos da física correlacionada ao cotidiano. (SILVA, 2007).

Tais formas de inovação da abordagem dos temas acabam por gerar controvérsias que envolvem uma dimensão científica, social e ambiental, identificadas por controvérsias sócio-ambientais. Além disso, consideramos também relevantes aquelas controvérsias geradas no âmbito interno da ciência e que envolvem, de alguma maneira, aspectos relacionados à sociedade e ao meio ambiente. Gerando

então, além do desenvolvimento de saberes científicos, a ligação por parte do aluno em relação ao uso do conhecimento científico no seu papel enquanto cidadão (SILVA, 2007).

Entretanto, para que os temas controversos sejam abordados de maneira efetiva nas aulas, há necessidade de um preparo maior por parte do professor. Para que o docente consiga trabalhar com o estímulo ao pensamento crítico e a formação de opinião em relação a um tema controverso, é necessário tempo, precisa do professor se preparar de maneira inovadora, com aulas práticas e próximas a realidades, lidar com situações de conflitos entre o cotidiano e o científico e isso acaba sendo impedido por um currículo engessado por parte da legislação voltada para a disciplina, fazendo com que o professor não consiga cumprir o que o currículo básico exige e mais a discussão de temas controversos.

De acordo com Silva (2007), na Inglaterra, por exemplo, o currículo nacional reforça que os tópicos controversos das Ciências estão intimamente ligados ao ensino de uma Ciência mais próxima a realidade. Entretanto, são raras as vezes que algumas das controvérsias da Ciência são de fato abordadas em uma situação de ensino e aprendizagem numa sala de aula. No Brasil, a mesma tendência é observada, uma vez que raramente as situações nas quais os professores desenvolvem atividades educativas envolvem temas controversos.

4 METODOLOGIA

4.1 Características da escola.

O projeto foi aplicado numa escola do Cruzeiro Velho, uma pequena cidade satélite do Distrito Federal, que por sua localização centralizada, próximo ao Plano Piloto e outras cidades satélites, recebe alunos de muitas regiões como Cidade Estrutural, Guará, Águas Claras e Sudoeste, além de receber filhos de trabalhadores da região que moram em cidades bem distantes.

Esta é uma das poucas escolas do Distrito Federal que possuem uma clientela tão diversificada. Possuímos alunos de meios e culturas bem diferentes, e na escola todos convivem muito bem, apesar de características bem heterogêneas.

Atualmente a escola possui dezenove turmas, divididas em: oito turmas de primeiros anos, seis turmas de segundos anos e cinco turmas de terceiros anos. O professor autor desta dissertação leciona em treze turmas de primeiros e terceiros anos. Cada turma é atendida por duas horas aulas semanais de 45 minutos cada, sendo que as aulas de física são realizadas em horários duplos, de duas aulas seguidas.

A estrutura da escola é composta de salas de aula ambientes, onde cada professor ministra suas aulas numa mesma sala. Sendo assim os alunos não ficam em salas fixas; ao fim de cada aula eles trocam de sala. A escola possui um sistema de fotocopiadoras que supre a necessidade dos professores; dificilmente faltam materiais para os mesmos. Há cerca de quatro projetores de imagens *data show*, que são emprestados ao professor após um agendamento prévio. Além dos projetores de imagens, oito salas possuem televisão, onde é possível passar vídeos e a partir do *notebook* conectados a ela é possível usufruir dos recursos do mesmo, como apresentação de *slides* e simulações de experimentos.

Por se tratar de uma escola inclusiva, possuímos alguns alunos portadores de necessidades especiais, que devem contar com atendimento diferenciado. Para tanto, a escola possui uma sala de recursos com duas professoras, uma na área de humanas e outra na área de exatas.

4.2 Metodologia de construção do Produto Educacional.

Para a confecção da sequência didática, foram utilizados os referenciais teóricos citados no capítulo 3 desta dissertação como base para construção dos procedimentos das aulas. Sendo assim, podemos destacar a aprendizagem significativa de David Ausubel, quanto ao conhecimento dos subsunçores adquiridos pelos alunos, convergindo em nossa proposta de realizar avaliações paulatinas para saber como os mesmos estão absorvendo o novo conteúdo. A proposta educacional de Paulo Freire foi considerada quanto à utilização de temas geradores para contextualizar com o cotidiano do aluno, trazendo assim a realidade de sua vivência para a sala de aula, além da utilização de exemplos reais da vivência do próprio aluno para confecção de exemplos e simulações. A consciência do cidadão quanto aos problemas referentes à questão da energia, sua responsabilidade sobre o meio ambiente, seu papel protagonista quanto às escolhas e rumos sociais estão presentes nas discussões mais amplas do tema.

Como orientação destas aulas, foi levada em consideração a abordagem de conceitos físicos importantes, a utilização da matemática básica, a utilização de experimentos e simulações computacionais.

Segue a ordem que foi estabelecida para a sequência didática:

- 1) Aplicação do pré-teste e montagem do aparato experimental com participação dos alunos.
- 2) Realização de experimentos com o aparato experimental
- 3) Contextualização social e realização de uma simulação da construção de uma micro usina solar com dados reais dos nossos alunos como, consumo médio de eletricidade de suas residências, localização de suas residências e qual era a disponibilidade deles para a construção da usina solar, se queriam ela por completo ou somente partes.
- 4) Introdução do efeito fotovoltaico, conceitos parte à parte.
- 5) Discussão geral sobre o assunto, momento para tirar dúvidas não sanadas e pós-teste.
- 6) Apresentação de seminários propostos pelos alunos
- 7) Apresentação de seminários propostos pelos alunos.

4.3 Metodologia de aplicação do Produto Educacional.

O produto educacional foi aplicado seguindo rigorosamente o roteiro da sequencia didática proposta neste trabalho.

Ao longo da aplicação foi observado como os alunos estavam absorvendo o novo conteúdo, tendo sido necessários vários diálogos ou discussões durante as aulas para dar subsídios às avaliações sobre a compreensão dos tópicos por eles; caso fosse observada a não absorção do conteúdo, era necessário retomar os conceitos, assim satisfazendo parte da teoria de aprendizagem de Ausubel.

Também foram observadas as orientações do referencial teórico de Paulo Freire, quanto ao apelo sociopolítico, para inserção do cidadão como modificador do meio ao qual vive e do protagonismo juvenil.

Para apontamentos e descrições das aulas, durante as mesmas foram feitas anotações relevantes e sempre ao final de cada encontro foi realizado um registro mais detalhado de como ocorreram os encontros, tais registros foram utilizados nos relatos e análises contidos no capítulo seguinte deste trabalho.

Na quinta aula, quando houve uma discussão sobre como foi a aplicação deste trabalho e de como os alunos receberam esta nova proposta didática, eles apresentaram a necessidade de colocar a “mão na obra”, ou seja, mostraram o desejo de executar alguma atividade com plena autonomia. Foi assim que surgiu a proposta de realizarem apresentações no tipo de seminários, versando sobre assuntos correlatos, escolhidos por eles nas aulas subsequentes, relativa ao encontros 6.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1 Relato e discussão da experiência de aplicação

5.1.1 1º Encontro. Aplicação do pré-teste e montagem do aparato experimental.

Problematização: Qual a necessidade de se produzir energia elétrica a partir de fontes renováveis? Como está a produção e o consumo de energia elétrica no país?

Aula com 29 alunos presentes. (24/08/2017).

Introduzi à aula com o objetivo de dialogar com os alunos por meio de perguntas sobre produção de energia a partir de fontes tradicionais como a hidrelétrica ou termoelétrica e fontes não tradicionais como a células fotovoltaicas e a energia eólica, e se os alunos já tiveram contato ou já viram a produção de energia elétrica a partir de células fotovoltaicas ou energia eólica. Foi um momento de apresentação do assunto, que serviu também para que eles se acalmassem e se organizassem, para dar início ao pré-teste.

O pré-teste (como consta no apêndice B) foi aplicado com tempo programado de 45 minutos. Mesmo com a explicação que se tratava de um questionário que tinha por objetivo indicar o que os alunos conheciam sobre o assunto e a partir disso, fosse um instrumento a ser utilizado em aulas futuras, houve certa resistência perante alguns alunos. Os mesmos não entenderam como poderiam responder a algo que ainda não tivesse sido abordado nas aulas. Foi então explicado a eles que o intuito do teste era para se realizar um comparativo com um outro teste que seria aplicado ao final do projeto (pós-teste), mas mesmo assim muitos deixaram o pré-teste completamente em branco. Além de servir como comparativo entre o pré-teste e pós-teste, o pré-teste teve função importante para averiguar se os materiais das próximas aulas precisariam sofrer alguma modificação de forma a se tornarem potencialmente significativos (AUSUBEL, 2003).

Interessante deste momento foi que os alunos não conheciam uma placa fotovoltaica, muito menos presenciaram uma micro usina solar produzindo energia elétrica suficiente para acender algumas lâmpadas de LED. Como a micro usina solar

possui uma montagem simples, com conexões simples, somente algumas placas solares, um controlador de carga, e por fim a colocação das placas ao Sol, foi rápida a sua montagem. Neste momento os alunos ficaram muito surpresos: o fato deles poderem participar da montagem, de poderem manusear os equipamentos e assim perceber que não precisavam de um sistema mais complexo para produzir energia elétrica foi para muitos fascinante.

Após a montagem da micro usina solar e após ligarmos algumas lâmpadas, os alunos com a minha ajuda e supervisão tiveram a liberdade de manipular e testar o material.

Assim, surgiram algumas perguntas, porém a que mais despertou interesse foi: “Caso o Sol estivesse fraco, ficaria sem luz”? Fizemos o teste, projetamos uma sombra cobrindo as placas solares e observamos a intensidade luminosa das lâmpadas diminuírem. No momento aproveitei para citar que a energia produzida poderia ser armazenada; só não antecipei sobre como poderia ser armazenada.

Nesta aula o mais importante foi a montagem da micro usina solar com os alunos. No momento em que foram apresentadas as placas solares para eles, como se iniciou a ligação dos fios e quando as lâmpadas foram ligadas, percebi que todos estavam muito atentos, curiosos, notei até um silêncio muito incomum.

5.1.2 2º Encontro. Aula experimental utilizando as placas solares.

Aula com 31 alunos presentes. (31/08/2017).

Para introdução da aula, contei com o auxílio de um vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=A11YlvyJhDc>. Trata-se de uma reportagem sobre a comunidade de Santa Marta, no Rio de Janeiro, que possui um projeto de instalação de placas foto voltaicas.

Na sequência, foi construído um esquema da ligação de uma micro usina solar e logo após, foram utilizados “slides” (imagens do material Blue-Sol <http://bluesol.com.br>) e um projetor de imagens para explicar os dois tipos possíveis de uma micro usina solar, as conectadas à rede (*on grid*) e as desconectadas à rede (*off grid*).

Logo após a introdução, a turma foi separada em 6 grupos para a realização da atividade experimental. O primeiro grupo escolhido aleatoriamente foi munido do Roteiro Experimental 1.0, disponível no apêndice C. O experimento teve que ser realizado por um grupo apenas de cada vez porque tínhamos somente uma única micro usina solar e os alunos não estavam familiarizados com os equipamentos do experimento. Neste momento foi necessária atenção do professor, já que os alunos não possuem prática nas ligações de fios e com o multímetro. Após a execução do experimento pelo primeiro grupo, alguns alunos naturalmente tornaram-se monitores dos grupos seguintes, momento importante da aula, pois foi possível verificar o interesse dos alunos em aprender mais sobre o assunto e transmitir esses novos conhecimentos para outros alunos. Também pôde ser observado que quando um grupo estava na sua vez de realizar o experimento, alguns alunos de outros grupos estavam atentos como expectadores demonstrando, assim, interesse no experimento.

Interessante ressaltar o momento em que as lâmpadas foram ligadas na micro usina solar, quando os alunos puderam observar a relação entre a tensão, a corrente elétrica, a intensidade de Sol sobre as placas solares e a intensidade da luminosidade produzida nas lâmpadas de LED. Os alunos testaram a situação em que intensidade do Sol sobre as placas solares era diminuída, por meio de algum anteparo, e observaram que a corrente elétrica diminuía também, assim como a luminosidade produzida pelas lâmpadas. Para o uso dos multímetros foi preciso muita atenção, pois os alunos não possuem a prática de usar o mesmo.

Os 20 minutos finais foram dedicados a um debate com o objetivo de que os alunos explanassem suas dúvidas e discutissem observações e dados coletados no experimento, sendo assim possível sanar algumas das dúvidas logo após serem formuladas. Neste momento, foi possível observar as diferenças de dados coletados a partir de diferenças na execução do experimento entre os grupos, que resultaram em dúvidas e debates. Por exemplo, o ponto de destaque da aula foi a forma que os alunos usaram para sombrear as placas e o efeito constatado sobre a corrente elétrica. Especificamente, quando os alunos tiveram que sombrear a placa fotovoltaica, deixando a placa paralela ou ortogonal ao solo, muitas hipóteses e discussões foram geradas. Apesar de parecer algo trivial ou simples, na hora da execução muitos desejaram testar outras hipóteses, como por exemplo, lentamente

passar a placa da posição diretamente direcionada para o Sol para a posição paralela ao solo e observar a corrente elétrica sendo modificada no multímetro.

Este momento de debate foi extremamente importante para o professor avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos e preencher alguma lacuna ou completar algum conceito que pudesse ter sido absorvido de forma incompleta.

Ainda nesta aula surgiu um questionamento, durante o experimento, em relação às ligações clandestinas, os famosos “gatos”, tema este que gerou muita discussão. Minha atitude neste momento foi deixar os alunos discutirem livremente, pois isso seria um item que eu iria pesquisar melhor e adicionar à aula do próximo encontro. Importante ressaltar que após este questionamento, a próxima aula teve que ser modificada, algo ressonante à teoria de Ausubel, no que concerne ao material sofrer modificações com o objetivo de se tornar cada vez mais potencialmente significativo.

Problemas observados nesta aula:

1) Como os alunos não possuem prática na utilização do multímetro, então foi necessário ter uma atenção muito maior na questão de ligar o multímetro no voltímetro e de ligar no amperímetro, para que não houvesse danos aos aparelhos. No momento da leitura dos dados, houve necessidade de ser realizada uma nova explicação de como deveriam ser feitas, mesmo que os alunos já tivessem tido esta aula anteriormente, já que tiveram de forma teórica e não prática.

2) Na teoria os alunos conseguem, por exemplo, desenhar circuitos em série e em paralelo, diferenciar cada um, porém no experimento essa prática não aconteceu. Foi necessária uma maior atenção em retomar esta explicação por parte do professor.

3) Como as aulas aconteceram no turno matutino, nos primeiros horários de aulas, perto de 8 horas da manhã, o Sol ainda não estava forte o suficiente para produzir energia para ligar algumas lâmpadas.

5.1.3 3º Encontro. Aula expositiva utilizando simulador de uma micro usina solar.

Aula com 28 alunos presentes. (31/08/2017).

Nesta aula foi preciso utilizar um aparelho de projeção (data-show) fornecido pela escola e um computador conectado a internet.

Foi realizada uma discussão sobre a produção de energia da micro usina solar e o consumo de energia das residências dos alunos, utilizando um simulador on-line disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>, que possibilita uma simulação a partir dos dados do consumo de energia elétrica mensal em KWh de uma residência e a localidade desta residência. Assim, é possível simular dados necessários para a construção de uma micro usina solar.

Na aula anterior, 2º encontro, foi pedido aos alunos que tivessem acesso à conta de energia elétrica de suas residências e que a trouxessem ou tirassem uma cópia ou foto da mesma. Com esse material em sala de aula, foi possível realizar a simulação utilizando os dados da conta de energia elétrica de alguns alunos. Isso é importante, pois se utiliza dados reais que fazem parte cotidiano dos alunos como exemplo, e assim os alunos conseguem realizar uma conexão entre o que se está sendo ensinado, conteúdo, e o cotidiano concreto deles.

Os alunos conseguiram identificar um padrão nas contas de energia. Observaram por exemplo, que o consumo médio para uma residência de 3 a 5 pessoas fica em torno de 300 KWh mensais. A partir desses dados, começaram a discutir como era o consumo em suas residências, examinando especificamente como é o consumo com chuveiro elétrico, televisão, geladeira, máquina de lavar e outros eletrodomésticos.

Neste momento lancei a seguinte pergunta: *A energia solar poderia ser um substituto ou um complemento à energia solar consumida em suas residências?* Uma discussão foi iniciada, sendo que alguns alunos defendiam a substituição e outros defendiam que a energia solar somente seria um complemento nos horários de Sol forte. Momento este que um aluno questionou: *“Como seria utilizada a energia no período da noite?”* Essa dúvida fez todos ficarem em silêncio por alguns segundos e passaram então a pergunta para mim. Aproveitei a oportunidade e fiz uma explicação mais detalhada, comentando que a energia solar pode ser armazenada em baterias, porém na atualidade o sistema que vem sendo usado é o on-grid, conectado à rede elétrica e que, durante o dia, nos horários de maior produção de energia pelas placas

solares, o excedente de energia é distribuído na rede elétrica e consumido por outras residências e sendo assim, esse excedente é contado como bônus.

Foi possível perceber uma surpresa perante essa ideia de que a energia elétrica produzida em excedente poderia ser distribuída na rede e que isso contaria como bônus. Surgiu então um questionamento interessante: *“Então eu poderia vender energia e ganhar dinheiro com isso?”* Foi respondido que sim, que no Brasil já estavam discutindo isso de forma legal, que já existem regras definidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) sobre isto.

Esta foi uma aula muito importante, momento em que os alunos tiveram a oportunidade de discutir sobre a energia solar e de utilizar situações reais do cotidiano deles para simular uma micro usina solar.

5.1.4 4º Encontro. Aula teórica sobre o Efeito Fotovoltaico.

Aula com 28 alunos presentes. (14/09/2017).

A aula começou com um debate de como os alunos estavam recebendo o novo conteúdo e a forma a qual o mesmo estava sendo ministrado. Neste momento foi colocado pelos alunos que existia a necessidade deles executarem algum tipo de trabalho mais independente. Ao mesmo tempo, foi sugerido pelos mesmos que eles apresentassem um seminário sobre o tema em questão. Como um dos referenciais teóricos adotados é o Paulo Freire, que frisa em seus trabalhos o protagonismo juvenil e a educação como modificador da sociedade, considerei muito importante este momento e achei pertinente a ideia dos alunos em apresentarem um seminário sobre temas específicos que envolvem energia solar.

Ficou a cargo do professor na próxima aula de ditar regras sobre as apresentações dos seminários.

Passamos então à exposição do conteúdo introdutório de Física Moderna:

- Efeito Fotovoltaico;
- Processo de dopagem do Silício;
- Junção P-N.

Para esta aula foi utilizado o texto apresentado no apêndice E. Realmente foi a aula mais difícil de ser aplicada. Obter e manter a atenção dos alunos com um assunto tão complexo foi o maior desafio: explicar o efeito fotovoltaico, o processo de dopagem do Silício e a Junção P-N exigiu muito habilidade do professor, já que os assuntos pareceram muito abstratos para os alunos. A maior dificuldade foi avaliar se realmente os alunos estavam entendendo os modelos ou não.

O conteúdo foi iniciado com uma abordagem sobre o que são condutores, isolantes e semicondutores. Neste momento, o mais importante foi em explicar os semicondutores, pois condutores e isolantes foram conteúdos já abordados em bimestres anteriores, sendo necessário apenas realizar uma revisão. Logo em seguida foi apresentada a explicação sobre o efeito fotovoltaico.

No seguimento da aula, a mesma ganhou diálogos em torno de temas e questionamentos feitos pelos alunos, como: *“No caso das placas solares a corrente elétrica é feita através da falta de elétrons”?* Neste momento tive que voltar a explicação do efeito fotovoltaico, para isso utilizado o material fornecido pelo portal solar disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>.

Outra questão levantada pelos alunos, foi se existiam fábricas de placas solares no Brasil, segundo o portal Blue Sol, as fábricas ainda não existem, todas as placas solares ainda são importadas. Ainda nesta aula, entraram num debate muito interessante, questionaram o motivo de somente agora está existindo um grande desenvolvimento em torno da energia solar. Para minha surpresa foi colocado pelos alunos o fato do custo da energia elétrica nos últimos anos ter ficado mais alto, o fato do consumo mundial de energia elétrica está aumentando, sendo assim necessitado de novas alternativas para a produção de energia elétrica, ponto que eu completei o raciocínio adicionando que a energia solar é uma alternativa sustentável e de acesso a pessoas comuns, eles, os alunos poderiam ter a mesma em sua residência, condomínio, escolas e até mesmo nas ruas como já é encontrado em placas de trânsito e na iluminação pública.

A aula foi muito rica em argumentos apresentados pelos alunos, apesar de ser um conteúdo desgastante, os mesmos apresentaram interesse, questionaram, debateram o assunto. Momento este muito importante que foi aproveitado para avaliar

a evolução na linguagem científica dos mesmos, na habilidade de argumentação diante do conteúdo ministrado e a sua introdução no meio ao qual eles estão inseridos.

5.1.5 5º Encontro. Discussão ambiental e aplicação do pós-teste.

Aula com 25 alunos presentes. (21/09/2017).

A aula foi dedicada à realização de uma discussão ambiental e previu um tempo para tirar possíveis dúvidas. Ao final, foi realizada a aplicação do pós-teste.

Na aula anterior foi solicitado aos alunos que realizassem uma pesquisa buscando informações sobre os impactos da produção e do consumo de energia na sociedade. Assim, nesta aula os alunos apresentaram os seguintes temas:

“A energia solar e a eólica não precisa ser um substituto das fontes atuais de produção de energia”.

Essa afirmação foi muito importante e teve um destaque muito grande. Os alunos gostaram muito deste posicionamento, principalmente quando outro aluno completou a afirmação:

“Que o Brasil tem sim investido em meios para produção de energia, assim como na expansão de hidrelétricas, existe a construção de usinas fotovoltaicas, usinas eólicas e até mesmo a nuclear, o problema que não é tão grande como as hidrelétricas”.

Neste momento aproveitei para voltar no primeiro questionamento. Frisei que o objetivo não era o de substituir a produção atual de energia e sim de complementar os sistemas com outros meios de produção, que quando eles são somados, eles se completam. Logo um aluno completou o raciocínio colocando:

“A grande vantagem da produção de energia elétrica através da solar e eólica é que podem ser utilizadas por pequenos produtores rurais e uma família, sendo que pode até virar fonte de renda no futuro”.

Nesta colocação o aluno estava levando em consideração que uma família ou um produtor rural poderiam produzir energia elétrica para o seu consumo através

da energia solar ou eólica, sendo que o mesmo não seria possível se fossem produzir através de uma hidrelétrica, termoelétrica ou nuclear.

Esta pequena discussão durou cerca de 45 minutos. Assim, os últimos 45 minutos foram destinados ao pós-teste, que transcorreu normalmente.

5.1.6 6º Encontro. Apresentação de seminários.

Esse encontro foi dedicado às apresentações de seminários, tendo sido a classe dividida em grupos. Cada grupo escolheu o tema a abordar e definiu a dinâmica de apresentação e recursos utilizados em seu seminário.

A descrição abaixo foi realizada na disciplina Estágio Supervisionado, pertencente ao currículo do mestrado MNPEF-UNB, pela Professora Orientadora deste trabalho, Vanessa Carvalho de Andrade.

“A proposta desta aula é a apresentação de seminários por três grupos de uma turma específica após as atividades experimentais com a micro usina solar. Após a atividade experimental, os estudantes levantaram várias questões de interesses correlatos e o mestrando/professor da turma resolveu aprofundar esses conhecimentos e dar chance a um maior debate sobre o tema, proporcionando esse momento de organização (pesquisa) e apresentação de seminários. Assim, essa atividade foi incorporada à sequência didática referente ao Produto Educacional.

Cada grupo teve trinta minutos para exposição. A atividade foi realizada em sala ambiente e a mesma estava equipada com projetor e som. A orientadora do mestrando é apresentada à turma e posiciona-se ao fundo da sala, para provocar mínima interferência e para conseguir observar todos os atores da aula: o mestrando/professor, os integrantes do grupo que se apresenta e o público, os demais alunos.

Grupo 1: O tema deste seminário foi *“Energia solar, alternativas e soluções para a energia no Brasil”*. O grupo foi constituído por sete estudantes. Abordaram (i) principais fontes de energia (ii) adequação às mudanças climáticas (iii) Diversas formas de captação de energia.

Do relato anotado pela orientadora:

Os alunos da turma em geral mostram-se agitados. O professor e o grupo pedem silêncio algumas vezes.

Aluno 1: explica que a energia solar não é a mais utilizada e sim a energia produzida em hidrelétricas.

Aluno 2: exemplifica onde é utilizada a energia solar. Por exemplo, em pardais e semáforos.

Aluna 3: apresenta uma maquete. Trata-se de uma escola com sistema de captação de energia solar.

Aluno 4: Fala sobre as distribuições percentuais dos tipos de energia que o Brasil utiliza. E faz comparação com os outros países. Explica que a energia solar possui tecnologia recente e por isso ainda tem custo elevado. Menciona sobre a dificuldade no armazenamento, fala da necessidade de produção em larga escala e das questões sobre rendimento.

O grupo pesquisou no site da Eletrobrás sobre como o país investe sua matriz orçamentária na produção de energia e verificaram que o valor destinado à energia solar ainda é muito pouco.

Aluno 5: Aborda a energia eólica. Explica que polui menos (cita poluição visual) mas em contrapartida ainda é muito cara. E que não é muito eficiente. Compara a viabilidade entre esse tipo de energia e as outras. Explica sobre a crítica questão ambiental. Destaca que é preciso investir nesse tipo de energia e que no país a produção de energia eólica está concentrada no Nordeste.

Aluno 6: Trata da questão social. Aponta os problemas com combustíveis fósseis e o prejuízo à saúde e ambiental. Relaciona com o problema da água e poluição. Explica que energias renováveis minimizam esses problemas. Alerta sobre a necessidade de rever a utilização da energia na própria rotina da escola, através de simples ações tais como abrindo janelas para aproveitar a luz natural e realizar a troca de lâmpadas.

Aluno 7: explicou que o investimento para captação de energia solar em condomínio sairia em média R\$ 200.000,00. Mas é possível fazer empréstimo bancário e ter esse retorno em cinco anos. Mencionou que outra possibilidade é fazer um sistema misto de energia, com conversão de parte da energia solar em elétrica para a rede, que funcionaria como saldo, e que possui custo menor.

A Aluna 3 volta à discussão sobre a maquete e explica cada componente/elemento contido nela.

Alguns estudantes fazem perguntas ao grupo e a classe, que no primeiro momento estava agitada, vai se concentrando e prestando a atenção nas explicações dos colegas.

Grupo 2: O tema deste seminário foi “*Condomínio sustentável*”. Os estudantes também trazem uma maquete. O Grupo inicialmente informa que a primeira ideia era usar como tema, “*Escola sustentável*”, porém não foi possível conseguir dados sobre o histórico do consumo de energia elétrica da escola. Grupo formado por 5 integrantes.

Neste momento, a turma já está mais calma, focada na apresentação do grupo.

Aluno 1: define o conceito de sustentabilidade. Explica que o ideal é que o avanço tecnológico ocorra, porém, sem agredir o meio ambiente. Explica os pilares da sustentabilidade: social, ambiental e econômico.

Aluno 2: Aborda as energias renováveis: energia solar, eólica, maremotriz, energia azul (diferença de concentração de sal entre a água do mar e a do rio), da biomassa. Explica que 70% da energia brasileira ainda advém das hidroelétricas.

Aluno 3: Discute conceito da energia fotovoltaica. Explica o detalhe do funcionamento das placas fotovoltaicas, o que são, fala sobre as células fotovoltaicas, explica sobre a conversão e transmissão da energia. Vai para a maquete e menciona como se dá o armazenamento.

Aluno 4: Aborda as vantagens da energia solar. Sobre redução com contas de luz, valorização do imóvel que possui o sistema de captação, fala sobre a

diminuição da emissão de carbono na atmosfera, que é energia gratuita e livre de impostos.

Aluno 5: Fala sobre as desvantagens da energia solar. Custo inicial elevado, dependente do clima e de baixa capacidade de armazenamento. Como prejuízos ambientais cita que as altas temperaturas nas placas podem matar pássaros que voam próximas a elas.

Aluno 2: Menciona a alta radiação no DF e compara com a Alemanha.

Aluno 3: Pegou dados da própria residência. Fez estimativas sobre como implementar captação de energia solar em um prédio. Utilizou simuladores encontrados na internet como o disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>.

Aluno 4: Aborda âmbito empresarial, sobre investimentos, custos e retorno.

O mestrando/professor compara o retorno desse tipo de investimento com o retorno da poupança. Os estudantes da sala participam das discussões.

Grupo 3: Grupo formado por três alunos. Pretendem discutir sobre como carregar um celular a partir de placa solar. Explicam que a bateria para esse sistema custa entre R\$10,00 a R\$ 50,00, sendo recarregada pela energia obtida pelas placas. Porém, o grupo não se prepara bem, não apresenta slides e a discussão se resume a oito minutos de apresentação.

O tempo da aula se encerra e alguns alunos continuam fazendo algumas perguntas para o professor. Um deles vem até a orientadora e pergunta se cometeram muitos erros conceituais. Começam então a conversar e a fala da orientadora vai no sentido a incentivar o rapaz à carreira de exatas, já que demonstra grande interesse.”

6. APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE

Com a aplicação do pré-teste foi possível verificar quais conceitos os alunos possuem sobre a energia solar, micro usina solar e o efeito fotovoltaico e desta forma

sendo possível analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto é utilizar estes conhecimento nas aulas seguintes.

Logo após toda sequência didática aplicada, foi aplicado um pós-teste e seu resultado foi confrontado com as respostas obtidas no pré-teste e desta maneira analisar se houve aprendizagem por parte dos alunos e se os mesmos obtiveram evolução no conhecimento científico.

Para análise do pré-teste e pós-teste será apresentada a seguir cada questão dos testes e um gráfico contendo os resultados das respostas e uma análise dos dados obtidos.

Sendo assim, para analisar as respostas e expressar os resultados nos gráficos, as questões respondidas pelos alunos foram classificadas em:

- 1) Corretamente: **Respostas corretas ou parcialmente corretas.**
- 2) Diversas: **Para respostas que fogem do objetivo a ser respondido.**
- 3) Sem Resposta: **Para questões que não foram respondidas.**

Para efeito de análise dos gráficos, os dados do pré-teste e do pós-teste foram organizados num mesmo gráfico facilitando assim a comparação entre os resultados das questões dos testes. Para isso foi verificado a porcentagem que cada questão se classifica em: Corretamente, Diversa e Sem Resposta e apresentado nos gráficos em forma de barras, sendo que as respostas do pré-teste e do pós-teste foram expostas no gráfico da seguinte forma:

Pré-teste: **Nas barras de cor azul.**

Pós-teste: **Nas barras de cor vermelha.**

Como o objetivo do pré-teste e do pós-teste é o de analisar os conhecimentos prévios dos alunos e a aprendizagem após a aplicação da sequência didática, os mesmos não tiveram como objetivo a classificação do aluno, serviram apenas de parâmetros a serem analisados como descrito neste trabalho, porém como na escola tradicional todas as atividades desempenhadas pelos alunos são necessárias ser atribuída uma nota, apenas foi destinado a estas atividades uma pontuação fixa pela participação dos alunos.

Segue as questões analisadas:

6.1 Pergunta 1: “*Construa um esboço (desenho ou esquema) de uma micro usina solar e explique cada um dos elementos que ela possui.*”

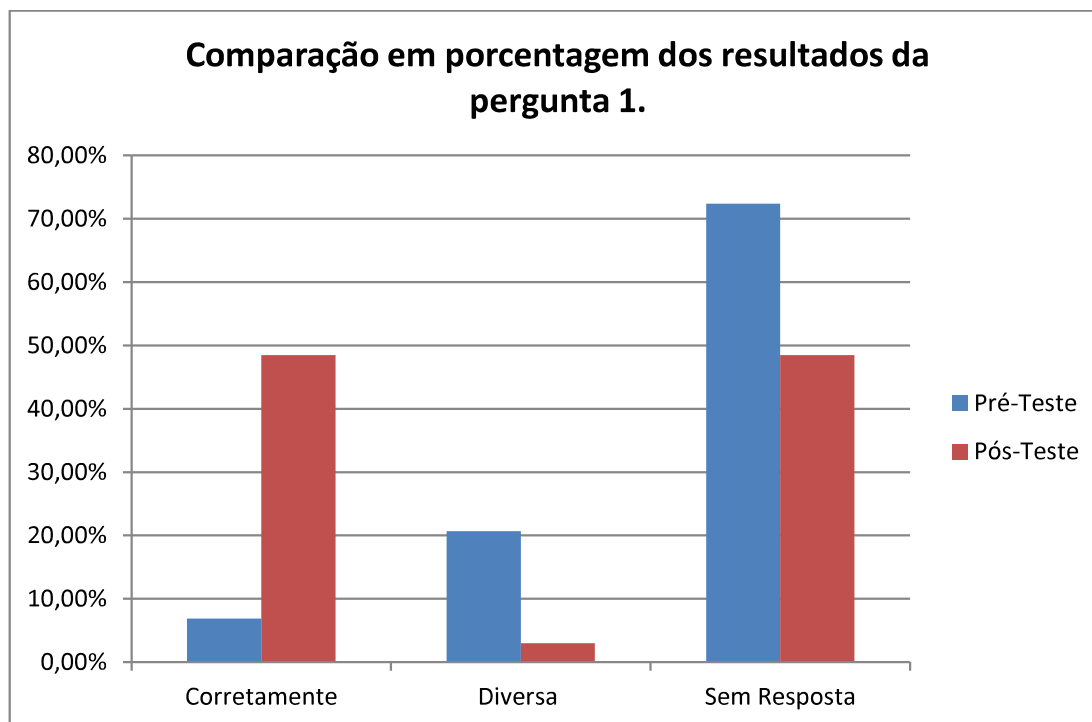


Gráfico 1 - Comparação entre os resultados da pergunta 1.

Ao analisar o gráfico é possível perceber que o índice de acertos no pós-teste foi superior ao encontrado no pré-teste, e que as respostas diversas tiveram uma redução significativa. Mesmo sendo uma questão que ao primeiro momento parece ser trivial, a mesma se mostrou que é necessário ter certo conhecimento sobre o assunto para respondê-la.

Um número que apesar de ter sido reduzido de 72% no pré-teste para 48% no pós-teste, mas que chama muito atenção, é a quantidade de alunos que não responderam a questão em ambos os testes, os mesmo a deixaram em branco, uma possível justificativa para esses números elevados é a dificuldade que nossos alunos possuem em criar esboços ou esquemas de determinados sistemas.

Vale ressaltar que os alunos já conhecem o esquema de outros tipos de produção de energia como as hidrelétricas e termoeletricas, porém é possível observar que não somente nesta sequência didática, mas que durante todo o

processo educacional existe certa dificuldade dos alunos expressarem seus conhecimentos através de um simples esboço de qualquer tipo de situação.

6.2 Pergunta 2: “Explique como é o processo de transformação de energia solar em energia elétrica pelas placas fotovoltaicas. (Efeito Fotovoltaico).”

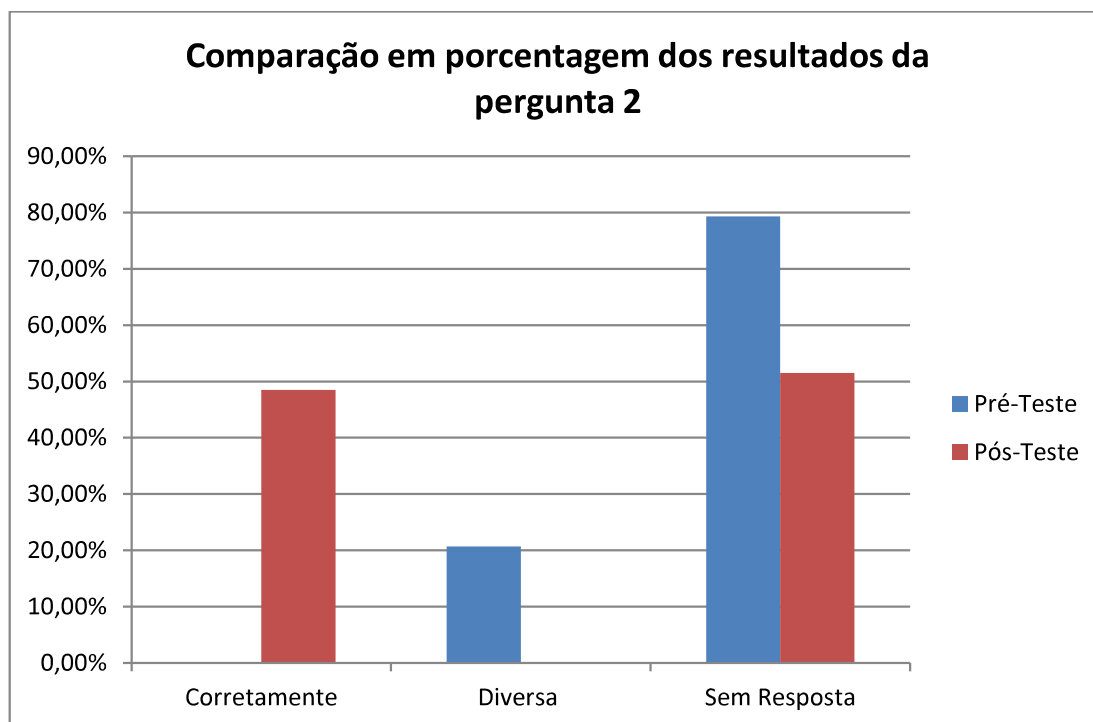


Gráfico 2 - Comparação entre os resultados da pergunta 2.

Esta é uma pergunta que já era previsível que no pré-teste os alunos não a responderiam ou que apresentariam uma resposta diversa, realmente para explicar o efeito fotovoltaico é necessário que o mesmo já tenha sido apresentado aos alunos e que mesmo depois de ser apresentado, por não ser um processo trivial a ser explicado, o índice de questões sem resposta também poderia ser alto.

Como é possível verificar, as respostas respondidas corretamente foram inexistentes no pré-teste e o número de questões sem resposta se apresentou com um índice muito alto, muito próximo de 80%, essa observação evidencia o já esperado sobre a questão e citado no parágrafo anterior. Com relação às respostas classificadas como diversa, foi possível perceber uma tentativa de responder a questão, quando o aluno tenta explicar o processo térmico que é utilizado para esquentar a água ao invés de explicar o processo fotovoltaico.

Ao constatar esta confusão em diferenciar o aproveitamento da energia solar pelo processo fotovoltaico em relação ao processo térmico, durante as aulas futuras tal diferenciação se apresentou necessária.

Quando se analisa as respostas do pós-teste, vale destacar que quase metade dos alunos responderam corretamente a questão, mesmo não sendo uma questão trivial, que requer conhecimento técnico científico, os alunos apresentaram um bom desempenho. Observação esta que é pertinente, porque depois que o efeito fotovoltaico foi explicado, nas aulas seguintes, foi necessário voltar a explicar ou tirar dúvidas sobre este conceito, o que torna importante este momento, pois na teoria de aprendizagem de Ausubel se faz necessário esse vai e volta do conteúdo para que sejam sanadas todas as dúvidas e assim a aprendizagem significativa seja concretizada.

6.3 Pergunta 3: *“Como poderíamos transformar energia solar em térmica? Principalmente para aquecimento da água.”*

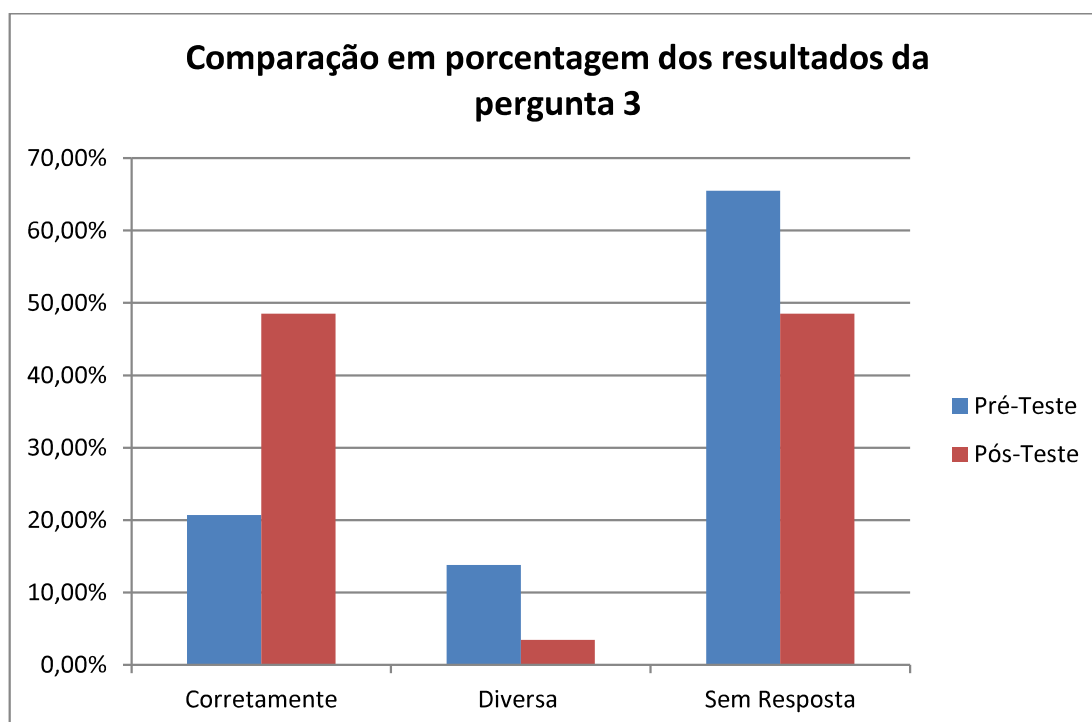


Gráfico 3 - Comparação entre os resultados da pergunta 3.

Esta pergunta nasceu de observações e conversas durante as aulas com os alunos em relação à diferenciação do aproveitamento da energia solar térmica para o aquecimento de água em relação ao efeito fotovoltaico para produção de energia

elétrica. Mesmo sabendo que o aproveitamento de energia solar para o aquecimento de água é um conteúdo abordado em termodinâmica no segundo ano, se fez necessário analisar os conhecimentos prévios dos alunos e identificar quais pontos seriam necessários serem abordados nas aulas seguintes.

É possível observar que no pré-teste cerca de 20% conseguiram explicar corretamente a questão e que no pós-teste, depois de ter sido realizado uma revisão sobre o assunto, o índice se mostrou satisfatória se aproximando de 50%. Em relação às questões não respondidas, ou seja, sem resposta no pré-teste e no pós-teste se mostrou preocupante, pois se tratava de uma questão trivial que já tinha sido abordado em outros momentos, não somente no conteúdo de Física mas em outras matérias como Geografia. Após o pós-teste comentei o ocorrido com os alunos e alguns alunos realmente estavam com certa dificuldade em entender e diferenciar os processos, sendo assim, como as aulas seguintes seriam apresentações de seminários sobre energia solar, este assunto entrou como tema a ser abordado nos seminários que seriam apresentados pelos alunos.

6.4 Pergunta 4: “Como poderíamos utilizar a energia solar no período da noite?”

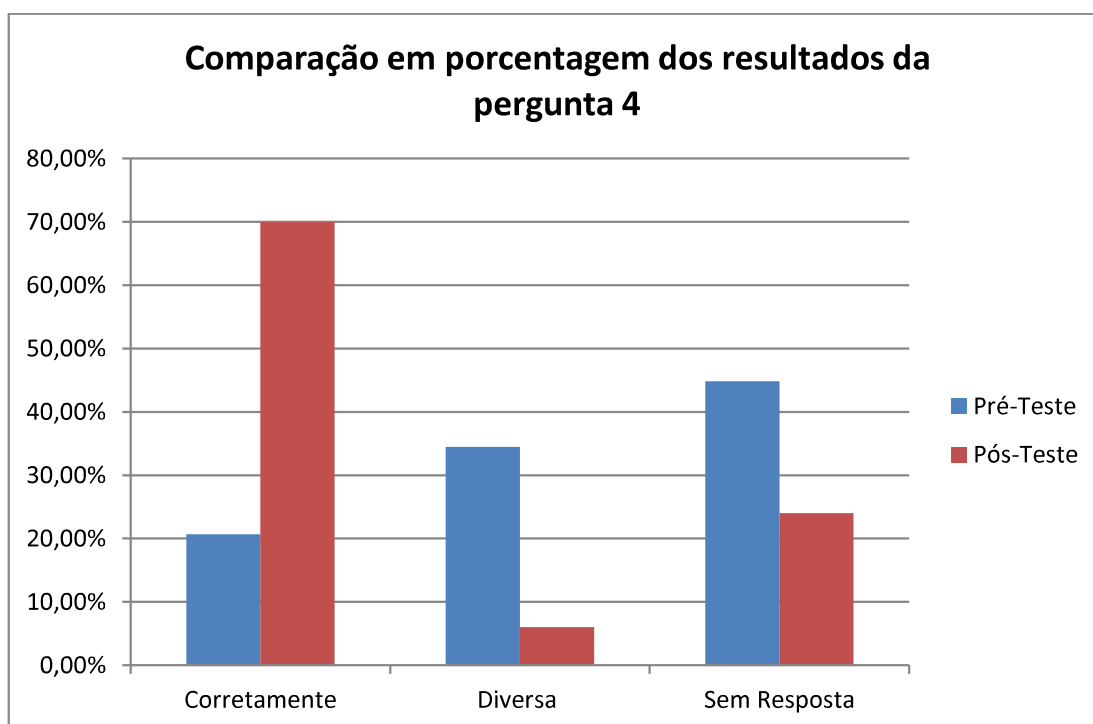


Gráfico 4 - Comparação entre os resultados da pergunta 4.

Uma pergunta simples com uma resposta simples, a energia poderia ser armazenada em baterias, pode nos parecer muito obvio a resposta, porém para alunos de ensino médio existe a necessidade de serem provocados a pensar sobre o assunto e que somente se tiverem o conhecimento adquirido sobre o assunto, seria possível responder corretamente.

Sendo assim é possível observar que houve uma grande evolução entre o pré-teste e o pós-teste, onde que o índice de respostas corretas teve um crescimento de 20% para 70% e as respostas diversas e sem respostas tiveram uma redução significativa no pós-teste.

Ao levar em consideração as resposta apresentadas pelos alunos classificada como correta, foi possível observar apontamentos sobre sistemas de produção de energia elétrica que são conectados à rede elétrica, onde o excesso produzido durante o dia seria distribuído na rede elétrica e contado como bônus para o período da noite, também foram apresentados como resposta que o sistema não precisava ser autossuficiente, a produção das células fotovoltaicas seria complementada pela energia da rede elétrica, sendo assim, a utilização de bateria não se faz necessário. Percebe-se que novos conhecimentos foram agregados a conhecimentos já existentes como previsto na teoria de aprendizagem de Ausubel.

6.5 Pergunta 5: *“Para a construção de placas fotovoltaicas são utilizados quais tipos de materiais?”*

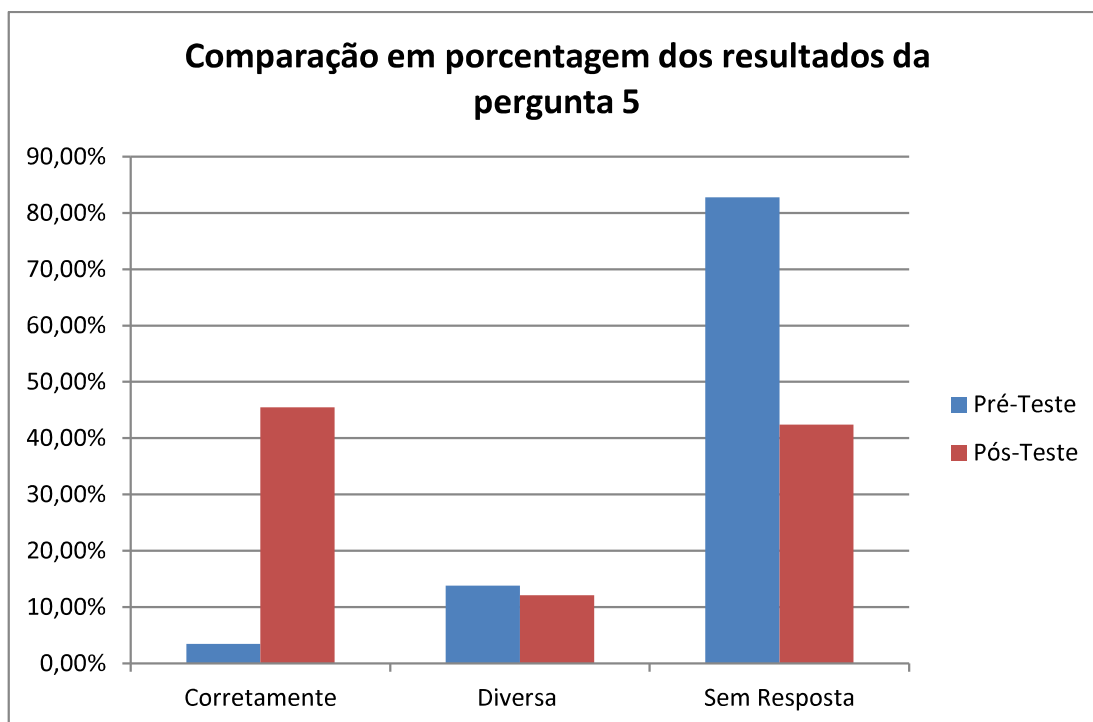


Gráfico 5 - Comparação entre os resultados da pergunta 5.

Em experiências anteriores na aplicação deste conteúdo, foi percebido que os alunos possuem certa confusão em quais materiais seriam necessários para a fabricação das células fotovoltaicas, até mesmo existe uma confusão em relacionar o silício com a areia, um dos elementos mais abundantes da Terra. Esta pergunta não tem o objetivo de analisar se o aluno decorou quais elementos são necessários para a produção das placas fotovoltaicas, mas sim, fazer com que mais conhecimento seja absorvido e sirvam como ancoras no futuro, sejam subsunçores para determinados conceitos que serão explicados nas aulas seguintes.

Ao analisar o gráfico é possível verificar que existiu uma grande diferença entre o pré-teste e o pós-teste, sendo que nas respostas classificadas como corretamente, houve um salto positivo e expressivo. Percebe-se que as questões sem respostas tiveram uma redução significativa do pré-teste para o pós-teste, nos levando a concluir que muitos alunos não tinham nenhum conhecimento sobre os materiais utilizados nas placas fotovoltaicas e após as aulas, conseguiram no mínimo conhecer tais materiais.

6.6 Pergunta 6: *“Explique o que é junção P-N e o processo de dopagem do semicondutor silício.”*

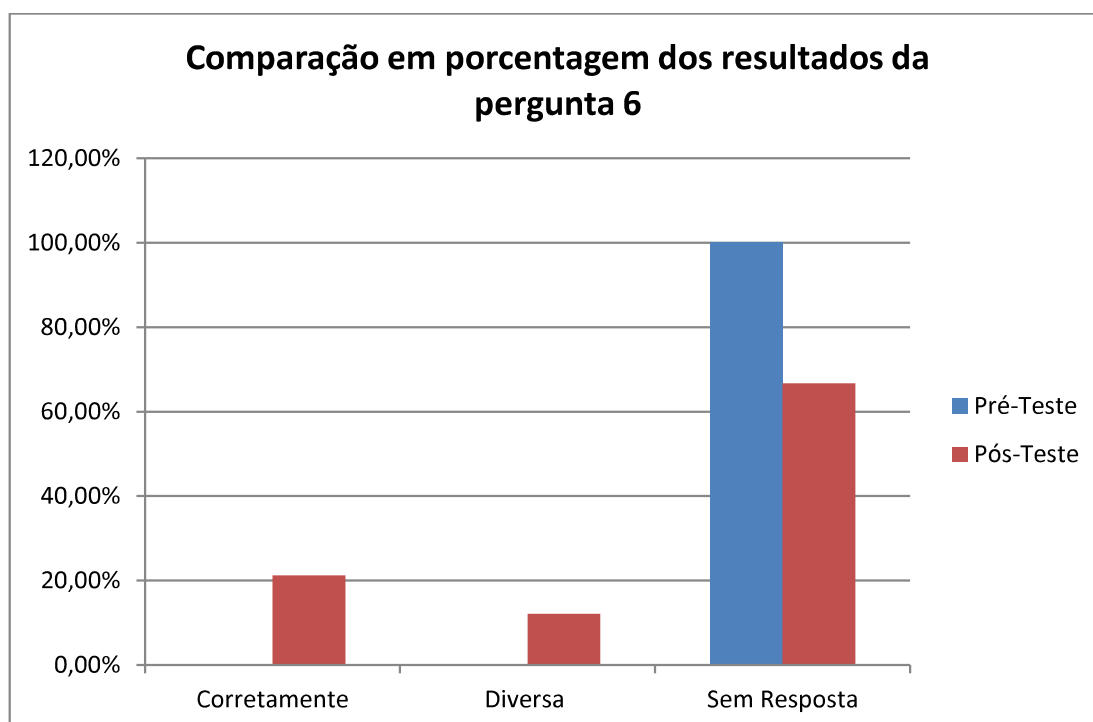


Gráfico 6 - Comparação entre os resultados da pergunta 6.

Verificamos que no pré-teste nenhum aluno tentou responder tal pergunta, todos a deixaram sem resposta, realmente é uma pergunta que necessita de um conhecimento técnico científico e não se trata de um conceito trivial, necessitando de uma habilidade de modelização que ainda está em fase de desenvolvimento nos alunos de ensino médio. Mesmo após as aulas, esse conceito e modelização se mostraram de absorção mais difícil pelos alunos, sendo que os mesmos encontraram dificuldades em expressar o que aprenderam. Os alunos que responderam corretamente a questão no pós-teste, foram pouco mais de 20% e os que tentaram responder e tiveram uma resposta diversa foram pouco mais de 12%, mesmo sendo números baixos, mostra um grande crescimento em relação ao pré-teste.

Como esta pergunta apresenta um nível de dificuldade maior, a não resposta de alguns alunos não pode ser encarada como não conhecimento do assunto, podemos afirmar que o aluno não adquiriu conhecimento suficiente para expressar o que aprendeu no pós-teste, isso foi percebido no final de cada aula quando se fazia uma discussão do assunto com os alunos, os mesmos conseguiam participar das discussões orais, e mesmo um conceito incompleto era complementado por outro colega. Segundo os parâmetros curriculares nacionais, um dos objetivos do ensino

médio é dar condições ao aluno em obter conhecimentos para entender e interagir com o mundo que o cerca, tornando assim um cidadão mais participativo na sociedade.

Ao verificar a ótica do referencial teórico do Ausubel, podemos destacar que este conhecimento apresentado aos alunos pode ser absorvido como um subsunçor que servirá de ancora no futuro para que novos significados sejam agregados a ele. E ao levar em consideração Paulo Freire, estamos dando condições para que os alunos sejam modificadores do meio ao qual estão inseridos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais a tecnologia está presente no cotidiano dos alunos, e cada vez mais os alunos estão curiosos para entender e participar do mundo que os cerca. Porém, a escola que deveria reconhecer esta necessidade dos alunos, se encontra muito distante deste objetivo, com abordagem dos conteúdos sem uma conexão com a realidade vivida pelos mesmos.

Este trabalho vem com uma proposta de encurtar a distância da escola com o cotidiano dos alunos, incluir a vivência do aluno e utilizar exemplos reais da sua vida na sala de aula. Além do apelo social e contextualizado, existiu uma preocupação na confecção do produto educacional em abordar o conteúdo de Física sem fugas, em utilizar a matemática básica, em estimular o entendimento de modelos físicos e realizar experimentos com a micro usina solar, experimentos esses que estão cada vez mais a ausentes das aulas de física.

Na aplicação do produto educacional foi percebido que existe um interesse maior dos alunos em estudar física e realizar pesquisas de modo independente. Vale destacar aqui, que os alunos sugeriram que eles realizassem seminários sobre o tema como forma de apresentação de um trabalho produzido por eles.

Com a confecção e aplicação do produto educacional foi possível perceber a importância de inovar a forma de ensinar física, incluindo um tema extremamente atual, presente no cotidiano dos alunos e riquíssimo em conceitos físicos importantes com a possibilidade de realizar experimentos com custos acessíveis.

Ao analisar os dados fornecidos pelos pré-teste e pós-teste e análise das aulas, foi possível perceber que houve uma evolução significativa no interesse do aluno pelo conteúdo e na absorção do mesmo. Os alunos estavam significativamente mais pré-dispostos nas aulas, mostrando mais interesse no entendimento dos processos e em realizar uma contextualização com o cotidiano.

À luz dos referenciais teóricos, na aplicação do produto educacional, foi possível realizar discussões que serviram como avaliação para saber quais pontos eram necessários revisar e assim garantir que ocorresse a aprendizagem significativa proposta por Ausubel. Também utilizando as informações do pré-teste e das

discussões em sala de aula, foi possível descobrir os subsunçores dos alunos e utilizar os mesmos como conexão para o novo conhecimento. Os alunos que ao receber o novo conteúdo e ainda não demonstraram possuir subsunçores, estes mesmos alunos, a partir destas aulas, começaram a construir seus subsunçores e num futuro quando estiverem diante deste assunto, poderão assimilar melhor o mesmo.

Ao levar em consideração Paulo Freire, se destaca o papel de conhecer a realidade dos alunos, os pré-requisitos que o dia a dia dos alunos podem nos fornecer para utilizar este tema como gerador na contextualização rica em elementos que se encontram no cotidiano dos alunos. Podemos também destacar que temas controversos trazem maior interesse na participação dos alunos.

Podemos finalmente destacar a melhoria por parte de nossos alunos na linguagem técnico-científica e reconhecer que com esta forma de apresentar o conteúdo alcançamos objetivos importantes da educação, como em fornecer ferramentas necessárias para os alunos se tornarem cidadãos mais participativos na sociedade na qual estão inseridos. Como sugestões para trabalhos futuros, podemos destacar a utilização do experimento em feiras de ciências, existe a necessidade de se ampliar a participação dos alunos de ensino médio nestes eventos, outra sugestão, seria um estudo que relacione o fator do clima espacial que pode influenciar o funcionamento das redes de transmissão de eletricidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P. (1968) Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston.

AUSUBEL, D.P. (2000). The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma perspectiva cognitiva**. Platano. Rio de Janeiro, 2003.

AUSUBEL, D. P., & Novak, J. D. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro, 1980. Brasil: Editora Interamericana LTDA.

CASTRO, Rui. Uma introdução às energias renováveis: eólica, fotovoltaica e mini-hídrica. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011.

GOMES, A. T.; GARCIA, I. K. **Aprendizagem significativa na EJA: Uma análise da evolução conceitual a partir de uma intervenção didática com a temática energia**. Revista Investigações em Ensino de Ciências – IENCI, v. 19, n. 2, 2014. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFGRS. 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienici/article/view/81/56>>. Acesso em: 27 set. 2017.

GONZALES, E. G.; ROSA, P. R. S. **Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da educação de jovens e adultos**. Revista Investigações em Ensino de Ciências – IENCI, v. 19, n. 2, 2014. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFGRS. 2014. Disponível em:

<<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienici/article/view/91>>. Acesso em: 26 set. 2017.

HALLIDAY D, RESNICK R. WALKER J. Fundamentos de Física. 9ªed. Rio de Janeiro. LTC, 2012.

JÚNIOR, Rudinei Moraes, and Mônica BAGNARA. "OS PRINCÍPIOS QUÍMICOS E FÍSICOS ENVOLVIDOS NO FUNCIONAMENTO DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS." Salão do Conhecimento 2.2 2016.

MOREIRA, M. A. (1999). Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Instituto de Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. RS, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em: 26 set. 2017.

MOREIRA, M. A. (2006). A teoria da aprendizagem significativa e suas implementações em sala de aula. Brasília: Editora UNB.

MOTTA, Rodolfo Rafael B. Técnicas de energia elétrica sustentável aplicadas em edificações. Guaratinguetá: UNESP. 2011.

SILVA, Luciano Fernandes. A temática ambiental, o processo educativo e os temas controversos: implicações teóricas e práticas para o ensino de física. 2007. 211 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/101614>>. Acesso em: 27 set. 2017.

RORATTO, C.; NOGUEIRA. C. M. I.; KATO, L. A. **Ensino de Matemática, História da Matemática e aprendizagem significativa: uma combinação possível**. Revista Investigações em Ensino de Ciências – IENCI, v. 16, n.1, 2011. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFGRS. 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/250/175>>. Acesso em: 27 set. 2017.

ZANIRATO, Leandro Diniz; MOURA, Leandro César de; CORDEIRO, Thiago Roberto Nunes. Técnicas de bombeamento de fluídos aplicando energia solar fotovoltaica. 2012.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Micro Usina Solar e o Efeito Fotovoltaico para Alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio.

Derbiano Alves Soares

Prof^a. Dr^a. Vanessa Carvalho de Andrade

BRASÍLIA – DF

2018

APÊNDICE. A

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Será apresentado a sequência didática e os passos necessários e importantes no direcionamento das aulas á luz dos referenciais teóricos de Ausubel e Paulo Freire.

Na proposta para a sequência didática é uma sugestão de ações durante as aulas que podem ser modificadas, mudadas de ordem de aplicação ou serem aplicadas parcialmente em projetos semelhantes. Nesta sequência existem sugestões para problematização inicial das aulas e perguntas para construção de debates dirigidos durante as aulas, assim como atividades de simulação computacional e atividades experimentais.

O Apêndice B é apresentado as questões utilizadas para a confecção do pré-teste e pós-teste.

Nos Apêndices C e D são apresentados os roteiros experimentais para utilização da micro usina solar.

No Apêndice E possui um texto de autoria do autor deste trabalho que explica todo o processo da micro usina solar, desde semicondutores, condutores, isolantes, processo de dopagem do silício, junção PN, efeito fotovoltaico e explica como é a transformação de energia solar em elétrica pelas células fotovoltaicas e os tipos de micro usinas solares existentes.

O apêndice F é composto por um texto autoral sobre Física Solar e o Clima, onde é abordado a relação entre o Sol, o Clima e a produção de energia, o texto ainda faz importantes referências a atmosfera solar e ao espectro solar.

O apêndice G segue uma série de links de vídeos e reportagens interessantes que podem ser utilizadas em sala de aula, assim como portais com materiais de apoio ao estudante e ao professor.

PROPOSTA PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

ENCONTRO 1

A) Apresentação do projeto aos alunos e realizar a problematização inicial – Duração: 15 minutos.

Apresentar o tema energia solar como tema gerador (colocar o conteúdo num contexto) e neste momento criar uma problematização, importância do tema no contexto social e ambiental. (FREIRE, 1985).

Problematização: Qual a necessidade de se produzir energia elétrica de fontes renováveis? Como está a produção e o consumo de energia elétrica no país?

B) Realização do Pré-Teste – Duração: 30 minutos.

A utilização do Pré-teste artifício muito importante para conhecer os subsunçores que os alunos possuem sobre energia solar e assim avaliar se nas próximas aulas existe a necessidade de organização e de complementar o conteúdo com o objetivo de ser um material potencialmente significativo. O objetivo deste momento é identificar se o material da sequência didática possui relação entre os subsunçores e o novo conhecimento, caso contrário, o material deverá sofrer modificações para que se torne potencialmente significativo. (AUSUBEL, 2003)

C) Montagem do aparato experimental com os alunos – Duração: 45 minutos.

Montagem do aparato experimental em parceria com os alunos, este momento é importante para a explicação de como é o funcionamento da micro usina solar, neste momento também será explicado cada elemento que compõe a micro usina solar.

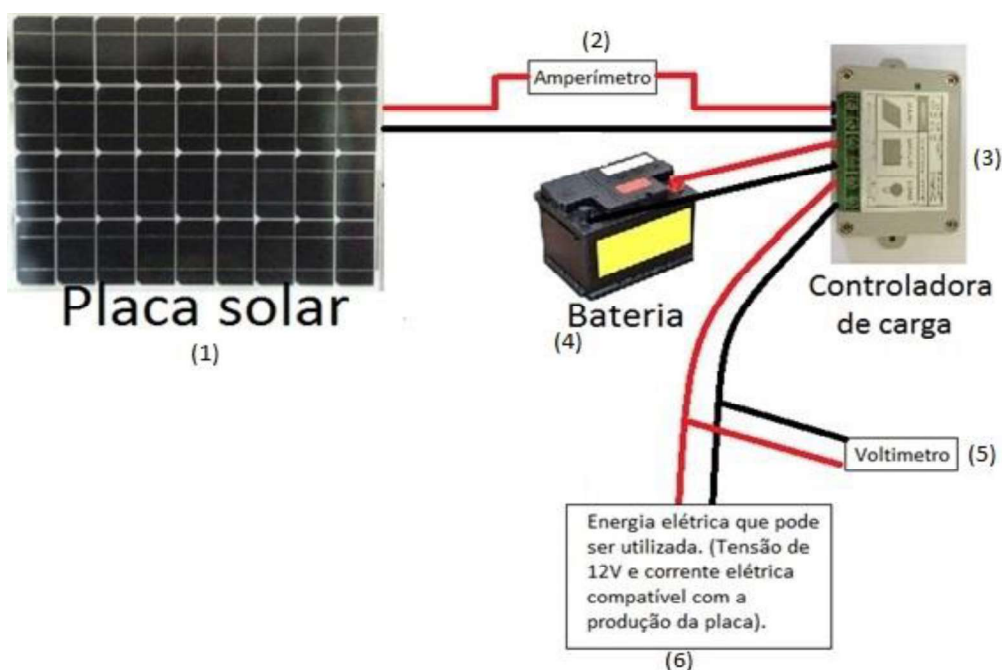


Figura 1. Esquema da micro usina solar.

Elementos da Micro Usina Solar.

1. **Placa solar:** Células fotovoltaicas que convertem energia luminosa em energia elétrica. Dados da placa:

- a) Marca e modelo: KINGSUN SOLAR 50
- b) Potência Máxima: 50 Watts.
- c) Tensão Máxima: 17,99 Volts, em circuito aberto: 21,59 Volts.

Placa constituída de 36 células de silício mono cristalina. (Informações presentes na própria placa).

2. **Amperímetro:** Aparelho utilizado para medir a corrente elétrica produzida pelas placas fotovoltaicas.

3. **Controlador de carga:** Equipamento responsável por controlar a tensão e corrente elétrica que é distribuída na bateria ou por um sistema conectado a micro usina, ele evita sobre carga na bateria ou que a mesma tenha a sua carga esgotada, o que poderia danificar a mesma. (informações presentes no manual do usuário).

4. **Bateria:** Um acumulador de carga, responsável por armazenar a energia produzida pela micro usina solar, energia esta, que pode ser utilizada em momentos que a produção dos módulos fotovoltaicos são insuficientes.

5. **Voltímetro:** Aparelho utilizado para medir a tensão elétrica gerada pela micro usina solar.

6. **Energia elétrica** que pode ser utilizada por sistemas com tensão e corrente elétrica compatível com a produzida.

Tutorial para montagem da micro usina solar.

1) Na parte de trás da placa solar, conectar os cabos elétricos nos terminais positivos e negativos.

2) Os cabos conectados na placa solar, positivo e negativo, ligar no controlador de carga no conector referente à placa solar.

3) No controlador de carga, nos conectores correspondentes a bateria, ligar os cabos positivo e negativo do controlador para a bateria.

4) Entre a placa solar e o controlador de carga, ligar o amperímetro.

5) Após o controlador de carga, ligar o voltímetro em qualquer terminal.

ENCONTRO 2

A) Atividade Experimental dirigida pelos roteiros apresentados nos apêndices C e D – Duração: 45 minutos cada experimento.

Neste segundo encontro será realizada uma proposta experimental utilizando a micro usina solar para verificação da tensão elétrica e da corrente elétrica fornecidas em diversas situações como:

- a) **Influência da variação da intensidade da radiação solar no comportamento da tensão e da corrente elétrica fornecida pelas células fotovoltaicas.**
- b) **Verificar o comportamento das associações de resistores e geradores.**
- c) **Analisar se os elementos do circuito do chuveiro elétrico se estão associados em série ou em paralelo, assim como seus comportamentos em relação à tensão, corrente elétrica, resistência e potência quando conectados à micro usina solar.**

Observações: As aulas teóricas sobre tensão, corrente elétrica, potência, Energia elétrica consumida, resistência (Leis de Ohm), associação de resistores e de geradores já foram ministradas previamente na sequência dos conteúdos antes de se iniciar o projeto, este momento será aproveitado para realização de experimentos relacionados com as aulas teóricas.

Sugestões: Antes da aplicação da proposta experimental, alguns alunos serão convidados para comparecerem em turno contrário para orientação de como proceder na atividade experimental e servirem como monitores na orientação dos procedimentos para coletas de dados.

É esperado que o aluno perceba a relação entre a intensidade da radiação solar sobre as placas e a potência por ela gerada, observando as mudanças na corrente elétrica e a intensidade luminosa das lâmpadas.

ENCONTRO 3

Duração 30 minutos.

A) Coletores solares térmicos para aquecimento da água.

Neste momento é importante explicar como funciona o aquecimento de água por energia solar que são utilizados para aquecer a água do chuveiro e de piscinas, evitando assim utilizar energia elétrica para esta finalidade, visto que, é necessária uma quantidade muito grande de energia elétrica para esta finalidade, um dos aparelhos elétricos de maior consumo de energia.

Conteúdo que será revisado:

- Processos de transmissão de calor (Condução, convecção e irradiação) e troca de calor.

Será realizada uma revisão de física térmica envolvida no processo de aquecimento da água pelas placas coletoras, será realizada uma estimativa do custo da instalação de coletores solares e a economia de energia elétrica envolvida para aquecer a água, será discutido em quanto tempo o investimento será recuperado e os benefícios socioambientais.

Provavelmente os alunos já possuem conhecimentos prévios sobre os coletores térmicos, então esta abordagem faz-se necessária, pois sistemas de coletores solares para aquecimento de água são muito utilizados e difundidos na nossa sociedade e confundidos muitas vezes com as placas fotovoltaicas.

Duração 60 minutos.

B) Simulação da Construção de Uma Micro Usina Solar.

- **Sugestões ao professor para realizar contextualizações.**

- 1) Gerar uma discussão sobre o consumo de energia elétrica nas residências dos alunos, traçar uma estratégia de como eles poderiam economizar e como poderiam inserir sistemas de aproveitamento da energia solar em suas residências.
- 2) Explicação e discussão. Como e porque existe o horário de verão em algumas partes do Brasil, traçar um paralelo da sazonalidade do horário de verão e a energia produzida pelas usinas solares sem a necessidade de longas redes de transmissão, traçar um comparativo do consumo de energia elétrica no verão e a produção nesta época do ano pelas usinas solares.

- **Passos para realizar a Simulação da Construção de Uma Micro Usina Solar.**

Utilizando dados que os alunos coletarão na conta de energia elétrica de sua residência, será utilizado o site: <http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar> que disponibiliza uma simulação do que é necessário para construir uma usina solar a partir dos dados do consumo de energia elétrica mensal em KWh e a sua localização geográfica, sendo assim, possível obter dados como:

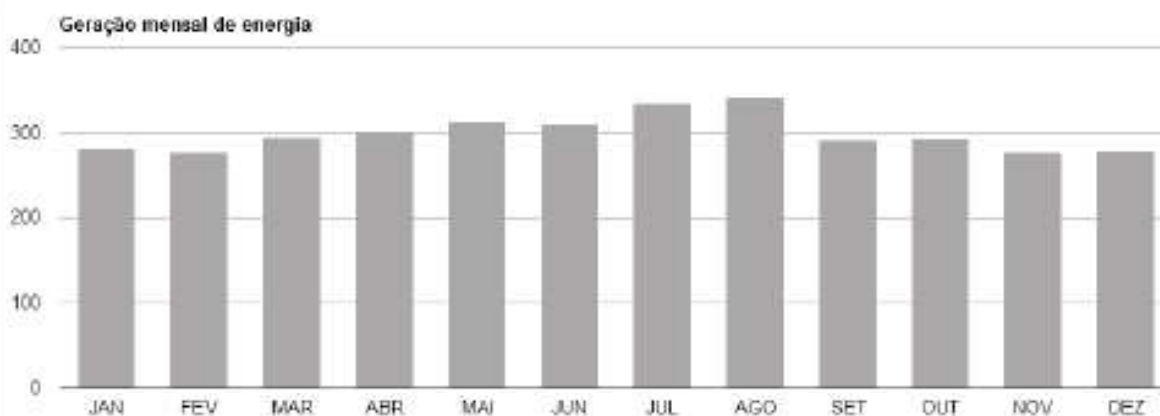
- Potência instalada.
- Custo médio para a instalação de uma micro usina solar.
- Quantidades de placas de 260W recomendado para o consumo.
- Produção anual de energia em KWh.
- Área mínima necessária para a instalação.
- Peso médio, Kg/m².
- Geração média mensal em KWh.
- Disponibiliza um gráfico da produção mensal desta micro usina solar, levando em consideração a incidência de radiação solar local.

Segue exemplo para um consumo de 300 KWh mensais em Brasília.



FICHA TÉCNICA DO SEU SISTEMA GERADOR

Para atender a sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de:	2,37	kWp. (ou potência instalada)
O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de:	R\$ 14.457,00	até R\$ 17.775,00
Quantidade de placas fotovoltaicas:	9	de 260 Watts
Produção anual de energia	3600	kWh/ano aproximadamente
Área mínima ocupada pelo sistema:	18,98	metros quadrados aprox.
Peso médio por metro quadrado:	15	kilograma / metro quadrado
Geração mensal de energia:	300	kWh/mes aproximadamente



ATENÇÃO: os valores aqui citados vão variar, para mais ou menos, de acordo com a complexidade da sua instalação. (por exemplo: altura do telhado, distância, rede local, etc). O cálculo de produção de energia baseia-se na radiação solar da região selecionada. Diversos fatores como inclinação dos painéis fotovoltaicos, sombras ou outro tipo de interferência podem influenciar na produção de energia do seu sistema.

ENCONTRO 4

A) Aula expositiva com duração de 60 minutos.

- Conteúdos abordados:
 - 1) Condutores, semicondutores e isolantes.
 - 2) Processo de dopagem do silício.
 - 3) Explicar a junção P-N.
 - 4) Efeito fotovoltaico e como a irradiação solar é absorvida pelas placas fotovoltaicas e transformada em energia elétrica.

Como material de apoio aos alunos utilizar artigos disponíveis nos apêndices E e F.

O material tem o objetivo de estimular a utilização de artigos produzidos em sala de aula, tais artigos que foram sugeridos são de autoria do autor deste trabalho buscando uma linguagem acessível aos alunos de ensino médio.

Apêndice E: Semicondutores e a Energia Fotovoltaica

Apêndice F: Física solar e o clima

Sugestões ao professor:

- ✓ Os artigos devem ser entregues previamente aos alunos e discutidos em sala de aula.
- ✓ Vídeo para consulta do professor sobre: Microeletrônica – Aula 01 - Física dos semicondutores, disponibilizado pela UNIVESP ministrada pelo professor Fernando Josepetti Fonseca.

https://www.youtube.com/watch?v=1hGdS1us_9k

ENCONTRO 5

Debate dirigido com duração de 60 minutos.

- Realização de uma discussão ambiental e um tempo para tirar possíveis dúvidas, logo abaixo apresento sugestões para o debate.
- Na aula anterior deve ser pedido aos alunos que realizassem uma pesquisa buscando informações sobre os impactos da produção e do consumo de energia na sociedade.

Neste caso é facultada a aplicação do pós-teste, ele pode ser substituída por um bate papo com os alunos, por um debate dirigido com temas já definidos previamente, o importante é dar a oportunidade para que o aluno possa expressar o que aprendeu e o professor possa avaliar a aprendizagem, momento importante como previsto na teoria de aprendizagem de Ausubel. Neste momento as sugestões de temas podem substituir a aplicação do pós-teste igual ao pré-teste, além de satisfazer o defendido nesta dissertação, abordar o tema de forma contextualizada.

Sugestões de temas para as discussões:

- 1) A energia solar pode ser considerada uma energia limpa, sem agentes poluidores?
- 2) Qual a relação entre tensão, corrente elétrica, potência e intensidade da luminosidade do Sol?
- 3) A energia solar pode ser uma alternativa para substituir outras fontes de produção de energia?
- 4) O investimento financeiro em sistemas de aproveitamento da energia solar é vantajoso ou desvantajoso, seria caro ou barato?
- 5) Caso você seja uma pessoa interessada em ter uma micro usina solar em sua residência ou local de trabalho, para a contratação de uma empresa especializada, quais conceitos seriam importantes você saber sobre o tema?
- 6) Imagine a seguinte situação hipotética: *Uma usina solar será construída na região em que você reside.* Construa um texto simples e objetivo no qual você deverá fazer uma análise que possa justificar o seu posicionamento contrário ou a favor desta construção.

ENCONTRO 6

Apresentação de Seminários.

Como atividade para os alunos, é importante que os mesmos se organizem para apresentar um trabalho, o importante é tentar ao máximo ser um pouco diferente dos seminários tradicionais

Vale lembrar que os alunos precisam ficar livres para realizar este trabalho, o professor somente orientará os mesmos na sua organização. Destacar para os alunos usarem a criatividade e serem inovadores, realize isso como um desafio.

- **Sugestões de regras para apresentação dos seminários:**

- 1) Utilizar o tema, Energia Solar. Poderiam associar a energia solar com outras fontes de energia.
- 2) A turma será dividida em grupos de mesma quantidade de alunos.
- 3) Cada grupo teria 30 minutos (*a cargo do professor regente*) para apresentação.
- 4) Deveriam utilizar dados reais do cotidiano deles.
- 5) Deve ter um apelo social ou ambiental.
- 6) Incluir um elemento criativo, novo que possa surpreender a apresentação. (Como um desafio lançado aos alunos).
- 7) A utilização de simulações computacionais, experimentos, objetos para ilustrar as explicações serão bem vindas.

- **Sugestões de temas que os alunos podem utilizar.**

- 1) Comparar a energia solar com outros meios de produção e indicar onde a energia solar está sendo utilizada no Brasil.
- 2) A duas frentes da energia solar: i) para o aquecimento de água como de chuveiros e piscinas e ii) para produzir energia elétrica em sistemas isolados ou conectados a rede. Diferencia e explicar os dois.
- 3) Energia solar X Energia Nuclear. Destaco este tema, pois sempre é um tema muito disputado.
- 4) Os 7 incríveis projetos de energia solar no mundo.

- 5) Em Brasília existe uma estação do metrô autossuficiente, fica na cidade satélite de Ceilândia. É a primeira estação do metrô autossuficiente da América Latina.
- 6) Energia solar como fonte para os seres humanos: Podem falar sobre a Vitamina D, absorção de Cálcio, podem realizar uma pesquisa na escola sobre quem tem vitamina D abaixo do normal e etc.
- 7) Condomínios inteligentes que podem utilizar a energia solar para suprir necessidades internas do condomínio.
- 8) Bicicletas compartilhadas: Podem ser bicicletas híbridas, que funcione pedalando e com um motor elétrico e carregado nas estações de compartilhamento com energia solar.
- 9) Expansão da energia eólica e solar no Brasil. Onde, quando, quanto e como será o futuro?
- 10) Construir pequenas traquitanas que funcionem com a energia solar. (Este é uma boa sugestão, os alunos são muito criativos e podem nos surpreender).
- 11) Infelizmente. Corrupção, desvios de dinheiro público nas construções dos Parques Eólicos, das Usinas Solares e das usinas Nucleares Angra dos Reis.

APÊNDICE. B - PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE.

	Nome da sua escola		
	Física	Data:	Nº
Professor:	Disciplina: Física		
Aluno (a):	Ano/Turma:		

Energia solar, micro usina solar e o efeito fotovoltaico.

- 1) Construa um esboço (desenho ou esquema) de uma micro usina solar e explique cada um dos elementos que ela possui.
- 2) Explique como é o processo de transformação de energia solar em energia elétrica pelas placas fotovoltaicas. (Efeito Fotovoltaico).
- 3) Como poderíamos transformar energia solar em térmica? Principalmente para aquecimento da água.
- 4) Como poderíamos utilizar a energia solar no período da noite?
- 5) Para a construção de placas fotovoltaicas são utilizados quais tipos de materiais?
- 6) Explique o que é junção P-N e o processo de dopagem do semicondutor silício.

APÊNDICE. C - ROTEIRO EXPERIMENTAL 1.

	Nome da sua escola		
	Física	Data:	Nº
Professor:		Disciplina: Física	
Aluno (a):	Ano/Turma:		

Objetivos: Verificar a tensão e a corrente elétrica fornecida pela micro usina solar levando em consideração a Influência da variação da intensidade da radiação solar no comportamento da tensão e da corrente elétrica fornecida pelas células fotovoltaicas.

- Materiais:
- Micro usina solar.
- Multímetro.
- Fios para ligações.
- Lâmpadas.

Procedimentos: Criar situações de sombreamento e diferentes inclinações nas placas solares com o objetivo de modificar a incidência da radiação solar sobre as placas.

1) Registre na tabela seguinte os valores de corrente elétrica e tensão para os seguintes casos:

- a) Com a placa alinhada diretamente para o Sol.
- b) Com a placa alinhada paralela ao solo.
- c) Com uma folha de papel A4 cobrindo uma área da placa solar.
- d) Com uma tela do tipo mosquiteiro sobre toda a área da placa solar.

e) Simular alguma situação de sombra sobre as placas solares.

Explique como fez o sombreamento.

Situações.	Tensão (V).	Corrente Elétrica (A)
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		

Tabela: Tensão e Corrente elétrica.

- 2) Discussão dos resultados encontrados. Compare o valor da tensão e corrente elétrica com o brilho apresentado pelas lâmpadas.
- 3) Construa o Gráfico Tensão x Corrente elétrica. Comente o resultado obtido.
- 4) Determine a potência para cada situação.

APÊNDICE. D - ROTEIRO EXPERIMENTAL 2.

	Nome da sua escola		
	Física	Data:	Nº
Professor:		Disciplina: Física	
Aluno (a):	Ano/Turma:		

Objetivos:

Analisar se os elementos do circuito do chuveiro se estão associados em série ou em paralelo, assim como seus comportamentos em relação à tensão, corrente elétrica, resistência e potência quando conectados a micro usina solar.

Materiais:

- Micro usina solar.
- Fios para conexão.
- Multímetro.
- Lâmpadas incandescentes e de LED.
- Pequenos motores (carrinhos).
- Resistência de chuveiro.

Procedimentos: Analisar associações em série e em paralelo para o circuito do chuveiro abaixo quando conectados à micro usina solar.

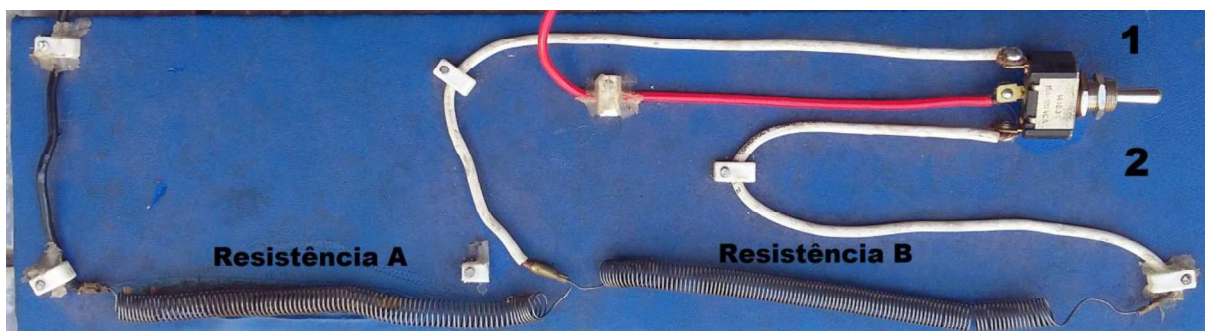


Figura 1: Resistência do chuveiro

Conecte os fios positivo e negativo na placa solar e ligue a chave na posição 1 e depois na posição 2 e verifique o aquecimento da resistência. Discuta o que foi observado com seu grupo e indique qual a posição verão e qual a posição inverno.

- 1) Determinar o valor da corrente elétrica para a resistência do chuveiro ligado na posição 1 e 2.
- 2) Com os dados da questão anterior, relacione a posição 1 e a posição 2 com a posição verão e a posição inverno do chuveiro.
- 3) Determine a tensão elétrica usada neste experimento e calcule a potência desta ligação para as posições, verão e inverno.

Faça uma discussão dos resultados obtidos e construa uma conclusão sobre o aquecimento da resistência do chuveiro na posição verão e inverno, comente se o resultado foi o esperado.

APÊNDICE. E- TEXTO DE APOIO. SEMICONDUTORES E A ENERGIA FOTOVOLTAICA

Semicondutores e a Energia Fotovoltaica

TEXTO AUTORAL:

Derbiano Alves Soares, MNPEF- Polo 1

Instituto de Física

Universidade de Brasília

Semicondutores e a Energia Fotovoltaica

A energia elétrica tem papel vital atualmente para o mundo globalizado, tudo gira em torno dela: banho quente, comida aquecida, uma bebida gelada, a televisão, o celular, o computador, ou seja, a maioria das atividades do dia a dia de todas as pessoas em qualquer lugar do mundo gira em torno da energia (DOS REIS,2003).

A energia mais utilizada para realizar todas essas atividades relacionadas é a elétrica, que pode ser obtidas através de duas fontes, não renováveis e renováveis. As fontes não renováveis são aquelas possíveis de se esgotarem com passar do tempo, devido ao uso ser mais rápido do que o tempo de sua renovação. Nessa categoria encontram-se os derivados do petróleo, os combustíveis radioativos, energia geotérmica e o gás natural (CASTRO,2011).

De acordo com REIS e CUNHA, (2006) as fontes renováveis são aquelas disponíveis em grande quantidade e que podem ser renovadas pela natureza mais rápido do que o tempo do seu consumo, entre elas estão usinas hidrelétricas, as eólicas (ventos), solar (fotovoltaica), biomassa (resíduo de animais, plantações e etc).

As fontes não renováveis de combustíveis fósseis são as mais utilizadas correspondendo a cerca de 80% da energia utilizada no mundo, porém as queimas desses combustíveis contribuem para a poluição do ar, produzindo Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nítrico (NO₂) e outros, esses elementos citados correspondem juntos a mais de 95% de contribuição para o efeito estufa e consequentemente para o aquecimento global (REIS e CUNHA, 2006).

Tendo em vista o estoque limitado de reservas desses combustíveis não renováveis em todo o mundo, o crescimento populacional com consequente aumento de demanda energética para o desenvolvimento tecnológico e industrial, além das constantes exigências na redução de emissão de poluentes. Há muitos anos existe entre os estudiosos uma preocupação na formulação de fontes alternativa de energia (SANTOS; 2015).

Dentre essas, destaca-se a energia solar fotovoltaica, por possibilitar a geração de forma limpa e descentralizada, não necessitando de extensas linhas de transmissão e distribuição, sua produção é silenciosa e pode ser utilizada tanto no

meio rural quanto no meio urbano. O Brasil tem a vantagem de estar localizado na zona inter-tropical, registrando altos índices de irradiação solar durante todo o ano, principalmente em comparação com outros países que já fazem uso desta tecnologia (SANTOS,2015).

Segundo JUNIOR e BAGNARA, (2016) a energia fotovoltaica é o resultado da conversão da luz solar em corrente elétrica, através de módulos ou placas construídos com fotocélulas produzidas a partir de um material semicondutor, como *silício cristalino, silício amorfo hidrogenado, arsenieto de gálio, telureto de cádmio e células CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selênio)*.

FUNCIONAMENTO DE UMA CÉDULA FOTOVOLTAICA

A palavra, “fotovoltaico”, possui a origem do grego, “fos, fotós”, e significa “luz”, estando assim associado ao Sol, enquanto a palavra “voltaico”, está ligada ao físico italiano Alessandro Volta (físico italiano, conhecido especialmente pela invenção da pilha elétrica.), referindo-se então a corrente elétrica e à eletricidade desenvolvida por processos químicos (CASTRO,2011) .

Logo, o efeito fotovoltaico está na conversão direta da energia solar em energia elétrica. A radiação solar emite fótons, que são como “unidades de energia” sem massa e sem carga elétrica. A incidência solar numa célula fotovoltaica constituída por um material semicondutor como o silício, por exemplo, permite a conversão da energia eletromagnética radiada pelo Sol em energia elétrica. A absorção de um fóton por um átomo de silício provoca, a libertação de um elétron de valência para a banda de condução, ficando então esse elétron livre (efeito fotoelétrico) (JUNIOR e BAGNARA, 2016).

A reposição do espaço instalado na banda de valência do átomo de silício provoca o efeito fotovoltaico. Em outras palavras, uma célula solar, através do processo dopagem do silício (adição de impurezas químicas a um elemento semicondutor para transformá-lo num elemento com maior potencial de condução, entretanto, de forma controlada.), é constituída por duas camadas desse material semicondutor, uma do tipo N (silício dopado com fósforo) e outra do tipo P (silício

dopado com boro), com cargas negativas e positivas, respectivamente, e sendo a junção de ambas um díodo, onde a circulação da corrente elétrica é feita apenas num sentido, da camada P para a N (ZANIRATO, et.al.; 2012) .

Quando um fóton é absorvido nessa célula, desloca-se um elétron de P para N, provocando um déficit de elétron em P e um excesso de elétron em N. Para repor o número de elétrons, ocorre a movimentação dos elétrons em excesso da camada N de modo a preencher a lacuna da camada P. Esta movimentação é realizada através de um condutor externo, um filamento de uma lâmpada, por exemplo, que conduz a eletricidade para a carga pretendida ou para a rede elétrica. Os elétrons atravessam esse filamento e produzem deste modo energia para a iluminação da lâmpada (JUNIOR e BAGNARA, 2016).

A RVq, (2015) relata que as células fotovoltaicas disponíveis atualmente no mercado são, em sua maioria, células de silício, existem três tipos: de silício cristalino, que se subdividem em monocristalino e policristalino, ou podem ser de silício amorfo. O silício monocristalino é o de maior efetividade de absorção, com eficiência de até 25 a 30%.

O sistema fotovoltaico é composto por um ou mais painéis fotovoltaicos, um controlador de carga e baterias. De acordo com suas aplicações pode ser necessário o uso de um inversor, também se faz necessário o uso de um inversor. Para uma residência a figura 01 mostra o funcionamento destas placas (ZANIRATO, et.al.; 2012).

De acordo Motta, (2011) os módulos fotovoltaicos são a unidade principal de um sistema fotovoltaico. São eles que realizaram a conversão da luz solar em corrente elétrica contínua, chegando comercialmente a potências de 5 até 300 W. Sendo necessário a presença de um controlador de carga e descarga de energia.

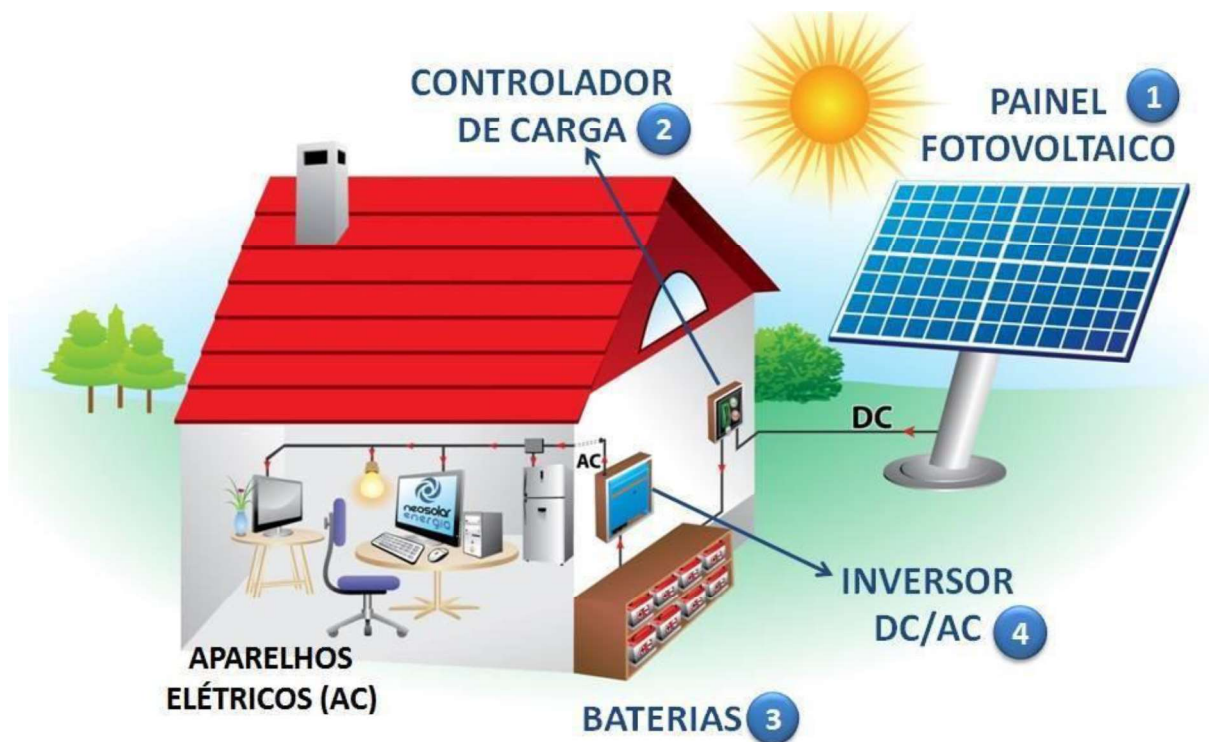


Figura 1 Sistema fotovoltaico.

(<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>)

De acordo com CASTRO, (2011) os sistemas fotovoltaicos são constituídos pelos seguintes elementos essenciais:

- Painéis de módulos fotovoltaicos de células semicondutoras.
- Baterias, responsáveis para armazenar a energia produzida (nos sistemas fotovoltaicos autônomos).
- Regulador de carga, responsável por evitar uma sobrecarga das baterias (nos sistemas fotovoltaicos autônomos).
- Inversores de corrente, que têm como finalidade a transformação de corrente contínua em corrente alterna, de modo a adaptar as características da corrente gerada às necessidades dos aparelhos eletrodomésticos ou qualquer outro fim que for utilizada.

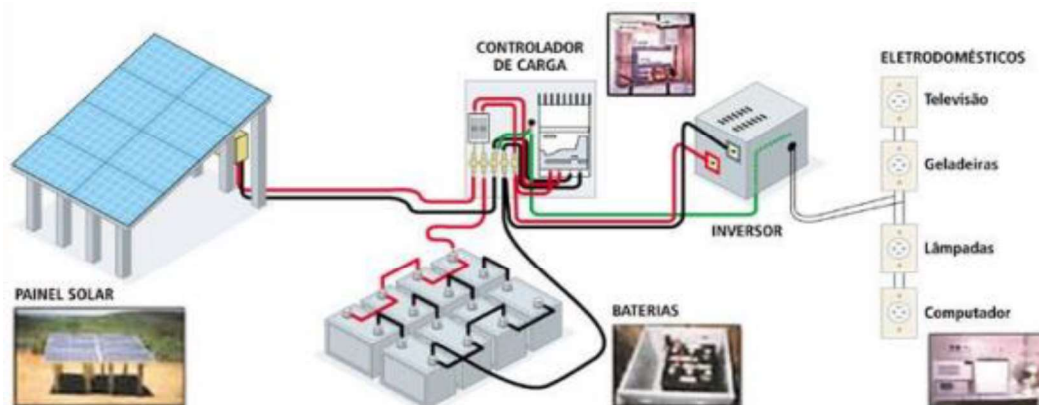


Figura 2 Figura 02: Etapas do aproveitamento da energia solar. Fonte: CRESESB (2006).

VANTAGENS DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar e o sistema fotovoltaico não poluem durante sua operação, seja em nível atmosférico, ou em nível sonoro, uma vez que não liberam gases poluentes para o ambiente e os seus equipamentos de captação da energia são silenciosos. Os materiais do sistema ao final da sua utilização são reutilizáveis. Os equipamentos de recepção de energia solar, bem como as suas infraestruturas são resistentes a condições climáticas extremas, não sendo necessário grande demanda de manutenção e incluindo uma longa duração de funcionamento (TORRES, 2012).

Os painéis solares permitem ao utilizador controlar a sua captação energética ao possibilitarem o acréscimo de mais células fotovoltaicas, aumentando a potência já instalada. Os países tropicais são os que mais se beneficiam deste recurso energético, devido à sua localização geográfica, sendo a incidência solar grande e durante boa parte do ano (CABELLO et. al., 2013).

Sendo essa energia renovável, de fácil acesso e gratuito, podendo por isso ser o melhor recurso energético para locais sem acesso a outras fontes de energia e para famílias que pretendem reduzir os seus custos energéticos, já que a sua produção energética supera os custos da instalação ao longo do tempo (SOUSA, 2013).

Além de todas essas vantagens atualmente os custos para instalação tem reduzido com as novas tecnologias, sendo inclusive hoje dispensável a instalação de

coletores térmicos. Esses fatores são essenciais para ressaltar as vantagens desse sistema de energia, principalmente no nosso país, que possui uma das maiores incidências de raios solares do mundo (BAIMA ; 2005).

DESVANTAGENS DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Basicamente as desvantagens desse sistema estão ligadas as condições climáticas e ao armazenamento. Alguns países possuem baixa incidência de raios solares, sendo assim, esse sistema teria um custo-benefício inferior a um país tropical que possuem grande incidência (SOUZA ; 2016).

As formas de armazenamento da energia solar captada são pouco eficientes quando comparadas com as dos combustíveis fósseis e da energia hidroelétrica, por exemplo. As baterias de armazenamento de energia são grandes e pesadas, ocupando muito espaço e necessitando de ser substituídas frequentemente. E para alguns países e ou lares o investimento inicial pode ser elevado (SOUZA ; 2016).

BATERIAS NO SISTEMA FOTOVOLTAICO

São utilizadas bateria ou bancos de bateria conectadas em série e ou em paralelo quando se tem a necessidade de utilizar a energia em momentos de não insolação, quando necessita estabilizar a tensão e quando existe a necessidade de correntes grandes, como por exemplo para funcionamento inicial de motores. É mais comum ser utilizados bancos de baterias em sistemas fotovoltaicos isolados da rede elétrica.

Segundo o material Blue-Sol, os tipos de bateria mais utilizados em sistemas fotovoltaicos são as baterias de chumbo-ácido ou de níquel-cádmio, sendo as baterias de níquel-cádmio serem mais difíceis de serem usadas por possuírem um custo muito elevado. As baterias de Íons de Lítio possuem custo elevado e por isso ainda não são utilizados em sistemas fotovoltaicos por não ter uma relação custo benefício favorável.

Em sistemas fotovoltaicos são utilizados baterias estacionárias de chumbo-ácido que possuem tempo de vida de até 10 anos, na atualidade é o tipo de bateria mais comum em utilização, pois seus custos e benefícios são favoráveis ao sistema.

ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Apesar das diferentes características climáticas observadas no Brasil, a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, sendo as mesmas relativamente altas em todo país. Conforme afirma FARIAS (2011), o local no Brasil onde ocorre a menor radiação solar global se dá no estado de Santa Catarina (4,25 kWh/m²), valor aproximadamente quatro vezes maior ao apresentado na Alemanha, país líder aproveitamento de energia solar.

É notório então o baixo potencial de aproveitamento da energia solar no Brasil, sendo necessário investimentos e financiamentos por parte do governo, principalmente, para difundir essa fonte de energia.

O Instituto IDEAL - Instituto para Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina, lançou projeto América do Sol, o maior programa de disseminação do conhecimento em energia solar fotovoltaica do país, criado em 2010, com o propósito de transformar a América Latina no continente da energia solar. Desde sua criação, o programa é executado com o apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), do banco de fomento alemão, e do Grupo Fotovoltaica da Universidade Federal de Santa Catarina (IDEAL;2016).

O Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América latina - IDEAL (2016) é uma organização privada sem fins lucrativos, com sede em Florianópolis (SC), que atua na promoção de energias renováveis e de políticas de integração energética na América Latina. São duas atualmente as principais áreas de trabalho do IDEAL: o Seminário Energia + Limpa e o programa América do Sol.

Todos englobam uma série de iniciativas gratuitas. Ao promover eventos e incentivar pesquisas e ações voltadas para as energias renováveis, o Instituto se fortalece como um elo entre meio acadêmico e empresarial, além de ser referência no

setor energético. A busca por uma matriz energética diversificada e integrada em todo o território latino-americano tem iluminado nossos caminhos (IDEAL;2016).

MARCOS HISTÓRICOS DO EFEITO FOTOVOLTAICO.

- 1839 – Becquerel descobre o efeito fotovoltaico.
- 1876 – Adams descobre o efeito fotovoltaico num semiconductor.
- 1880 – Construção da primeira célula fotovoltaica.
- 1906 – Efeito Fotoelétrico de Albert Einstein.
- 1930 – Shottky estabelece a teoria do efeito fotovoltaico.
- 1950 – Ampliações para uso na prática de células fotovoltaicas (Silício).
- 1954 – Primeira célula fotovoltaica utilizada (Silício).
- 1958 – Primeiras células fotovoltaicas para alimentar um satélite (Vanguard I)
- Década de 1960 – Desenvolvimento de aplicações espaciais.
- Década de 1970 – Desenvolvimento de aplicações terrestres.
- Década de 1980 – Centrais fotovoltaicas são construídas como projetos pilotos.
- Década de 1990 – Início da utilização da tecnologia para meios rurais.
- Após 1990 a utilização se desenvolveu para complementar a produção de energia elétrica mundial.
- Resolução 482/2012 da ENEEL que estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

REFERÊNCIAS:

BAIMA, M. C. Segredo da Casa Auto-Suficiente: Arquitetura e Construção. Brasília: Editora Abril,2005

CABELLO, Andrea Felipe; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico. 2013.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2012.

CASTRO, Rui. Uma introdução às energias renováveis: eólica, fotovoltaica e mini-hídrica. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011.

DOS REIS, Lineu Belico. Geração de Energia Elétrica. 3 ed. Barueri, 2003.

FARIAS, L. M.; Sellitto, M. A.. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato (Novo Hamburgo), v. 12, p. 7/21788820-16, 2011.

JÚNIOR, Rudinei Moraes, and Mônica BAGNARA. "OS PRINCÍPIOS QUÍMICOS E FÍSICOS ENVOLVIDOS NO FUNCIONAMENTO DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS." Salão do Conhecimento 2.2 2016.

MOTTA, Rodolfo Rafael B. Técnicas de energia elétrica sustentável aplicadas em edificações. Guaratinguetá: UNESP. 2011.

REIS, Lineu Belico dos, CUNHA, Eldis Camargo Neves. Energia Elétrica e Sustentabilidade. Aspectos Tecnológicos, socioambientais e legais. Barueri, SP. Manole, 2006.

SANTOS, Renata Cristina Oliveira, et al. "AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL E UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIA LIMPA PARA DIMINUIÇÃO DO CONSUMO NAS REDES ELÉTRICAS." Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista 11.3 2015.

SOUSA, Armando et al. Energia Solar. 2013.

SOUZA, Arthur Costa de et al. Análise dos impactos da geração distribuída por fonte solar fotovoltaica na qualidade da energia elétrica. 2016.

TORRES, Regina Célia. Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ZANIRATO, Leandro Diniz; MOURA, Leandro César de; CORDEIRO, Thiago Roberto Nunes. Técnicas de bombeamento de fluídos aplicando energia solar fotovoltaica. 2012.

APÊNDICE. F- TEXTO DE APOIO FÍSICA SOLAR E O CLIMA

Física Solar e o Clima

TEXTO AUTORAL:

Derbiano Alves Soares, MNPEF- Polo 1

Instituto de Física

Universidade de Brasília

Física Solar e o Clima

Há uma relação muito próxima entre o clima e a vegetação, isso se evidencia pelas zonas climática e biomas. A variação de temperatura e até mesmo de clima e um espaço geográfico se dá pela quantidade de intensidade dos raios solares. Essa radiação afeta o equilíbrio das superfícies que por sua vez modificam as condições de temperatura, movimento do ar, disponibilidade hídrica e etc. (CECATTO; 2006).

Além de ser determinante no clima, a luz solar é utilizada diretamente pelas plantas na fotossíntese (síntese de compostos orgânicos), ainda é única fonte de energia para alguns ecossistemas, estimula processos de diferenciações de tecidos e órgãos e está intimamente ligado ao processo de formação dos solos, como intemperismo da rocha matriz e transporte de partículas e nutrientes são em grande parte determinados pelo clima (CECATTO; 2006).

O Sol está estrategicamente localizado no centro geométrico e gravitacional do sistema solar, a uma distância média aproximada de 150 milhões de quilômetros da Terra, distância que a luz solar leva aproximadamente 8 minutos para percorrer, e em torno dele orbitam todos os outros corpos do sistema solar, como planetas, asteroides e cometas (DA SILVEIRA; 2006).

As estrelas são gigantescas massas de gás (predominantemente hidrogênio) que se mantêm coesas pela própria força gravitacional. Por isso, tanto a pressão quanto a temperatura do gás são elevadíssimas no núcleo das estrelas. A temperatura é da ordem de dezenas a centenas de milhões de graus (em torno de 15 milhões de graus no exemplo do Sol). Nestas condições de temperatura e pressão, o gás está no estado ionizado (plasma) formando um ambiente propício para a ocorrência de reações nucleares de fusão dos elementos leves dando origem aos elementos mais pesados (DA SILVEIRA; 2006).

De acordo com CECATTO, (2006) o processo de produção de energia nas estrelas ocorre pela fusão nuclear de elementos leves, principalmente Hidrogênio (H) e seus isótopos (Deutério e Trítio) em Hélio (He4) e outros elementos mais pesados. A sequência mais importante de reações nucleares que ocorrem nas estrelas é a conversão de núcleos de H em núcleos de He4 . Isto pode ocorrer de várias formas.

No exemplo do Sol, há 2 pares de núcleos de H, onde os 2 núcleos de cada par irão se fundir originando 2 núcleos de Deutério (D), que irá liberar 2 pósitrons e 2 neutrinos. Na sequência cada núcleo de D se funde com outro núcleo de H, originando 2 núcleos de He3 e 2 raios-gama. Por fim, os 2 núcleos formados fundem-se originando um núcleo de He4 e mais 2 núcleos de H. Logo, os raios-gama produzidos nesse ciclo são em grande parte os responsáveis pela radiação eletromagnética observada do Sol (CECATTO; 2006).

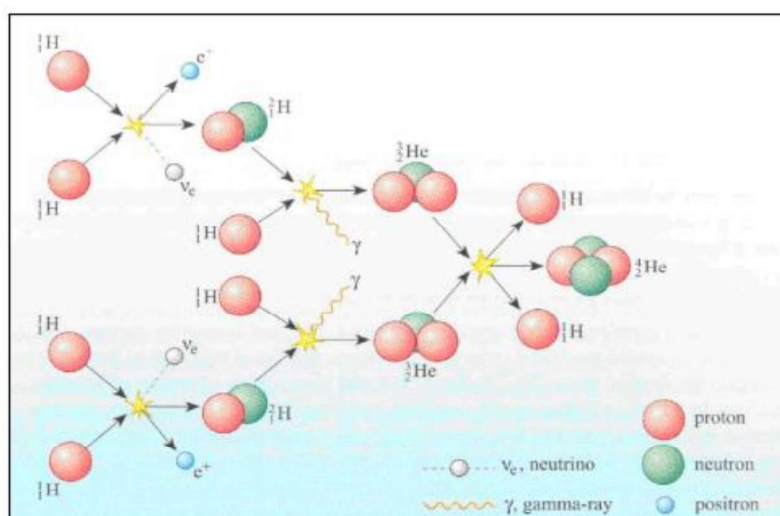


Figura 01: – SEQÜÊNCIA DE REAÇÕES DA CADEIA PPI RESPONSÁVEL PELA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO NÚCLEO DO SOL. (FONTE: GREEN E JONES, 2004).

ATMOSFERA SOLAR

Essencialmente a atmosfera solar é composta por 3 camadas: fotosfera camada visível a olho nu, cromosfera localiza-se acima da fotosfera e coroa solar, a camada mais externa e tênue. Ainda, existe a chamada região de transição entre a cromosfera e a coroa (DIAS; 2007).

Fotosfera é formada por uma fina camada de cerca de 500 km de espessura, o que equivale a aproximadamente meio milésimo do raio solar. É dessa camada a maior parte da luz visível, tanto a cromosfera quanto a coroa que estão acima são praticamente transparentes na luz visível. O gás desta camada não é totalmente transparente, dado a sua característica opaca o interior solar não pode ser visto

(HIRATSUKA, 1995). E por fim, sua extensão e temperatura são tão elevadas que a tornam uma potente fonte térmica de radiação.

A cromosfera se estende até cerca de 10 mil km acima da fotosfera esta camada apresenta temperatura de dezenas a centenas de milhares de graus. A densidade é relativamente menor do que na fotosfera. Tal camada pode ser vista olhando-se o Sol com um filtro especial na luz vermelha, conhecido como H- α . Utilizando-se este filtro é possível distinguir as várias estruturas cromosféricas: proeminências, "praias" brilhantes, filamentos, fáculas, "plages" e espículos. A separação cromosfera-coroa é conhecida como região de transição, uma fina camada de poucas centenas de quilômetros na qual a temperatura aumenta em relação aos valores cromosféricos (DIAS; 2007).

Por fim a coroa é a parte mais externa da atmosfera solar e prolonga-se por milhões de quilômetros a partir do Sol. É melhor observada durante os eclipses totais do Sol, pois apesar de ter um brilho equivalente ao da Lua cheia, ela fica obscura quando a fotosfera é visível. Assim, durante o eclipse, como o disco solar é ocultado pela Lua, é possível observar e estudar a coroa (HIRATSUKA, 1995).

O ESPECTRO SOLAR

Espectro visível (ou espectro ótico) é a parte do espectro eletromagnético onde a radiação é composta por fótons que apresentam capacidade de serem visualizados por um olho humano normal. Podendo então identificar a faixa de radiação por luz visível, ou puramente luz.

A faixa denominada de radiação infravermelha é delimitada pelas mais baixas frequências estimulantes aos olhos, percebida como vermelha. Já a mais alta frequência perceptível é a violeta, denominada de radiação ultravioleta. Para cada comprimento de onda nessa faixa de luz visível estará associada a uma percepção de cor.

O espectro ótico divide-se em subfaixas variando de acordo com sua cor, a subfaixa vermelha compõem-se de comprimentos longos de onda, a subfaixa verde ao centro e a violeta compõem-se de comprimentos curto de onda. Os comprimentos

de onda nessa faixa estão envolvidos entre 370nm (violeta) e 750 nm (vermelho). Já a frequência encontra-se visível entre 400 THz e 790 THz.

O espectro visível pode variar de espécie para espécie, cachorros e gatos por exemplo, percebem somente subfaixa azul ao amarelo, as cobras percebem o infravermelho e as abelhas o ultravioleta, duas faixas não visíveis aos olhos humanos. Nas pessoas pode haver diferenças entre percepções, a maioria dos humanos percebem uma variação de faixa que vai do vermelho ao violeta, passando pelo amarelo, azul e verde, porém outros apresentam dificuldade em visualizar algumas faixas, como os daltônicos que normalmente não conseguem distinguir a faixa verde da faixa vermelha.

A energia emitida pelo Sol encontra-se na forma de ondas eletromagnéticas, quase a totalidade na faixa de 290 a 3000 nanômetros (nm). A atmosfera terrestre reduz a radiação solar por meio do espalhamento causado por cristais, impurezas e moléculas de gases; absorção específica por constituintes atmosféricos, sendo ozônio (O_2 e O_3) responsável por absorver grande parte da radiação ultravioleta (comprimentos de onda < 380 nm), e vapor d'água e Dióxido de Carbono (CO_2) demonstram várias faixas de absorção no infravermelho (> 780 nm); além de parte sofre reflexão e absorção pelas nuvens (MEC–MCT ; 2010).

A intensidade da radiação solar que atinge a superfície terrestre é variável de acordo com as condições atmosféricas, mas cerca de metade da radiação está na região espectral de 380 a 780 nm que os seres humanos percebem como luz visível. Já as plantas verdes evoluíram passando a utilizar essa fonte abundante de energia através de pigmentos (clorofila, carotenoides, etc., principalmente na faixa de 380 a 710 nm) e os animais percebem através dos olhos. Outros organismos, como as bactérias purpúreas autotróficas absorvem energia na faixa do vermelho-longo (PILLAR; 1995).

No espectro da luz visível (Fig 02), para os olhos humanos normais a faixa de 380-435 nm é violeta, de 435-490 é azul, de 490-574 é verde, de 574-595 é amarelo, de 595-626 é laranja e de 626-780 nm é vermelho (OKUNO; 2010) .

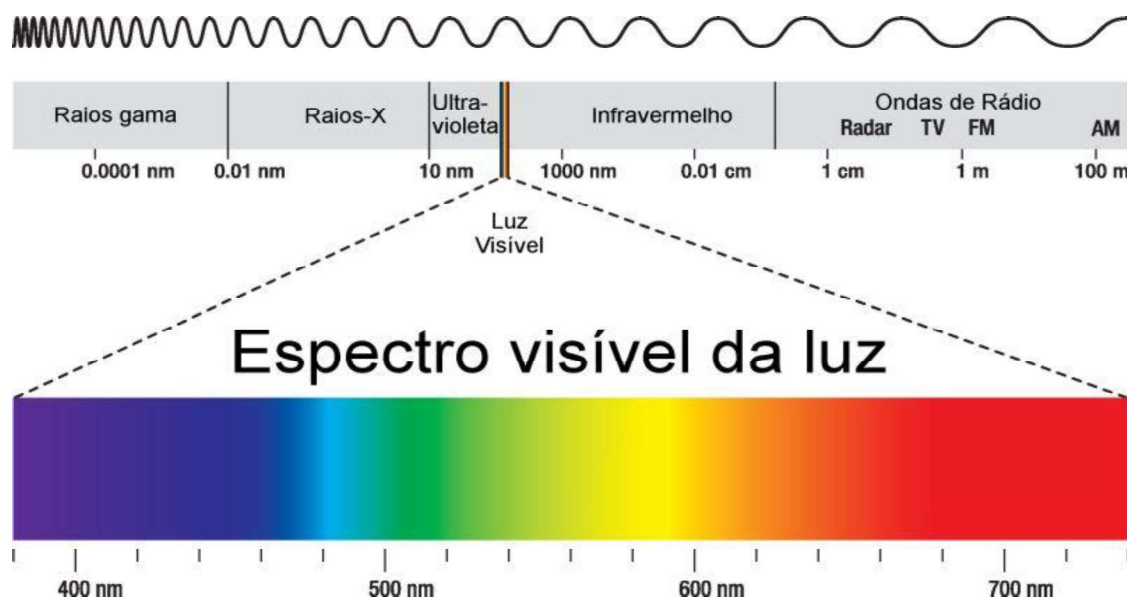


Figura 02: Espectro de luz visível. (Fonte: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com)

A radiação ultravioleta (comprimentos de onda < 380 nm), representa 2% da radiação que atinge a superfície terrestre. Com a redução da camada de ozônio essa proporção aumenta. As plantas não necessitam de radiação nessa faixa para crescer, mas plantas inferiores podem ser afetadas negativamente. A radiação solar absorvida pelos corpos (geo e biosfera) é remediada na forma de radiação de onda longa (> 3000 nm), sendo esta a que produz o aquecimento do ambiente (OKUNO; 2010).

SOL E CLIMA

A intensidade da radiação recebida no cume da atmosfera de um determinado local vai depender da declinação do Sol, logo é uma característica do dia, hora e latitude do local. O clima do planeta também tem apresentado variações de ciclos há milhares de anos (períodos glaciais e inter-glaciais), resultando nas modificações dos parâmetros da órbita (SILVEIRA; 2001).

A radiação do sol com incidência direta e difusa que atinge a superfície do solo e da vegetação é refletida ou absorvida. A parte absorvida vai determinar o aquecimento dos corpos dos quais passam a emitir radiação de onda longa. A atmosfera (CO_2 , água) absorve a radiação de onda longa e a irradia em direção à superfície. O saldo dessas radiações é a diferença entre o total de radiação incidente

e a soma da radiação refletida e irradiada, que representa o total de radiação que é absorvido pelo solo e vegetação (SILVA; 2006).

Segundo XAVIER, (2007) durante o período diurno o balanço de radiação é positivo e incide o aquecimento do solo e vegetação. O calor é espalhado por emissão de radiação de onda longa, o aquecimento ocorre devido a condução da camada de ar próxima às superfícies e transferência de calor, o fluxo de calor para camadas mais profundas do solo e o fluxo de calor latente através da evaporação e evapotranspiração (evaporar aproximadamente 1 mm de água a 20°C por hora).

A energia sorvida pelas plantas pelo processo de fotossíntese é normalmente insignificante (cerca de 1%) se comparada ao total da radiação incidente. Durante o período da noite o balanço de radiação é negativo; a emissão de radiação de onda longa pelas superfícies é maior do que a contra radiação de origem atmosférica. A perda de calor para o espaço é mais elevada em noites com céu descoberto do que em noites nubladas. As superfícies do solo e vegetação se esfriam, retirando calor da camada de ar em contato, ocorrendo a inversão da temperatura do ar (SILVA;2006).

No solo, o fluxo de calor sobe das camadas mais profundas para as mais superficiais. O balanço de radiação determina flutuações na temperatura do solo, da vegetação e do ar, originando os fenômenos meteorológicos (movimentação do ar, evapotranspiração, precipitação, geadas, etc.). Há expectativa que o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, que resulta da queima de reservas de carvão, petróleo, gás e de florestas, afetará o balanço de radiação, cause uma grande elevação da temperatura no planeta (PILLAR; 1995).

A análise de bolhas de ar em geleiras observou que a partir de 1800 a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou de 280 ppm para 330 ppm. Na atualidade prevê-se de que no ano 2060 teremos elevação de 2.5°C na temperatura média global comparada a temperatura de hoje, baseado na incidência de emissão de concentração equivalente de CO₂ de "gases do efeito estufa" (CO₂, metano, óxido nitroso, ozônio e clorofluorcarbonos) continue aumentando e dobre até o ano 2060 em relação aos níveis atuais (MEC–MCT; 2010).

Referências Bibliográficas

CECATTO, José Roberto. O SOL. **Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica**, v. 9, 2006.

DA SILVEIRA, Fernando L.; DE QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 27-55, 2006.

DIAS, Wilton S.; PIASSI, Luis Paulo. Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 325-329, 2007.

GREEN, S. F.; Jones, M.H. **An Introduction to the Sun and Stars**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

HIRATSUKA, Renato Satoshi; SANTILLI, Celso Valentim; PULCINELLI, Sandra Helena. O processo sol-gel: uma visão físico-química. **Química nova**, p. 171-180, 1995.

MEC–MCT, Projeto Condigital et al. A física e o cotidiano: Física e Meio Ambiente Parte II. 2010.

PILLAR, V. D. Clima e vegetação. **Clima. UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>**, 1995.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. Física das radiações. 2010.

SILVA, Adriana VR. **Nossa Estrela O Sol**. Editora Livraria da Física, 2006.

SILVEIRA, Fernando Lang da; AXT, Rolando. O que vemos quando projetamos a luz do sol com um espelho plano: manchas liminosas ou imagens?. **Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 18, n. 3 (dez. 2001), p. 364-375**, 2001.

XAVIER, Allan Moreira et al. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 83, 2007.

APÊNDICE. G – VÍDEOS E REPORTAGENS SOBRE ENERGIA SOLAR

Vídeos e Reportagens interessantes para consulta e uso em sala de aula:

- Matéria do Fantástico.

<https://www.youtube.com/watch?v=iDseQ-BI9Yc&t=147s>

- Manual do Mundo. Projeto de Instalação de energia solar na comunidade de Santa Marta - RJ.

<https://www.youtube.com/watch?v=A11YlvyJhDc&t=6s>

- Canal no YouTube da Blue Sol.

<https://www.youtube.com/user/bluesolenergy>

- Reportagem do Metrô Metrô-DF onde lança primeira estação com captação de energia solar da América Latina

<http://www.metro.df.gov.br/?p=35796>

- Reportagem da TV Brasil sobre: Em Brasília, uma estação de metrô vai funcionar somente com energia solar.

https://www.youtube.com/watch?v=xhbsRS_OHhQ

- Reportagem da TV Brasil Energia solar foi à solução encontrada por morador de Brasília para reduzir em até 70% custos em casa.

<https://www.youtube.com/watch?v=z2UQFMPGjGI>

- Canal Justiça Eleitoral. O Tribunal Superior Eleitoral em Brasília inaugurou uma usina de energia fotovoltaica para transformar a luz solar em energia elétrica.

https://www.youtube.com/watch?v=aK_z4UhgeJc

- Energia Solar em Brasília. Sistema Fotovoltaico de Energia Nova no Lago Sul de Brasília. Coluna Sustentável apresentando no Jornal da Globo.

<https://www.youtube.com/watch?v=aOWQD6Wnq0A>

Portais com materiais de consulta sobre o conteúdo a ser ministrado nas aulas.

- Portal da Blue Sol:

<http://bluesol.com.br/>

- Blog da Blue Sol:

<http://blog.bluesol.com.br/>

Quem é a Blue Sol?

A Blue Sol Energia Solar é uma das maiores protagonistas no setor de energia solar. Somos constantemente procurados pelos grandes canais de mídia para reportagens e opiniões. Também temos a marca mais reconhecida do setor solar brasileiro. Nossa visão é compartilhar para multiplicar, e dividir os resultados e benefícios dessa maravilhosa fonte com o maior número de brasileiros.

A energia solar fotovoltaica consiste na geração de energia elétrica através da luz do Sol, utilizando como princípio o efeito fotovoltaico.

- **Material em PDF disponibilizado para Download em ser portal.**

São instalados módulos fotovoltaicos (popularmente conhecidas por placas solares), normalmente no telhado, que se encarregam de receber a luz do Sol durante o dia e convertê-la em energia elétrica através de suas células fotovoltaicas.

É muito importante diferenciar esta tecnologia daquela do aquecimento solar, que já é muito difundida no Brasil e que consiste em utilizar o calor do Sol para aquecer fluídos, como a água.

- **Conheça tudo sobre a Energia Solar Fotovoltaica. Faça download da Apostila de Energia Solar em PDF.**

http://programaintegradoronline.com.br/livro/?utm_source=site-bluesol&utm_medium=livro-solar&utm_campaign=leads-iscas

- **Sociedade do Sol.**

Portal com muito material explicativo, tutoriais voltado à utilização a energia solar no processo térmico de aquecimento da água.

<http://www.sociedadedosol.org.br/>

Quem é a sociedade do Sol?

Desde quando foi criada em novembro de 2001, a Sociedade do Sol, uma instituição sem fins lucrativos, se dedica ao desenvolvimento de tecnologias sociais nas áreas de energia solar e renovável e programas de educação ambiental. Sua atuação é dedicada ao desenvolvimento de soluções de baixo impacto ambiental e custos reduzidos para a geração de energia junto à comunidades e organizações.

Sediada no Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia – [CIETEC](#), a SoSol dissemina, faz formação e monitora a implantação de um Sistema de Aquecimento Solar – o SAS, por meio da solução tecnológica conhecida como Aquecimento Solar de Baixo Custo, o ASBC.

O projeto ASBC da Sociedade do Sol está certificado pelo Banco de Tecnologias Sociais da FBB – Fundação Banco do Brasil e referenciado no Banco de Tecnologias da Fundação Getúlio Vargas – FGV/SP e no Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina (<http://www.cds.unb.br/obmts/>), além da RTS – Rede de Tecnologias Sociais/Governo Federal.

A atual equipe da Sociedade do Sol é formada por profissionais que desde 2000 se somaram aos pesquisadores originais. A SoSol também Integra redes e fóruns do movimento sócioambiental brasileiro como a Rede das Agendas 21 de São Paulo, Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais pelo Meio Ambiente e

Desenvolvimento, Fórum Marco Regulatório das OSCs e RENOVE (<http://www.renove.org.br>), além da Rede de Meio Ambiente do Cietec, Rede ASHOKA, Rede Permacultura Social Brasileira, Movimento Nossa São Paulo e Fórum Nacional das ONGs.

As atividades da Sociedade do Sol também se realizam por meio de parcerias com outras entidades, governos, mestres populares, pesquisadores científicos e profissionais técnicos em projetos com foco na sustentabilidade social, econômica e ambiental.

