



Universidade Federal do Norte do Tocantins.

Dissertação de Mestrado.

O emprego de um sistema individual automático de geração/conversão de energia solar em elétrica, com seguimento automático de intensidade luminosa, como instrumento didático de incentivo, motivação e suporte ao ensino de tópicos interdisciplinares de Física Moderna.

Autor:

Francisco de Assis Rodrigues LIMA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Norte do Tocantins 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.

Orientador:

Prof. Dr. Nilo Maurício SOTOMAYOR Choque

Co-orientadora:

Profa. Dra. Shirlei Navarrete DEZIDÉRIO

04 de agosto de 2022


O emprego de um sistema individual automático de conversão de energia solar em elétrica, com seguimento automático de intensidade luminosa, como instrumento didático de incentivo, motivação e suporte ao ensino de tópicos interdisciplinares de Física Moderna.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Tocantins 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.

Orientador: Prof. Dr. Nilo Maurício Sotomayor Choque

Co-orientador: Profa. Dra. Shirlei Navarrete Dezidério

Aprovação 04/08/2022

Documento assinado digitalmente
 NILO MAURICIO SOTOMAYOR CHOQUE
Data: 04/08/2022 20:30:33-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>


Prof. Dr. Nilo Maurício Sotomayor Choque

Documento assinado digitalmente
 JAIME JOSE ZANOLLA
Data: 07/08/2022 05:00:11-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Jaime José Zanolla

Documento assinado digitalmente
 SAMUEL GOMES DE MERCENA
Data: 05/08/2022 21:42:10-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Samuel Gomes de Mercena

Documento assinado digitalmente
 REGINA LELIS DE SOUSA
Data: 04/08/2022 21:26:37-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Profa. Dra. Regina Lélis de Sousa

Ficha Catalográfica.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- L732e Lima, Francisco de Assis Rodrigues.
O emprego de um sistema individual automático de geração/conversão de energia solar em elétrica, com seguimento automático de intensidade luminosa, como instrumento didático de incentivo, motivação e suporte ao ensino de tópicos interdisciplinares de Física Moderna.. / Francisco de Assis Rodrigues Lima. – Araguaina, TO, 2022.
61 f.
Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaina - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional Nacional em Ensino de Física, 2022.
Orientador: Nilo Maurício Sotomayor Choque
Coorientadora : Shirlei Navarrete Dezidério
1. Aprendizagem Significativa . 2. Efeito fotovoltaico. 3. Arduino. 4. Automação. I. Título

CDD 530

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Agradecimentos

A DEUS, por ter me dado força para seguir em frente mesmo diante das quedas e das perdas durante o caminho.

À UFT / Polo de Araguaína e a Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF);

À meu orientador Prof. Dr. Nilo Maurício Sotomayor Choque, pelo apreço, dedicação, pelas horas e horas de orientações sempre com o foco no aprimoramento do meu crescimento educacional, por ter me dado a honra de pesquisar e desenvolver um aparato experimental que me trouxe a luz uma gama de conhecimento sobre os semicondutores e de quebra pude mergulha em um mar de saberes sobre a geração/transformação de energia solar.

Ao minha Co-orientadora Profa. Dra. Shirlei Navarrete Dezidério, por ter contribuído de forma sublime com a minha formação, sempre disponível e dotada de uma didática Mega avançada, quando das suas orientações fazia tudo parecer simples e fácil, isso me trouxe animo para prosseguir, quando das vezes que eu me sentia desmotivado. Devo a ela a fato de ter chegado até aqui.

A todo o corpo docente do MNPEF - UFT e em especial aos profissionais que de uma forma ou de outra contribuíram para o meu crescimento educacional: me arrisco a citar alguns nomes com a pessoal da nossa coordenadora Profa. Dra. Pâmella, Profa. Dra. Regina, Profa. Dra. Érica, Profa. Dra. Liliana, Profa. Dra. Shirlei, Profa. Dra. Cláudia, e Prof. Dr. Juracyr.

Aos meus colegas/amigos e companheiros de luta da turma do MNPEF/2019, melhor turma que já passou no MNPEF – UFT, a quem eu devo meus sinceros agradecimentos, pois sem eles eu não teria vencido mais essa Batalha: Advaldo, Alan, Alex, Bruno, Charlene, Daniel, Eliabe, Elves, Rodrigues, Pablo e Wênio. Como diz a Charlene “***Juntos Somos Mais Fortes***”

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

Resumo

A presente dissertação detalha a concepção, construção e teste de um produto educacional integrado constituído de um sistema experimental isolado de geração e conversão de energia solar em energia elétrica com automação da captação da intensidade da radiação eletromagnética juntamente com uma apostila que apresenta os fundamentos básicos dos fenômenos físicos, relacionados com tópicos de física moderna e física de materiais, envolvidos com a construção, funcionamento e aplicação do equipamento fabricado.

O sistema é constituído de um painel fotovoltaico, de mediano porte, afixado a um suporte que possui capacidade de girar a base do painel nos três graus de liberdade espaciais, além de um equipamento eletrônico e eletromecânico para seguimento automático da intensidade da radiação eletromagnética incidente sobre o painel fotovoltaico e de um conjunto de atuadores, comandados por um microcontrolador, que movimentam a base do painel na direção da máxima intensidade da radiação.

A apostila consiste de uma compilação, em formato pdf, das aulas de aplicação do produto as quais possuem animações e applets relacionados com os princípios básicos das ondas eletromagnéticas, dos materiais semicondutores, do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico.

Apresenta-se o conjunto didático como uma inovação das tecnologias digitais da informação e comunicação concretizada em um produto educacional para auxiliar às aulas experimentais de física no ensino médio.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Efeito fotovoltaico; Arduíno; Automação.

Abstract

This dissertation details the design, construction and testing of an integrated educational product consisting of an isolated experimental system for generating and converting solar energy into electrical energy with automation of the capture of the electromagnetic radiation intensity together with a booklet that presents the basic foundations of the physics phenomena, relating to topics of modern physics and physics of materials, involved with the construction, functioning and application of manufactured equipment.

The experimental system consists of two parts: the first is composed of a medium-sized photovoltaic panel, affixed to a support system that has the ability to rotate the base of the panel in three spatial degrees of freedom. The second part consists of an electronic and electromechanical equipment for automatic tracking of the intensity of the electromagnetic radiation incident on the photovoltaic panel and a set of actuators, controlled by a microcontroller, that move the base of the panel in the direction of the maximum intensity of radiation.

The booklet that describes the physical foundations of the phenomena involved with the experimental system built consists of a compilation, in pdf format, of the product application classes which have animations and applets related to the basic principles of electromagnetic waves, semiconductor materials, the photoelectric effect and the photovoltaic effect.

The didactic set is presented as an innovation of digital information and communication technologies concretized in an educational product to help experimental physics classes in high school.

Keywords: Meaningful Learning; Photovoltaic effect; Arduino; Automation.

Lista de Figuras

| | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Relação entre experimentos, trabalho de laboratório e trabalho prático. – (HODSON, 1988, apud Paulo A. Porto, pg 02). | 17 |
| 1.2 | <i>Esquema representativo dos pressupostos da TAS (Fonte: adaptada de CALS NETO, 2020)[2].</i> | 20 |
| 1.3 | <i>Esquema representativo mais amplo dos pressupostos da TAS (Fonte: adaptada de CALS NETO - 2020)[2].</i> | 21 |
| 2.1 | Esquema da estrutura de bandas de energia de dois materiais semicondutores o da esquerda de tipo p e o da direita de tipo n. | 27 |
| 2.2 | Esquema da estrutura de bandas de energia de dois materiais semicondutores p e n antes e depois da junção, em situação de equilíbrio térmico. | 28 |
| 2.3 | Uma junção p-n em equilíbrio térmico. | 29 |
| 2.4 | Esquema da estrutura física de uma célula solar de uma junção p-n de silício cristalino. | 31 |
| 2.5 | Esquema do efeito fotovoltaico, na estrutura de bandas de energia, em uma célula solar de junção p-n. | 31 |
| 3.1 | Quadro Planejamento Semanal Primeiro Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico. | 34 |
| 3.2 | Quadro Planejamento Semanal Segundo Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico. | 35 |
| 3.3 | Quadro Planejamento Semanal Terceiro Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico. | 36 |
| 3.4 | Quadro Planejamento Semanal Quarto Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico. | 37 |
| 3.5 | Quadro Planejamento Semanal Quinto Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico. | 38 |
| 3.6 | Apresentação da Placa Fotovoltaica com Seguidor Solar na 1 ^a MCCN. | 45 |
| 3.7 | Palestra Fontes de Geração de Energia Elétrica – Energia Fotovoltaica. | 46 |
| 3.8 | Questionário de Física Moderna – efeito fotoelétrico e fotovoltaico. | 46 |
| 3.9 | Legenda de respostas: Fonte: Autor | 47 |
| 3.10 | Questionário 01. | 48 |

| | | |
|------|--|----|
| 3.11 | Questionário 02. | 49 |
| 3.12 | Questionário 03. | 50 |
| 3.13 | Questionário 04. | 51 |
| 3.14 | Questionário 05. | 52 |
| 3.15 | Questionário 06. | 53 |
| 3.16 | Questionário 07. | 54 |
| 3.17 | Questionário 08. | 55 |
| 3.18 | Resultado do Questionário – Física Moderna – Efeito Fotoelétrico | 56 |

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Introdução | 10 |
| 1 Fundamentação Teórica | 14 |
| 2 A transformação de energia solar em elétrica e as células solares | 23 |
| 2.1 Justificativa | 23 |
| 2.2 Células solares e o efeito fotovoltaico | 24 |
| 2.3 Módulos fotovoltaicos | 25 |
| 2.4 A física das células solares | 27 |
| 2.4.1 junção p-n | 27 |
| 2.5 Configuração de uma célula solar de junção p-n | 30 |
| 3 Metodologia e Aplicação do Produto Educacional | 32 |
| 3.1 Planejamento Semanal | 32 |
| 3.2 Aplicação do Produto Educacional | 40 |
| 3.3 Primeiro encontro | 40 |
| 3.4 Segundo encontro | 43 |
| 3.5 Terceiro encontro | 44 |
| 3.6 Quarto encontro | 44 |
| 3.7 Quinto encontro | 45 |
| 3.8 Resultado da Avaliação | 46 |
| Considerações | 57 |
| Referências Bibliográficas | 60 |

Introdução

Desde a antiguidade o homem tem buscado a produção de ferramentas e meios que facilitem o seu trabalho no dia a dia. Com o aumento constante e efetivo da sociedade, esses meios facilitadores tiveram que passar por aprimoramentos que atendessem a essa demanda populacional. A história mostra que a sociedade já possuiu por destintos eventos revolucionários industriais quando da criação de máquinas a vapor, que foram superadas pelas máquinas a combustão e estas pelos motores elétricos, causando aumentos significativos na produção de insumos. Hoje observa-se uma revolução tecnológica que tem a missão de promover a maximização na produção dos meios de consumo humano, sem, contudo, degradar o meio ambiente.

Entre as tecnologias que apresentam um futuro promissor para a existência e o desenvolvimento humano, encontram-se as relacionadas ao emprego de fontes de energias sustentáveis, isto é, fontes energéticas que não apresentam expectativa de esgotamento em escala temporal relevante à espécie humana.

Energias sustentáveis agrupam um subconjunto de energias denominadas renováveis, termo que caracteriza fontes energéticas que são substituídas por processos naturais a uma razão que é igual ou maior que a razão à qual a fonte é consumida, neste grupo encontramos a energia solar, ou seja, a energia proveniente da radiação eletromagnética do sol.

Desde tempos ancestrais o homem tem usufruído da energia solar de diferentes formas elementares, seja para calefação, para preparação dos seus alimentos, para secagem de frutos e sementes, para iluminação, aquecimento de água entre outras utilidades.

Na atualidade, o avanço da ciência e a da tecnologia têm possibilitado a criação de novas formas de se aproveitar a energia solar, para produzir trabalho útil, de um modo mais eficiente. Este é o caso particular do processo de conversão de energia solar em energia elétrica através do emprego de células solares, que tem a função de transformar as energias dos fótons vindas de fontes luminosas como o Sol ou outras de radiações eletromagnética em energia elétrica. Utilizando como princípios físicos o efeito fotoelétrico e fotovoltaico, que serão estudados no Capítulo 2 dessa dissertação.

Assim, o emprego de painéis solares para conversão de energia solar em energia elétrica é muito importante para a nossa região devido, principalmente, ao grande potencial de energia solar disponível. O sistema de conversão fotovol-

taico envolve diferentes processos e fenômenos físicos de interesse para professores e alunos do Ensino Médio. Conceitos como ondas eletromagnéticas (luz), natureza corpuscular da radiação eletromagnética, energia elétrica, energia solar, efeito fotoelétrico e fotovoltaico entre outros que são abordados. No entanto alguns desses assuntos normalmente não são estudados no Ensino Médio, por se tratar de Física Moderna e até então não constar na grade curricular da maioria dos livros didáticos conhecidos, e mesmo quando contemplado, esse se apresenta de forma resumida e no final do livro. Dentro desse contexto adotou-se como objeto de conhecimento, a pesquisa e produção de um aparato que envolvesse os assuntos mencionados acima. Surgiu então a ideia da confecção de um sistema individual de conversão de energia solar em elétrica que pudesse otimizar essa conversão elétrica de forma automatizada, ou seja, com um seguidor solar.

O desenvolvimento de sistemas independentes de conversão de energia solar em energia elétrica é possível de ser realizado em um laboratório didático de Física empregando recursos disponíveis comercialmente, os quais estão atualmente ao alcance devido a diminuição dos custos de fabricação e aos mercados globalizados. Os sistemas podem ser empregados para ajudar a motivar, melhorar e consolidar o ensino dos fenômenos físicos indicados como também podem ser introduzidos para o fornecimento de energia elétrica na região rural e até as áreas mais isoladas de nosso estado sem a produção de impactos ecológicos negativos e com maior alcance social.

Após alguns estudos bibliográficos de assuntos relacionados a sistemas de transformações de energias, deu-se início a construção do aparato experimental para conversão de energia: inicialmente com a confecção de um projeto em autôcad mecânico, que subsidiou o processo de produção do suporte para ancorar a placa fotovoltaica dando-lhe liberdade de movimento com dois eixos transversais: um que realize o movimento no sentido Norte/Sul e outro no sentido Leste/Oeste. Tal suporte foi pensado de forma a facilitar um possível transporte em futuras apresentações em escolas de Ensino Médio. Por essa razão buscou-se fazer uma estrutura desmontável e que ocupasse pouco espaço.

Com a estrutura pronta, fez-se um levantamento da força necessária para a realização dos movimentos utilizando-se de motores de corrente contínua. Durante a procura de tais motores no comércio local, encontrou-se em um desmonte um atuador linear de portão o qual foi utilizado para a realização de um dos movimentos. No outro eixo, por não encontrar um outro motor de fácil aquisição, foi confeccionado um atuador pistão elétrico com motor de limpador de para brisa 12 volts, inspirado de uma página do YouTube[20].

Após a instalação dos motores passou-se a realizar testes de força dos mesmos. Durante os testes verificou-se a necessidade da colocação de sensores de fim de curso para que havendo alguma falha no sistema automático, impedindo que a força dos motores viesse a danificar a estrutura.

Com os movimentos dos dois eixos em adequadas condições de uso, o foco

foi na parte eletroeletrônica, com a montagem dos sensores de luz (LDR), que são os responsáveis pelo funcionamento dos motores.

Os LDRs ao serem expostos a luz variam sua resistência e essa variação é captada pelo Arduino em forma de diferença de tensão e a partir de então, aciona através da placa Moto shield L298p, os motores, dando-lhes sentido de rotação. Esse processo se dá durante todo o dia enquanto houver incidência de luz nos sensores, fazendo com que a placa fotovoltaica permaneça recebendo os raios solares perpendicularmente ao seu plano. Desta forma, garante-se uma geração de pico durante toda a permanência de luz solar.

O que se espera desse experimento é que ele nos mostre que há um ganho na produção de energia elétrica comparado à geração de energia da mesma placa sendo instalada da forma convencional, ou seja, fixa. Potencializando a transformação de energia fotovoltaica em energia elétrica, motivando dessa forma, as futuras instalações de usinas, além de incentivar a mudança das instalações antigas para o novo sistema (móvel). Mostrando de forma prática aos alunos que vale a pena a pesquisa científica e que isso só traz benefícios para a sociedade. Além do benefício mencionado, se espera acima de tudo pra esse momento, que esse experimento possa contribuir para uma melhor assimilação dos conteúdos a serem trabalhados na sala de aula. Que o professor que assim desejar possa, ter nesse trabalho uma fonte de apoio na ministração de aula de física moderna, tendo uma consciência de que os conteúdos aqui detalhados podem e devem ser ampliados. Fazendo uso do mesmo aparato experimental o educador pode escolher outros conteúdos não trabalhados aqui no momento.

A aplicação do produto se deu ainda em meio a um quadro pandêmico o que dificultou de forma acentuada a sua viabilização. No entanto, mesmo com tantas dificuldades e obstáculos enfrentados, os resultados colhidos não foram exatamente o que se esperavam, mas, dentro do contexto, ainda superou as expectativas em alguns aspectos, pois pode se despertar uma consciência ecológica nos alunos bem como no quadro de professores e público assistente em geral.

A dissertação foi dividida em quatro capítulos: diante dos exposto acima esta dissertação trás no seu primeiro capítulo os referenciais teóricos que deram embasamento à construção e aplicação do produto, bem como a proposta pedagógica aplicada.

No segundo capítulo se expõe parte da física ligada ao produto pedagógico, trazendo uma roupagem acadêmica voltada ao Ensino Superior, dentro da composição estrutural das células fotovoltaica, fazendo um estudo dos efeitos fotoelétrico e fotovoltaico além de explorar os efeitos físicos microscópicos em uma junção PN formadas por heteroestruturas composta de duas camadas de materiais semicondutores, tipo p (positivo) e tipo n (negativo).

O terceiro capítulo aborda um relato da aplicação do produto que se inicia com os planejamentos pedagógicos semanais embasado na Base Nacional

Comum Curricular (BNCC)(BRASIL-2018)[18], passando a descrever com detalhes o ocorrido durante os cinco encontros (aulas), o que inclui uma mostra dos slides utilizados para a apresentação das aulas que pode ser observada no Apêndice A juntamente com os slides da apresentação do produto pedagógico constante no Apêndice B e que servem como apoio a profissionais do ensino que queiram utilizá-los em futuras aulas, finalizando com os resultados avaliativos da aplicação do produto.

O quarto capítulo expõe as considerações finais, fazendo um extrato de como se deu a aplicação desse trabalho, tecendo comentários sobre a metodologia aplicada e o crescimento educacional adquirido pelo docente e discentes.

Capítulo 1

Fundamentação Teórica

Para o delineamento da pesquisa, o autor parte do pressuposto que o educador pode, dentro do seu planejamento, fazer uma organização minuciosa do uso do tempo em sala de aula, e, sempre que possível, escolher uma metodologia que melhor se adeque ao conteúdo a ser ministrado.

É comum que os professores de Física e/ou os professores que lecionam Física, dentro da área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, façam seu planejamento dividindo o tempo em sala de aula em dois momentos:

- um primeiro, em que ele ensina o conteúdo teórico de maneira expositiva e
- um segundo, em que se limita a uma prática de resolução de exercícios daquele conteúdo.

Nem sempre, porém, eles reservam momentos para o uso da experimentação, como forma de auxiliar e dirigir a compreensão dos temas por meio de diferentes formas de chamar a atenção dos estudantes para a necessidade de desenvolvimento que passa, necessariamente, pelo conhecimento científico e tecnológico.

Ao tomar conhecimento dos pensamentos de Antoni Zabala (ZABALA - 2010),[12] através de seu livro “A Prática educativa: como Ensinar” adquire-se base para interpretar o que acontece na sala de aula, entendendo melhor o que se pode fazer e, ou o que está fora dessas possibilidades, saber que medidas tomar para melhorar, recuperar o que já funciona, bem como revisar o que não está claro.

Tudo com o objetivo de oferecer caminho para uma análise da prática educativa, com enfoque nas variáveis tradicionalmente utilizadas como: as relações interativas, a organização social da aula, o tempo e o espaço, a organização dos conteúdos, os materiais curriculares, os recursos didáticos e a avaliação. Dentro dessas variáveis a que chama mais atenção é a dos materiais curriculares empregados na condução das aulas de física, e, dentro desses materiais podem ser inseridos os experimentos de física.

Uma das conclusões da análise dos recursos didáticos e de sua utilização é a necessidade da existência de materiais curriculares diversificados que, como peças de construção, permitam que cada professor elabore seu projeto de intervenção específico, adaptado às necessidades de sua realidade educativa e estilo profissional. Quanto mais variados sejam os recursos didáticos, mais fácil será a elaboração de propostas singulares. (ZABALA, 2010, p. 187[12]).

Apoiando-se nos pensamentos de Antoni Zabala, pode-se e deve-se buscar meios tecnológicos virtuais a fim de suprir certas necessidades experimentais dentro do ensino. Exemplos disso são sites como o (PhET)[9] que trazem várias simulações interativas em ciências e matemática.

Com o propósito de estudo e de divulgação de ciência, procura-se trabalhar com as ideias de Aprendizagem Significativa de Ausubel (MOREIRA - 2012)[4]. Ao estudante é dada uma ideia antecipada do tema de interesse, e o professor complementa com o conteúdo científico, de modo a fazer uma conexão entre conhecimentos, que permite a organização das ideias e a construção de novos conhecimentos sobre (e incorporando) os já existentes.

A aprendizagem é significativa quando os conteúdos conseguem se entrelaçar com aspectos que possam estruturar o aprendizado do indivíduo, sendo um caminho a ser percorrido, passo a passo.

Para organizar o conteúdo na estrutura cognitiva do aprendiz, foram desenvolvidas técnicas posteriores à escrita da teoria, como, por exemplo, mapas conceituais – “diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina” (HODSON, 1988 apud Paulo A. Porto)[11].

É possível, então, pensar um experimento como forma de criar um mapa conceitual como ferramenta para alinhar de modo simplificado os temas da ciências da Natureza. Essa prática serve também para divulgar a ciência, potencializando o conteúdo científico dentro de conteúdos escolares. No item experimentação no Ensino de Ciências, recorreu-se à leitura e compreensão de (HODSON, 1987, apud Paulo A. Porto)[10] que trata desse tema.

Tendo em vista a necessidade de materiais e o limite de tempo disponível para a disciplina de Física, é compreensível os limites que impedem, muitas vezes, a prática experimental, no entanto, abandonar o tema não nos parece apropriado.

A parte experimental pode propiciar o envolvimento dos estudantes, o que modifica o aprendizado do modo clássico (papel e lápis) para uma dinâmica de trabalho que pode, muitas vezes, complementar a aula teórica, no entanto, existem conflitos entre diferentes compreensões do que sejam experimentos científicos escolares e práticas laboratoriais.

Para (HODSON-1987)[10] os experimentos na ciência e no ensino de ciências não tem o mesmo papel: “Como consequência direta desses pressupostos, muitos

procedimentos do currículo contemporâneo de ciências, especialmente aqueles que envolvem trabalho prático, são mal concebidos, confusos e de pouco valor educacional” (HODSON, 1987, apud Paulo A. Porto)[10].

No entanto no seu artigo “EXPERIMENTO NA CIÊNCIA E NO ENSINO DE CIÊNCIA”, (HODSON - 1988)[11] ele não sugere a exclusão do trabalho prático do currículo escolar, mas sim que haja uma mudança na forma de trabalhar essa experimentação.

O Autor nos traz duas questões que julga serem primordiais acerca dos experimentos no currículo.

Primeiro, o que os alunos precisam saber sobre a natureza e o objetivo dos experimentos como uma contribuição a seu aprendizado sobre ciências e como uma preparação para fazer ciência? Em outras palavras, qual é o papel dos experimentos como um conteúdo do currículo? Segundo, qual é o papel dos experimentos como um método de ensino? (HODSON, 1988, p 02) apud Paulo A. Porto)[11].

O autor se coloca na contrariedade no uso da experimentação como parte do currículo escolar, baseado na forma como se tem usando esse artifício na atualidade. Pois de nada adianta observar o funcionamento de um determinado aparato se não souber extrair de tal material os princípios físicos inerentes a ele.

Hodson nos lembra através da figura 1 que “... nem todo trabalho prático na ciência escolar é trabalho de laboratório, e que nem todo trabalho de laboratório pode ser classificado como experimento”. (HODSON - 1987, p 02)[10]

Os trabalhos práticos desenvolvidos pelos alunos não necessariamente devem ser realizados dentro de um laboratório, mais que na sua maioria pode e dever ser confeccionado em suas casas com acompanhamento, se necessário, de uma pessoa adulta, mais sempre que possível supervisionado pelo professor da disciplina. No entanto, os trabalhos realizados dentro de um laboratório podem até serem classificados como experimentos desde que não tenham a finalidade de descobrir uma teoria nova, por exemplo, mas que tenha como foco o esclarecimento ou confirmação de um princípio físico já conhecido.

O autor ainda nos convida a fazer uma reflexão: se os trabalhos realizados pelos alunos não estão de alguma forma se assemelhado aos trabalhos realizados pelos cientistas? pois se assim for, tal ação diverge dos objetivos propostos pelo ensino convencional de ciência previsto para sala de aula. Deste ponto de vista esse trabalho pode ser encarado como uma perda de tempo do ponto de vista do currículo escolar.

Há uma diferença muito grande entre experimento na ciência e experimento no ensino de ciência, conforme nos afirma Hodson[10].

Enquanto os experimentos na ciência são conduzidos principalmente com o objetivo de desenvolver teorias, os experimentos no



Figura 1.1: Relação entre experimentos, trabalho de laboratório e trabalho prático. – (HODSON, 1988, apud Paulo A. Porto, pg 02).

ensino de ciências têm uma série de funções pedagógicas. Eles são usados pelos professores como parte de seu programa planejado para ensinar ciências, ensinar sobre a ciência, e ensinar como fazer ciência. Estas funções pedagógicas podem, em certas ocasiões, resultar em problemas muito significativos. Por exemplo, muitos experimentos em classe não “funcionam”, ou dão resultados inesperados. (HODSON, 1987, apud Paulo A. Porto)[10].

Se diante de tais resultados sem consonância com o esperado, o professor ainda insistir em que os alunos adotem uma teoria mesmo que ela não tenha sido confirmada pelo experimento, isso de nada contribuirá para o ensino. Com isso se pode considerar que houve uma perda de tempo. No entanto, se diante dessa anomalia o educador for capaz de sanar o problema ocorrido fazendo com que o experimento venha a funcionar como esperado, ele estará contribuindo para o crescimento intelectual da turma, desta feita pode se considerar um ganho no ensino.

Isto posto pode se afirmar categoricamente que a experimentação na ciência não visa à formação de alunos, mais sim a utilização dos conhecimentos científicos de profissionais de determinada área, na busca por novos conhecimentos da ciência (HODSON - 1988)[11], utilizando-se de metodologias de pesquisas adequada ao seu fim.

Os trabalhos feitos pelo professor e levados para dentro do ambiente escolar, que tenha a finalidade de esclarecer algum efeito físico, ou até mesmo facilitar o entendimento de algum assunto que esteja contemplado no currículo escolar, pode ser considerado um experimento demonstrativo, e dessa forma é reconhecido como um dos materiais didáticos.

A base da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel[8] busca explicar um processo pelo qual, uma nova informação se relaciona com uma informação preexistente na estrutura cognitiva do aluno, envolvendo uma interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específico, ou seja, um subsunçor.

Essa nova informação passa a ser ancorada em conceitos ou proposições relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz, resultando em crescimento e modificação, do que era o conhecimento prévio.

Por outro lado, um conhecimento anterior, advindo do que se costuma chamar de aprendizagem mecânica, aquela em que os conhecimentos são armazenados de forma aleatória e não se relacionam de maneira substancial a um subsunçor (MOREIRA - 2012)[4], pode, posteriormente, se transformar em conceitos significativos na medida em que as informações adquiridas vão se organizando, e servindo de subsunçores para novas aprendizagens.

Ausubel diz que a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa não são contrárias, mas andam juntas, entrelaçadas.

Para facilitar a Aprendizagem Significativa, Ausubel et al. (1980)[4] propõem que a programação do conteúdo a ser ensinado obedeça basicamente a três princípios: organizadores prévios, diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por Ausubel, lança luz sobre processos de ensino-aprendizagem que priorizam a cognição de uma forma articulada ao uso de informação, num constante consórcio entre as estruturas cognitivas prévias do aprendiz e a que se quer modelar por meio da aquisição de novos conhecimentos.

Trata-se de um aprender que, diferente da aprendizagem mecânica simples, ao fazer uso de conhecimentos prévios, acoplando-os com os novos, permitem aos seres humanos se posicionar no mundo de forma a atuar sobre ele de modo mais consciente e eficaz. Para isso, é necessário dispor de métodos de ensino, planejados para atender aos objetivos educacionais, que permitam que as novas informações interajam com as que já se encontram organizadas e disponíveis, na estrutura cognitiva do aprendiz, com significados.

Dessa forma, a sistematização do processo de aprender é construído recursivamente compondo novas estruturas, cada vez mais complexas e aptas para decifrar e compreender sistemas com crescente níveis de complexidade.

A proposta, portanto, parte de elementos fundamentais da TAS, como conhecimento subordinado, superordenado e combinação de ordenação de concei-

tos, tempo para a discriminação progressiva e reconciliação integrativa, mas, e principalmente, da predisposição do estudante em atender ao processo de Ensino-Aprendizagem.

Nesse sentido, a experimentação, dentro da proposta do estudo, colabora com a formação educacional por possibilitar a integração de métodos e conteúdo de Física numa abordagem dinâmica, e aplicada na otimização do uso de energia limpa.

Para complementar nossa compreensão sobre a teoria que dá suporte à escolha da metodologia do Produto Educacional, alguns recortes e explicações são necessárias, como segue.

Aprendizagem Significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, p.2, 2012)[4]

Então, o produto prevê a necessidade de interagir conhecimentos e, quando eles não estiverem disponíveis, possibilitar a construção de subsunçores pertinentes ao que se deseja construir.

Exatamente como previsto na fala do autor:

É importante reiterar que a Aprendizagem Significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA - p.2, 2012)[4]

Não arbitrária significa, neste caso, que não é qualquer conhecimento prévio que serve de subsunçor a um determinado conteúdo.

Esta forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada de aprendizagem significativa superordenada. Não é muito comum; a maneira mais típica de aprender significativamente é a aprendizagem significativa subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante. (MOREIRA - p.3, 2012)[4]

É importante considerar que, dentre as formas de Aprendizagem Significativa, discriminadas pela TAS, temos: (a) Subordinada: novos conhecimentos,

ancorados cognitivamente, adquirem novos significados por meio de um processo interativo entre subsunçores relevantes para cada tema, mais gerais e inclusivos;

(b) Superordenada: processos mais abstratos, de indução e síntese, nos quais o novo conhecimento é que subordina os anteriores para formar novos conceitos;

(c) Combinatória: interação de vários conhecimentos super e subordinados de forma combinada.

Assim, a diferenciação progressiva pode ser atrelada à aprendizagem subordinada, da mesma forma que a reconciliação integrativa, é vinculada à aprendizagem superordenada, mas a aprendizagem depende da capacidade interna de distinguir os conceitos mais gerais, na direção de conceitos intermediários (mais específicos), ou exemplos subordinados a um tema.

Já a reconciliação de conceitos mais gerais, em intermediários, está associada as denominadas aprendizagens superordenadas.

Quanto aos tipos de aprendizagem, tem-se a aprendizagem representacional (símbolos arbitrários passam a representar objetos ou eventos determinados – e vice-versa); a aprendizagem conceitual (em que percepções de regularidades, independente de um referente concreto para ter significado) e a aprendizagem proposicional (junção dos tipos anteriores na criação de significados à novas ideias que, assim, passam a ser explicadas na forma de uma nova proposição).

O esquema da Figura 1.2 mostra a relevância impressa pela TAS ao comprometimento do estudante com o processo de aprendizagem e a implicação da presença, ou não, dos subsunçores para este fim.

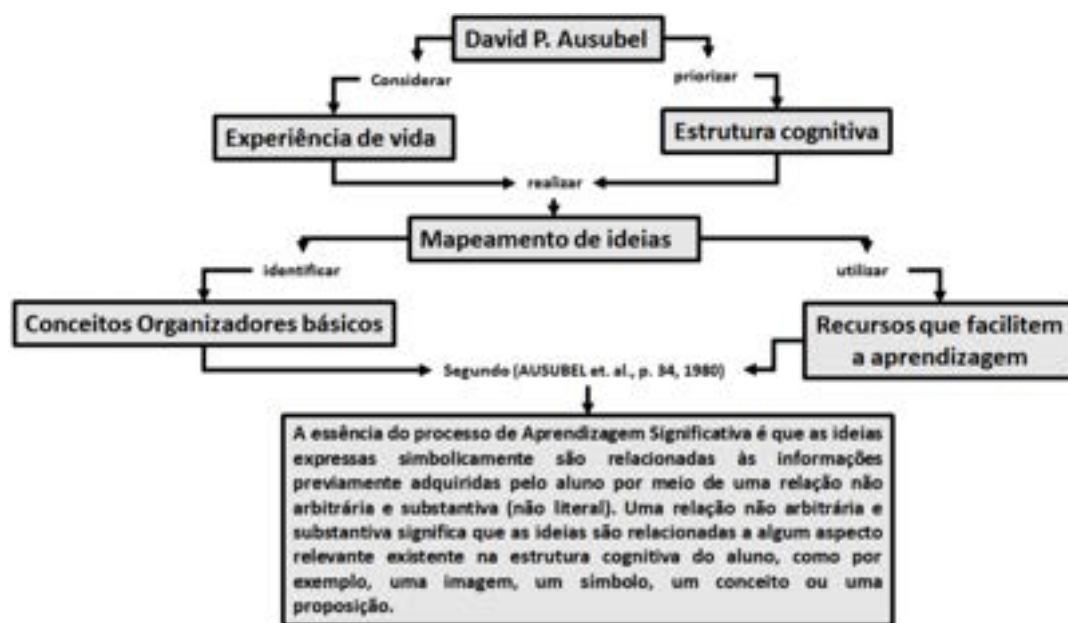


Figura 1.2: Esquema representativo dos pressupostos da TAS (Fonte: adaptada de CALS NETO, 2020)[2].

Um esquema mais amplo, para pesquisas posteriores, foi condensado no diagrama da Figura 1.3.

Para Moreira[4] é possível que em alguns casos o sujeito não faça uso de um determinado subsunçor, não pela falta do mesmo, mas por esquecimento causado

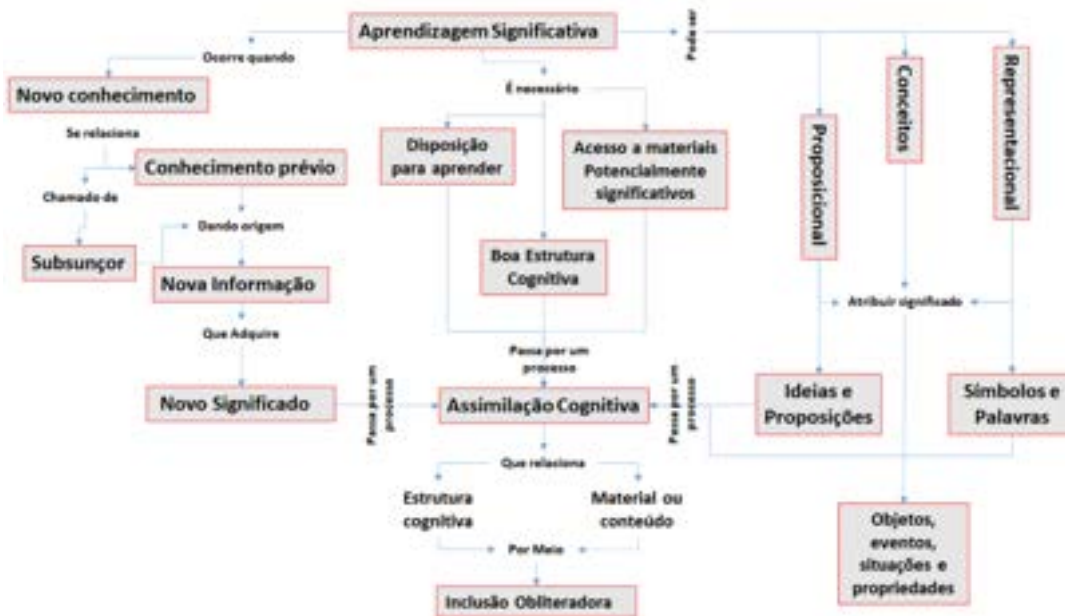


Figura 1.3: Esquema representativo mais amplo dos pressupostos da TAS (Fonte: adaptada de CALS NETO - 2020)[2].

pelo desuso.

Podem ocorrer também que um subsunçor muito rico, muito elaborado, isto é, com muitos significados claros e estáveis, se oblitere ao longo do tempo, “encolha” de certa forma, no sentido de que seus significados não são mais tão claros, discerníveis uns dos outros. Na medida em que um subsunçor não é frequentemente utilizado ocorre essa inevitável obliteração, essa perda de discriminação entre significados. É um processo normal do funcionamento cognitivo, é um esquecimento, mas em se tratando de aprendizagem significativa a reaprendizagem é possível e relativamente rápida. (MOREIRA, p.4, 2012)[4]

Moreira[4] nos trás um exemplo em que um estudante ao se afastar do ambiente escolar por um determinado tempo possa ter alguns dos subsusores obliterados, ou seja, cancelados “Mas uma vez que a aprendizagem tivesse sido significativa, e esse sujeito retomasse estudos de Física, provavelmente não teria muita dificuldade em “resgatar”, “reativar” ou “reaprender” o subsunçor Leis de Conservação.” (MOREIRA, p.4, 2012)[4]. Nos afirma ainda que isso pode ser também observado quando um professor passa algum tempo sem ministrar aula sobre determinado assunto, mais tão logo ele reveja esse conteúdo os subsusores são reativados.

Portanto, aprendizagem significativa não é, como se possa pensar, aquela que o indivíduo nunca esquece. A assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa,

porém não é um esquecimento total. É uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é provável que aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa. (MOREIRA, p.4, 2012)[4]

Do exposto, cabe a ressalva que a experimentação proposta e a discussão em sala de aula, atendem à teoria base para as análises dos resultados – a da Aprendizagem Significativa.

Espera, assim, potencializar o comprometimento dos estudantes ao Ensino de Física pelo apelo tecnológico que, ao ser levado para a sala de aula, e compreendido do ponto de vista do funcionamento – interligado à compreensão dos conceitos de Física envolvidos – não nega a visão de Hodson sobre o uso da experimentação em sala de aula, mas provê nova fonte de pesquisa e de construção de material didático para professores que têm, neste trabalho, uma referência para utilizações futuras do Produto, ora desenvolvido.

Capítulo 2

A transformação de energia solar em elétrica e as células solares

2.1 Justificativa

Atualmente, o crescimento industrial desenfreado nas nações do orbe¹ vêm propiciando crises de instabilidade econômica e política devido à demanda excessiva, e a diminuição constante das principais fontes de energias não renováveis, mais especificamente dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural). A expectativa de esgotamento destes materiais tem motivado a pesquisa por novos combustíveis alternativos e processos de conversão de energia, resultando no desenvolvimento de novas tecnologias entre as quais podem ser citadas como, exemplo, as células de combustível, o emprego do hidrogênio, o uso do biometanol ou do biodiesel, a utilização da energia devida a processos biológicos, o aproveitamento da energia eólica, da energia das ondas marinhas assim como da energia geotérmica, da energia solar e outras tecnologias híbridas. Atualmente, as energias nuclear e hidroelétrica suprem a deficiência ou eventual falta dos combustíveis fósseis em alguns países, entretanto, em nível mundial existe, pouca disponibilidade de recursos hídricos, e o acúmulo de resíduos radioativos, nocivos ao meio ambiente é ainda um problema não resolvido.

Entre as tecnologias que apresentam futuro promissor, para a existência e o desenvolvimento humano, encontram-se as relacionadas ao emprego de fontes de energias sustentáveis, isto é, fontes energéticas que não apresentam expectativa de esgotamento em escala temporal relevante à espécie humana. Energias sustentáveis agrupam um subconjunto de energias denominadas renováveis, termo que caracteriza fontes energéticas que são substituídas por processos naturais a uma razão que é igual ou maior que a razão à qual a fonte é consumida. Neste grupo encontramos a energia solar ou energia proveniente da radiação eletromagnética do sol, a qual é a base para os objetivos do presente projeto.

¹substantivo masculino - Corpo em formato de uma esfera; globo; mundo, redondeza, esfera. - [Astronomia] Superfície circunscrita pela órbita de um corpo celeste. - [Astronomia] Qualquer corpo celeste que apresente o formato esférico (lua, planeta etc.).

O sol, situado a 150 milhões de quilômetros da terra, (Halliday - 2010)[17] irradia uma imensa quantidade de energia eletromagnética no sistema solar sendo que apenas uma pequena fração desta energia atinge a superfície terrestre. Embora a quantidade de radiação recebida pela terra seja uma parte ínfima, esta quantidade de energia pode suprir, folgadoamente, as atuais demandas energéticas mundiais. A taxa de radiação solar média por unidade da área, na região da órbita terrestre é aproximadamente 1380 W/m^2 ($\approx 2\text{HP/m}^2$), este número é conhecido como constante solar. Desta quantidade de energia, 19 % é absorvida pela atmosfera e 35 % é refletido para o espaço exterior.

2.2 Células solares e o efeito fotovoltaico

Células fotovoltaicas são dispositivos capazes de empregar a energia dos fótons provenientes do Sol ou de outra fonte de radiação eletromagnética para produzir energia elétrica. Os princípios físicos que fundamentam o funcionamento destes dispositivos são o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico. O efeito fotoelétrico (RESNICK-2016)[16] é responsável pela emissão de elétrons, em determinados materiais, após a absorção de quanta² de energia eletromagnética. O efeito fotovoltaico é um caso especial do efeito fotoelétrico que acontece em heteroestruturas semicondutoras multicamadas, nas quais os elétrons possuem liberdade limitada para se deslocar de um átomo para outro. A incidência de radiação eletromagnética acima de determinada frequência fornece a energia necessária para liberar elétrons, da camada ativa, de suas condições de ligação. Estes elétrons livres podem atravessar as junções entre dois cristais diferentes, mais facilmente em uma direção que na outra, fazendo com que um dos lados da junção fique com carga negativa e, portanto, voltagem negativa em relação ao outro lado. Células fotoelétricas podem funcionar como geradores de energia elétrica a partir de uma fonte luminosa, ou como sensores capazes de medir a intensidade da radiação eletromagnética.

A intensidade das correntes obtidas com células solares é muito pequena, e da mesma forma a diferença de potencial. Por este motivo, elas são conectadas em configurações serie/paralelo formando grandes arranjos conhecidos como painéis solares. A eficiência de conversão de energia das células solares varia dependendo dos materiais e das tecnologias de fabricação, contudo, as eficiências mais altas obtidas não são sempre opções muito econômicas no que tange à tecnologia de fabricação.

Células solares oferecem ainda dificuldades para conversão de energia elétrica em grande escala(RESNICK-2016)[16], um dos principais problemas é a acentuada variação de saída de voltagem e corrente em função das mudanças

²A esses pequenos “pacotes” de energia Max Planck deu o nome de quantum (seu plural é quanta), que vem do latim e significa “quantidade” "Veja mais em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/teoria-max-planck.htm>

da radiação incidente. Isso de alguma forma é compensado através do armazenamento da energia produzida em baterias nos períodos de pico. No entanto, as descobertas recentes de que alguns polímeros conjugados orgânicos e outros plásticos, tradicionalmente usados como isolantes podem conduzir eletricidade, através de processos de dopagem, trouxe uma diversidade de novas opções à ciência e a tecnologia de fabricação de células solares.

Atualmente, o desenvolvimento de novos materiais e de novas tecnologias de fabricação de dispositivos possibilitaram a obtenção de células solares com eficiências que alcançam 44,0%, como é o caso de arranjos multi-junções de GaAs aliados ao emprego de concentradores. O emprego de sistema fotovoltaicos em nível mundial tem-se incrementado continuamente através dos anos até atingir, em finais de 2012, uma capacidade total mundial de 102,156 megawatts (MW), sendo os países europeus os de maior produção e capacidade instalada. O emprego destes sistemas no Brasil está em processo de crescimento, entretanto, no estado do Tocantins o seu uso é muito limitado e pouco difundido mesmo com a elevada taxa de radiação solar anual existente na região.

O estado do Tocantins é caracterizado por um limitado desenvolvimento industrial em parte consequência dos altos custos da energia elétrica proveniente de centrais hidrelétricas e térmicas. Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, o Tocantins é um dos estados do Brasil com o valor de energia mais caro do país: R\$403,91 por MW/hora. A pouca diversificação das fontes de energia elétrica além de limitar o desenvolvimento industrial também afeta diretamente o desenvolvimento das populações das regiões urbana, rural e inclusive das comunidades mais afastadas do estado. O Tocantins é um estado com um elevado potencial de recursos hidrelétricos, entretanto, possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) que está ainda abaixo da média nacional. Este indicador se reflete principalmente nos municípios afastados dos grandes centros urbanos onde há populações de baixa renda. Esta situação tem conduzido, eventualmente, que estas comunidades façam parte do mapa da exclusão elétrica do país.

2.3 Módulos fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos são arranjos compactos de células solares interconectadas eletricamente. As ligações elétricas entre as células solares no interior de um módulo são realizadas em série para atingir uma tensão de saída desejada, ou em paralelo para proporcionar uma capacidade de corrente pretendida. Os fios condutores que possibilitam a passagem de corrente elétrica dos módulos podem conter prata, cobre ou outros metais de transição condutores e não magnéticos. Dependendo da construção, módulos fotovoltaicos podem produzir eletricidade a partir de diferentes frequências do espectro eletromagnético, mas em geral não podem cobrir todo o espectro solar (especificamente as faixas do

ultravioleta e infravermelho). Por isso grande parte da energia da luz solar incidente é desperdiçada nos módulos solares, sendo que estes sistemas podem ser muito mais eficientes se iluminados com luz monocromática. A maioria dos módulos fotovoltaicos disponíveis comercialmente empregam células solares a base de bolachas de silício monocristalino ou policristalino, no interior de um módulo elas estão protegidas contra danos mecânicos e umidade. Hoje no mercado brasileiro encontram-se disponíveis, módulos fotovoltaicos de silício policristalino com eficiências de até 14,8 % isto é frequentemente menor do que a eficiência de cada uma de suas células isoladamente que é de 18,5 %. A maioria dos módulos solares é rígida, porém sistemas flexíveis construídos a base de polímeros condutores estão atualmente disponíveis.

Por outro lado, painéis solares são arranjos de módulos fotovoltaicos conectados eletricamente e montados sobre estruturas de suporte. Os painéis solares podem ser usados como componentes de sistemas fotovoltaicos maiores para gerar e fornecer eletricidade em aplicações residenciais e comerciais. Cada módulo solar é caracterizado pela sua potência de saída DC em condições padrão de teste. Atualmente, no Brasil, existem sistemas disponíveis para comércio, que variam de poucos watts até 315 W. Em geral, um único módulo solar pode produzir apenas uma quantidade limitada de energia elétrica e, por este motivo, a maioria das instalações é composta de múltiplos módulos. Um sistema fotovoltaico para eletrificação pode estar formado de um ou mais módulos solares, controladores ou reguladores de carga, baterias estacionárias, inversores de tensão, servo sistemas de orientação, sistemas eletrônicos de seguimento solar e conexões elétricas.

O controlador de carga gerencia o carregamento da bateria, evitando sobrecargas e protegendo contra descargas abaixo do percentual permitido. As baterias, de tipo estacionário, armazenam energia elétrica gerada pelos módulos ao longo do dia, e geralmente são de chumbo ácido. O inversor converte a tensão da bateria, tipicamente de 12 V de corrente contínua para 127/220 V de corrente alternada, para alimentar equipamentos convencionais como televisores, rádios e outros. Para aplicações de eletrificação existem sistemas fotovoltaicos com fornecimento apenas de corrente contínua, sistemas que fornecem corrente alternada e ainda sistemas mistos com corrente alternada e contínua. Alguns sistemas fotovoltaicos que podem ser conectados à rede elétrica convencional para fornecer energia elétrica excedente.

Um módulo comercial modelo KYOCERA-KD315GX, disponível no mercado brasileiro, gera em uma hora de sol, 315 Wh, dois módulos conectados em paralelo geram 630 Wh no mesmo tempo. Em um dia típico em Araguaína pode-se contar com até 06 horas de sol (para módulos fixos sem seguimento solar), de forma que os dois módulos deverão gerar 3780 Wh-dia. Em uma hora, os dois módulos produzem 630 Wh de energia. Se os módulos trabalharem a 12 V no mesmo tempo a carga gerada é de 52,5 Ah. Operando durante 06 horas

de sol serão gerados 315 Ah (por dia). Para comportar esta geração de carga são necessárias duas baterias estacionárias de 220 Ah.

2.4 A física das células solares

2.4.1 junção p-n

Segundo (RESNICK - 2016)[16] uma junção p-n é uma heteroestrutura formada pela deposição de duas camadas de materiais semicondutores, uma denominada de tipo p sobre outra denominada de tipo n. O material de tipo p (positivo) contém um excesso de buracos ou lacunas, enquanto que o lado n (negativo) contém um excesso de elétrons nas camadas externas dos átomos eletricamente neutros como visto na Figura 2.1.

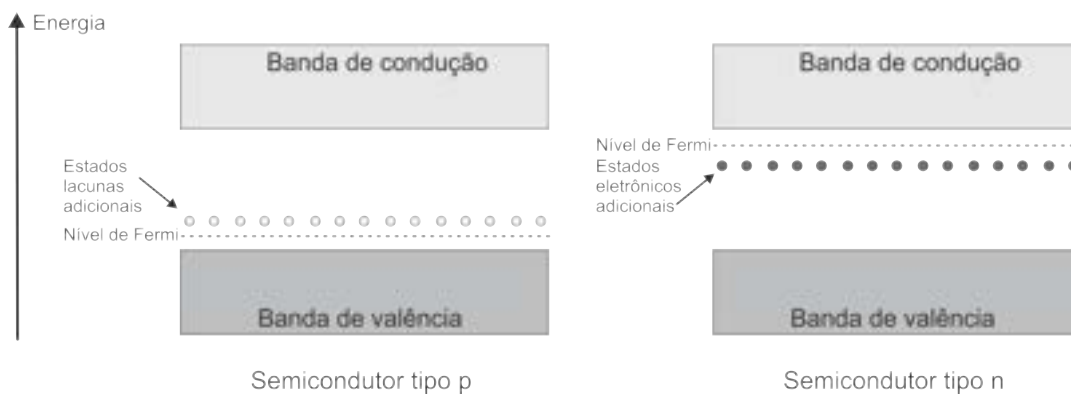


Figura 2.1: Esquema da estrutura de bandas de energia de dois materiais semicondutores o da esquerda de tipo p e o da direita de tipo n.

A seguir será apresentada uma descrição formal de uma junção p-n de dois materiais semicondutores. Será assumida a existência de duas regiões com dopagem uniforme p e n na parte esquerda e direita do plano perpendicular ao eixo x como mostrado na figura 2.2.

As concentrações de elétrons e buracos (ver Figura 2.3) são relatadas, respectivamente, com linhas azuis e vermelhas. As regiões cinzentas são neutras em termos de carga. A zona vermelha clara é carregada positivamente. A zona azul clara é carregada negativamente. Sob a junção, gráficos para a densidade de carga, o campo elétrico e a diferença de potencial. Mostra-se a região de depleção vermelha no material com dopagem n indo mais fundo (com uma área maior) do que a região de depleção azul no material com dopagem p, o que é explicado por uma densidade mais alta dopada com n. Adaptado de (Wikipédia)

Quando a junção dos dois tipos de materiais semicondutores é formada será alcançada uma situação de equilíbrio na qual deve aparecer uma diferença de potencial V através da junção (RESNICK - 2016)[16]. No processo de junção, os elétrons livres da região tipo n são atraídos para os buracos positivos da região tipo p. Os elétrons se difundem na camada tipo p, combinam-se com os

buracos. De maneira análoga, as lacunas positivas da região tipo p são atraídas pelos elétrons livres da região tipo n. As lacunas se difundem na camada tipo n, combinam-se com os elétrons livres.

Os átomos dopantes, doadores e carregados positivamente na região semicondutora tipo n fazem parte do cristal e não podem se mover. Assim, na região tipo n, uma região espacial muito próxima à interface fica carregada positivamente pela falta de elétrons que foram atraídos pela região p. De forma análoga, os átomos dopantes, aceitadores e carregados negativamente na região tipo p fazem parte do cristal e não podem se mover. Assim, no semicondutor tipo p, uma região muito próxima à interface fica carregada negativamente devido às lacunas que migraram para a região n. Como resultado existe uma região de carga espacial, no entorno próximo da interface, com densidade e um campo elétrico efetivo que limita a migração de novos portadores de carga entre as regiões p e n. Esta região de carga espacial é denominada camada de depleção.

Os elétrons e lacunas que estão mais afastados da interface p-n não são influenciados pelo gradiente de densidade elétrica local e não migram de região. Aqueles portadores próximos da interface sentem o gradiente de densidade de carga mas não podem migrar devido à presença do campo elétrico que se opõe a qualquer movimento. O campo elétrico $E(x)$ ao longo da direção x está relacionado com a diferença de potencial pela equação:

$$E(x) = -\frac{dV(x)}{dx}. \quad (2.1)$$

A diferença de potencial é constante na maior parte da junção de materiais

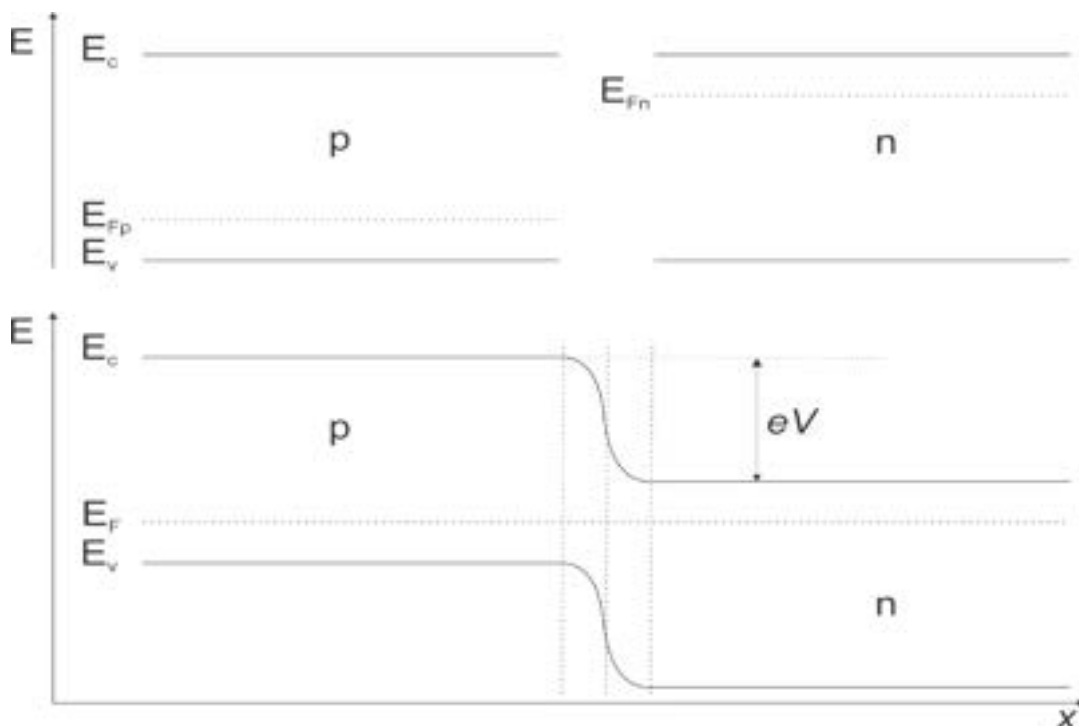


Figura 2.2: Esquema da estrutura de bandas de energia de dois materiais semicondutores p e n antes e depois da junção, em situação de equilíbrio térmico.

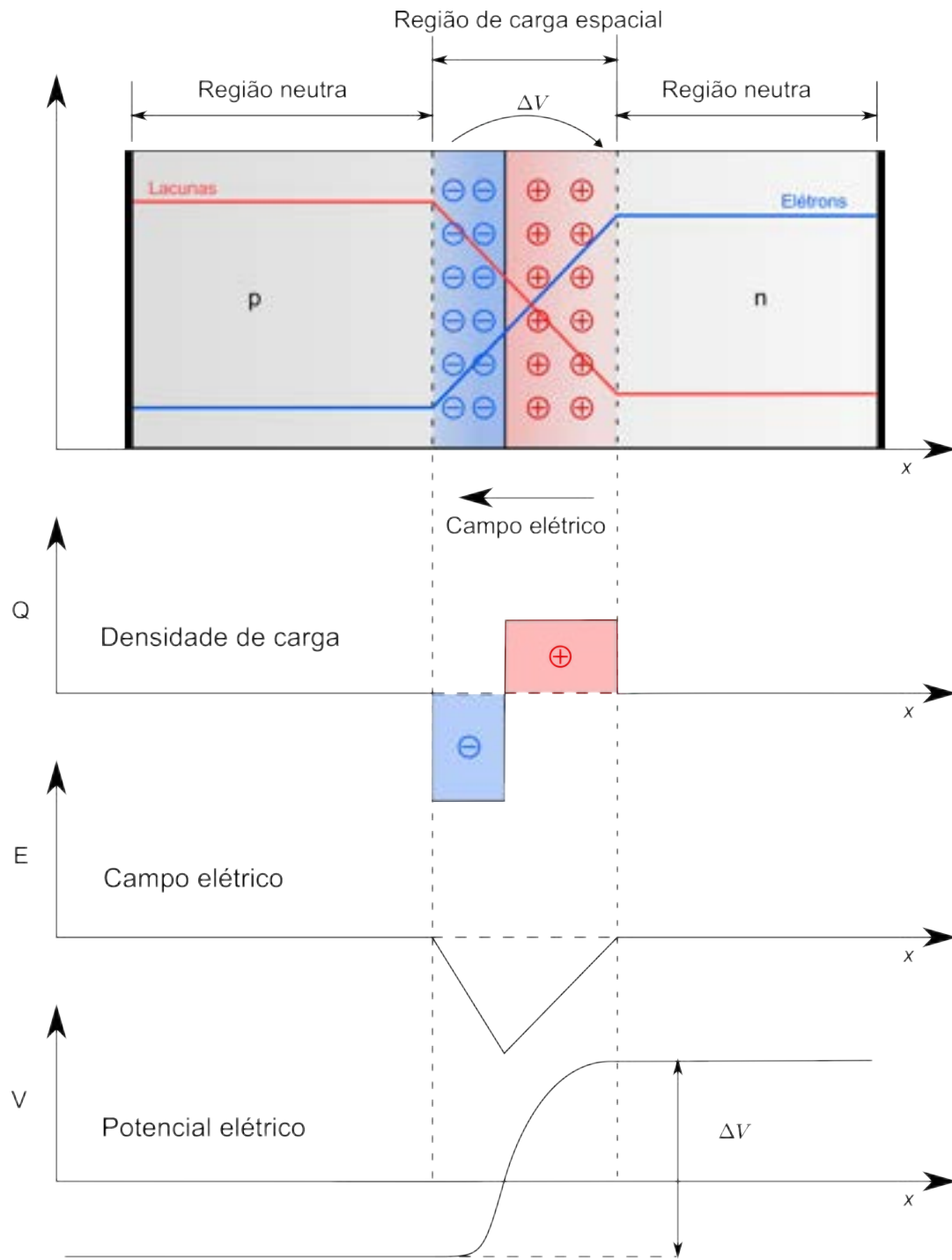


Figura 2.3: Uma junção p-n em equilíbrio térmico.

semicondutores menos na região de depleção, onde existe um campo elétrico. A energia de um elétron colocado na região de potencial muda de ε_k para $\varepsilon_k - eV(x)$. Assim, as bordas das bandas e as energias de Fermi são deslocadas de posição uma em relação à outra pela quantidade,

$$eV(x) = e[V(-\infty) - V(+\infty)]. \quad (2.2)$$

Como mostrado na figura 2.3. Os elétrons que se movem da região n para a região p encontram uma barreira de energia potencial que não conseguem ultrapassar. As lacunas se movendo da região p para a região n também encontram uma barreira. A condição de equilíbrio entre os dois materiais semicondutores é que a energia de Fermi E_F tem que ser a mesma em ambos os lados da junção(ver Figura2.2).

A junção p-n possui propriedade de um retificador de corrente elétrica, e muitas outras mais. Uma propriedade que é de interesse para a presente dissertação é seu emprego em células solares ou células fotovoltaicas quando apropriadamente desenhadas(ver Figura2.4). Quando a radiação eletromagnética incide na região da junção ela produz a formação de pares elétron-lacuna. Elétrons na parte p e lacunas na parte n são empurrados através da junção pelo campo elétrico interno que foi gerado sem uso de bateria. Estes portadores de carga adicionais, que se acumulam, geram uma diferença de potencial externa, denominada fotovoltagem, entre as extremidades dos materiais ou entre os condutores metálicos depositados nas extremidades.

2.5 Configuração de uma célula solar de junção p-n

As células solares, ou seja, as células fotovoltaicas, são compostas de múltiplas camadas como vista na (Figura 2.4). Onde se pode visualizar de baixo para cima primeiro uma superfície de contato metálico posterior, seguido de uma camada de Silício dopado com Boro e logo depois por uma camada também de Silício agora dopado de Fósforo, esta última camada é sobreposta por uma camada de contato metálico frontal, que é formada por filetes espaçados uns dos outros, possibilitando a passagem de raios luminosos.

A junção das duas camadas de Silício cristalino já dopadas de forma positiva (P) e negativa (N) respectivamente, compõe a conhecida junção PN já comentada anteriormente, onde é formada a região de depleção (RESNICK - 2016)[16] pela união das duas camadas.

O espaçamento deixado entre os filetes da camada condutora frontal, possibilita a passagem dos raios luminosos até depois da junção PN, causando incidências de raios luminosos nos elétrons livres daquela camada (ver Figura 2.5) transferindo-lhes energia caso essa energia seja superior à energia que prende

esse elétron ao seu núcleo, usando o excesso para transpor a camada de depleção e chegar a camada condutora segundo (RESNICK - 2016)[16]. Com a constância desses raios forma-se uma corrente contínua de elétrons.

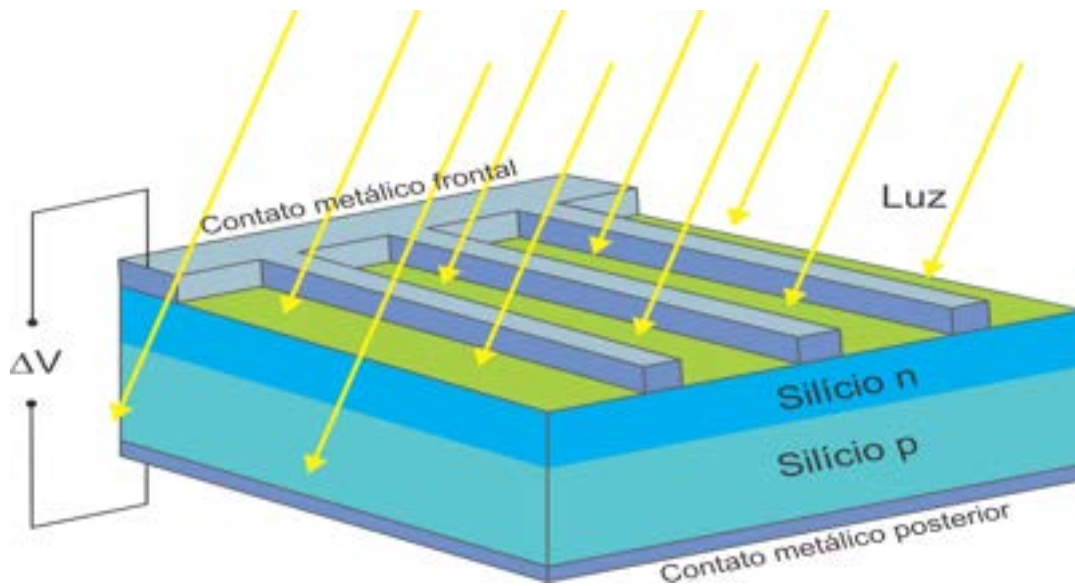


Figura 2.4: Esquema da estrutura física de uma célula solar de uma junção p-n de silício cristalino.

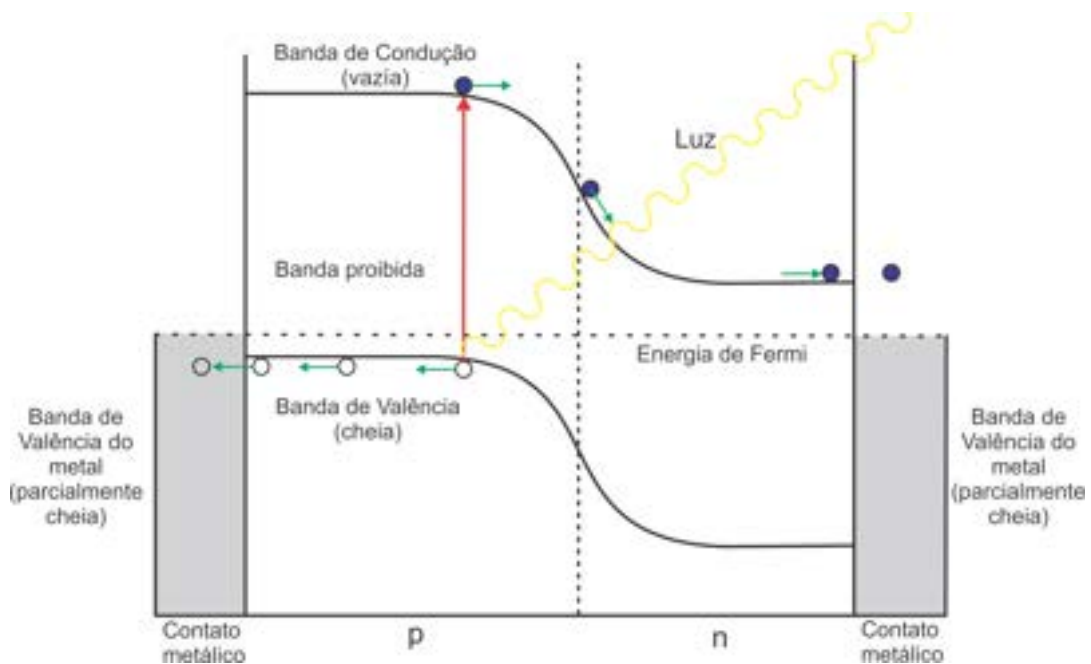


Figura 2.5: Esquema do efeito fotovoltaico, na estrutura de bandas de energia, em uma célula solar de junção p-n.

Capítulo 3

Metodologia e Aplicação do Produto Educacional

3.1 Planejamento Semanal

A metodologia do trabalho visa apresentar as bases e escolhas feitas no sentido de delinear a pesquisa, portanto, este tópico, anterior à apresentação do planejamento semanal, destaca a natureza aplicada da pesquisa por pretender gerar dados a partir de um Produto Educacional com finalidade imediata.

Trata-se do uso intencional de conhecimentos gerados pela pesquisa básica, como por exemplo, o uso da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), na aplicação de um produto tecnológico (Construção de um sistema individual automático de geração/conversão de energia solar em elétrica usando a plataforma de prototipagem eletrônica arduino) com vistas a despertar o interesse dos estudantes para a Física envolvida em processos experimentais.

Da mesma forma, tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática, “dirigidos à solução de problemas específicos” e “envolve verdades e interesses locais” (PRODANOV - 2013, p. 51)[3], já que a demanda pela melhoria dos índices educacionais é tida como requisito para todos os níveis escolares.

Quanto a metodologia, pode ser tida como pesquisa exploratória tendo, como procedimento técnico o que se concebe por pesquisa ação:

“[...] quando é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo [...] A pesquisa-ação acontece quando há interesse coletivo na resolução de um problema ou suprimento de uma necessidade [...] Pesquisadores e pesquisados podem se engajar em pesquisas bibliográficas, experimentos etc., interagindo em função de um resultado esperado (Pradanov - 2013, p. 65)[3].

Neste caso, o interesse acadêmico que levou a realização do trabalho é, de um

lado, o desenvolvimento de competências técnicas e tecnológicas para professores do Ensino Médio, em formação no nível de Mestrado Profissional em Ensino de Física¹.

Por outro lado, a demonstração de que tanto o conhecimento sobre as disciplinas do conteúdo escolar – neste caso o conhecimento de Física – quanto os conhecimentos de computação são a base da construção de aparatos tecnológicos, como o que foi construído e demonstrado para os estudantes conforme as discussões que se seguirão.

A metodologia apresentada é, portanto, a forma que os autores encontraram para, a partir da utilização de experimentos na sala de aula, atender a uma importante reivindicação da TAS, no que se refere a comprometer os estudantes nos próprios processos de aprendizagem, por meio do interesse em compreender e explicar fatos observáveis.

Para isso, foi realizada uma seleção de temas da Física, em obras que servem ao Ensino Superior, mas que foram adaptadas pelos pesquisadores para atender à demanda do uso no nível médio, recortado no tema de interesse da aplicação.

Também foi escolhida, dentre as várias teorias de aprendizagem, a Teoria de Ausubel, TAS, que se encontra no campo cognitivista e tem o conhecimento como uma construção humana orientada, dentro do ensino formal, por professores capazes de recortar, organizar e propor caminhos, que facilitem a aprendizagem e a aquisição de conhecimentos, dentro de uma lógica referenciada pela comunidade científica de determinada área do conhecimento.

A TAS, que foi apresentada brevemente no capítulo do Referencial Teórico, prevê que conhecimentos específicos são necessários para a construção ininterrupta do conhecimento humano – o que Ausubel denomina de subsunções – e que servem de base para novos conhecimentos sobre um tema.

Uma implicação desta necessidade é que na falta deles nada pode ser construído, o que levou os autores a proposição de aulas acompanhadas de resolução de exercícios, dirigida pelo professor pesquisador. Portanto, foi com esse foco que desenvolveram-se os planejamentos semanais conforme os Quadros das Figuras 3.1 a 3.5 a serem aplicados com o auxílio do Produto Pedagógico.

¹Este produto ficará disponível para que outros professores possam, alterar e manipular de modo a prover material de pesquisa e futuras aplicações na Educação Básica

| PLANEJAMENTO SEMANAL - ENSINO MÉDIO | |
|--|--|
| Escola - XXX- | Professor Francisco de Assis Rodrigues Lima |
| Área de Conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias | Série 3ª Série |
| 1º Encontro - 4ª Feira | |
| AULA 01, 02 e 03 | Data 17/11/2021 |
| EIXO Uma nova visão de mundo: as Ciências no século XXI | Quantidade de Professores 1 |
| ATIVIDADES DE SALA DE AULA Início do projeto - Montagem de uma placa fotovoltaica com seguidor solar - discussão científica sobre a importância da implementação e instalação de dispositivos geradores/transformadores de energia elétrica dando ênfase ao uso de Placas solares com fonte de energia limpa e ecologicamente correta - explorando os conceitos de Condutores, Isolantes e Semicondutores. | CAPÍTULO 1 - A CIÊNCIA NOS SÉCULOS XX E XXI: NOVAS PROPOSTAS PARA A MATÉRIA E PARA A ENERGIA |
| Atividades Extraclasse Confecção de experimentos para a Mostra Científica e Pesquisas: 1. O Que são semicondutores e quais os conhecidos na Tabela Periódica? 2. Dispositivos que se utilizam de semicondutores, quais são os conhecidos? 3. Como funciona um LED e quem os inventou? 4. Como funciona um LDR e quem os inventou? 5. Explique o efeito fotoelétrico. 6. Explique o efeito fotovoltaico. 7. No que consiste a dopagem de um material semicondutor? | COMPONENTES CURRÍCULARES CONTEMPLADOS Condutores, Isolantes e Semicondutores. - Tabela Periódica, - Teoria das Bandas - Banda de Valência, Banda proibida e Banda de Condução - Junção PN |
| | Recursos Materiais/Metodológicos/Ambientes distintos Notebook - Livro didático - Internet - Data Show Ferramentas da Microsoft |

Figura 3.1: Quadro Planejamento Semanal Primeiro Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico.

| PLANEJAMENTO SEMANAL - ENSINO MÉDIO | |
|---|--|
| Escola - xxx- | Professor Francisco de Assis Rodrigues Lima |
| Área de Conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias | Série 3ª Série |
| 2º Encontro - 4ª Feira | |
| AULA 04, 05 e 06 | Data 24/11/2021 |
| EIXO Uma nova visão de mundo: as Ciências no século XXI | Quantidade de Professores 1 |
| ATIVIDADES DE SALA DE AULA Na continuidade do Projeto construção de uma Placa fotovoltaica com seguidor solar - segue-se aula expositiva com contextualização e amostra de experimentos virtuais no site do Phet-colorado, verificando quais os materiais segundo os seus átomos que são condutores isolantes e semicondutores, demonstrando como se dá a dopagem tipo N e P, bem como a junção NP com a criação de uma barreira de potencial (região de depleção). Identificando ainda as principais peças eletrônicas confeccionadas com tais semicondutores. | CAPÍTULO 1 - A CIÊNCIA NOS SÉCULOS XX E XXI: NOVAS PROPOSTAS PARA A MATÉRIA E PARA A ENERGIA |
| | COMPONENTES CURRICULARES CONTEMPLADOS Condutores, isolantes e Semicondutores. - Tabela Periódica, - Teoria das Bandas - Banda de Valência, Banda proibida e Banda de Condução - Junção PN |
| Atividades Extraclasse Confeção de experimentos para a Mostra Científica e Pesquisas: 1. O Que são semicondutores e quais os conhecidos na Tabela Periódica? 2. Dispositivos que se utilizam de semicondutores, quais são os conhecidos? 3. Como funciona um LED e quem os inventou? 4. Como funciona um LDR e quem os inventou? 5. Explique o efeito fotoelétrico. 6. Explique o efeito fotovoltaico. 7. No que consiste a dopagem de um material semicondutor? | Recursos Materiais/Metodológicos/Ambientes distintos Notebook - Livro didático - Internet - Data Show Ferramentas da Microsoft |

Figura 3.2: Quadro Planejamento Semanal Segundo Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico.

| PLANEJAMENTO SEMANAL - ENSINO MÉDIO | |
|--|--|
| Escola - xxx- | Professor Francisco de Assis Rodrigues Lima |
| Área de Conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias | Série 3ª Série |
| 3º Encontro - 4ª Feira | |
| AULA 07, 08 e 09 | Data 01/12/2021 |
| | Quantidade de Professores 1 |
| EIXO Uma nova visão de mundo: as Ciências no século XXI | CAPÍTULO 1 - A CIÊNCIA NOS SÉCULOS XX E XXI: NOVAS PROPOSTAS PARA A MATÉRIA E PARA A ENERGIA |
| ATIVIDADES DE SALA DE AULA Na continuidade do Projeto construção de uma Placa fotovoltaica com seguidor solar - segue-se aula expositiva com uma revisão do conteúdo já visto e resolução de questões sobre Física Moderna (Condutores, semicondutores, efeito fotovoltaico e fotoelétrico). | COMPONENTES CURRICULARES CONTEMPLADOS Condutores, Isolantes e Semicondutores. - Tabela Periódica, - Teoria das Bandas - Banda de Valência, Banda proibida e Banda de Condução - Junção PN |
| Atividades Extraclasses Resolução de Questionário como critério avaliativo do projeto construção de uma Placa fotovoltaica com seguidor solar. | Recursos Materiais/Metodológicos/Ambientes distintos Notebook - Livro didático - Internet - Data Show Ferramentas da Microsoft |

Figura 3.3: Quadro Planejamento Semanal Terceiro Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico.

| PLANEJAMENTO SEMANAL - ENSINO MÉDIO | |
|---|--|
| Escola - xxx- | Professor Francisco de Assis Rodrigues Lima |
| Área de Conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias | Série 3ª Série |
| 4º Encontro - 4ª Feira | |
| AULA 10, 11 e 12 | Data 08/12/2021 Quantidade de Professores 1 |
| EIXO Uma nova visão de mundo: as Ciências no século XXI | CAPÍTULO 1 - A CIÊNCIA NOS SÉCULOS XX E XXI: NOVAS PROPOSTAS PARA A MATÉRIA E PARA A ENERGIA |
| ATIVIDADES DE SALA DE AULA Sala invertida com roda de discussão sobre as vantagens do uso de uma Placa fotovoltaica com seguidor solar - aula prática e amostra virtual do experimento Placa Fotovoltaica com seguidor solar, trazendo todo o princípio de funcionamento e as vantagens da implementação desse projeto e uma introdução à programação feita no Arduino. | COMPONENTES CURRICULARES CONTEMPLADOS Condutores, Isolantes e Semicondutores. - Tabela Periódica, - Teoria das Bandas - Banda de Valência, Banda proibida e Banda de Condução - Junção PN |
| Atividades Extraclasse | Recursos Materiais/Metodológicos/Ambientes distintos Notebook - Livro didático - Internet - Data Show Ferramentas da Microsoft |

Figura 3.4: Quadro Planejamento Semanal Quarto Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico.

| PLANEJAMENTO SEMANAL - ENSINO MÉDIO | |
|--|--|
| Escola - XXX- | Professor Francisco de Assis Rodrigues Lima |
| Área de Conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias | Série 3º Série |
| 5º Encontro - 4ª Feira | |
| AULA 13, 14 e 15 | Data 15/12/2021 Quantidade de Professores 1 |
| EIXO Uma nova visão de mundo: as Ciências no século XXI | CAPÍTULO |
| ATIVIDADES DE SALA DE AULA Finalização dos Projetos com as apresentações ao público dos experimentos com a I Mostra Científica de Ciências da Natureza (I MCCN) e Mostra de um protótipo de Geração fotovoltaica com seguidor solar. | 1 - A CIÊNCIA NOS SÉCULOS XX E XXI: NOVAS PROPOSTAS PARA A MATÉRIA E PARA A ENERGIA COMPONENTES CURRÍCULARES CONTEMPLADOS Condutores, Isolantes e Semicondutores. - Tabela Periódica, - Teoria das Bandas - Banda de Valência, Banda proibida e Banda de Condução - Junção PN |
| Atividades Extraclasse | Recursos Materiais/Metodológicos/Ambientes distintos Notebook - Livro didático - Internet - Data Show Ferramentas da Microsoft |

Figura 3.5: Quadro Planejamento Semanal Quinto Encontro Para a Aplicação do Produto Pedagógico.

O planejamento semanal das atividades a serem trabalhadas nos diversos encontros teve como suporte orientador a Base Nacional Comum Curricular

(BNCC) (BRASIL-2018)[18] nas escolhas das competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos durante a aplicação do produto, e podem ser reconhecidas como sendo as seguintes competências:

- C1 - Compreender as Ciências da Natureza e suas tecnologias como construções humanas associadas à cultura dos povos e suas visões de mundo.
- C2 - Aplicar os conceitos fundamentais e as estruturas procedimentais das Ciências da Natureza na explicação de fenômenos cotidianos, bem como dominar processos e práticas da investigação científica.
- C5 - Determinar as características das tecnologias associadas às Ciências da Natureza aplicadas em diferentes serviços ou contextos produtivos: indústria, manufatura, agricultura, agroindústria, extrativismo.

Com os conhecimentos adquiridos por conta da aplicação do produto os alunos podem ainda desenvolver as seguintes habilidades de acordo com a BNCC:

- H1 - Interpretar informações apresentadas nas diferentes linguagens usadas nas Ciências da Natureza, como texto, gráficos, tabelas, relações matemáticas, diagramas e representação simbólica.
- H3 - Inferir significado de termos técnico-científicos em textos de instrumentação ou de divulgação científica.
- H4 - Identificar, em textos, diagramas, gráficos, imagens e tabelas, informações relevantes para compreender um fenômeno ou conceito relacionado às Ciências da Natureza.
- H6 - Compreender os conceitos relacionados à Física em seus diferentes ramos: Astronomia, Mecânica, Acústica, Óptica, Termologia, Calorimetria, Ondulatória, Eletricidade, Magnetismo e Física Moderna e Nuclear.
- H7 - Compreender os conceitos relacionados à Química nos seus diferentes ramos: Fisioquímica, Química Orgânica e Química Inorgânica.
- H9 - Explicar os conceitos de energia, matéria, vida e transformação para explicar fenômenos naturais e procedimentos tecnológicos.
- H10 - Aplicar os conceitos de Física, Química e Biologia de forma integrada na compreensão dos fenômenos naturais.
- H24 - Descrever as propriedades físicas, químicas e/ou biológicas dos materiais relacionando-os às finalidades as quais que se destinam.
- H28 - Reconhecer e utilizar nomenclatura e códigos científicos e tecnológicos para caracterizar materiais, substâncias e processos.

3.2 Aplicação do Produto Educacional

O produto foi aplicado a uma turma de 40 estudantes da 3ª Série de uma escola de Ensino Médio de Imperatriz, a primeira a ser formada na nova modalidade “Novo Ensino Médio”, que foi implantada há mais de três anos. A escolha decorreu da possibilidade de focar em tópicos de Física Moderna, pouco explorado na modalidade anterior, mas presente nos livros didáticos atuais. Compreende-se que a amostra da pesquisa é pequena, comparado com o universo de estudantes do Ensino Médio, mas também, que os resultados podem levar à melhoria da compreensão acadêmica sobre o processo de Ensino-Aprendizagem proposto. No futuro, pode ser ampliada a aplicação para novas turmas, o que inclui a utilização do produto por outros professores.

A aplicação se deu em meio ainda a um quadro pandêmico mundial, que obriga as escolas a cumprirem alguns protocolos preventivos como a limitação de alunos nas salas de aulas, o uso de máscaras, álcool gel e a verificação do quadro febril de todos os envolvidos. O projeto com o título “Montagem de uma placa fotovoltaica com seguidor solar”, foi aplicado numa sequência de cinco encontros, distribuídos em cinco semanas consecutivas, cada uma com duração de três horas aulas (1 h/aula = 50 min.) conforme descrito nos quadros de planejamento semanal vistos nas Figuras 3.1 e 3.5.

A metodologia do trabalho pode ser incluída nas ditas metodologias ativas, onde é proposta uma discussão sobre um problema real e os estudantes são convidados a discutir sua solução, compreendendo os passos seguidos e os conteúdos exigidos para a articulação deles com as soluções possíveis, o que envolve diferentes abordagens didático-pedagógicas.

A seguir são apresentados os passos da aplicação do produto, referentes aos encontros, na ordem em que ocorreram.

3.3 Primeiro encontro

em um primeiro momento abriram-se os trabalhos com questionamentos a respeito das formas de geração/transformação das diversas formas de energia em energia elétrica. O destaque foi para a importância de fontes de energia limpa, ou seja, que não agredam o meio ambiente, ou que o façam da forma mais branda possível.

Os estudantes tiveram a oportunidade de expressar seus conhecimentos, para possibilitar o mapeamento das ideias prévias sobre o tema conforme preconiza a TAS.

Em um segundo momento a turma foi dividida em seis grupos, ficando cada um responsável pela pesquisa e discussão dentro dos seguintes tópicos:

1. O que são semicondutores e quais são estes materiais dentro da Tabela Periódica?

2. Dispositivos que utilizam de semicondutores: quais são os conhecidos?
3. Como funciona um LDR e quem os inventou?
4. Explique o efeito fotoelétrico.
5. Explique o efeito fotovoltaico.
6. No que consiste a dopagem de um material semiconductor?

As discussões demandaram cerca de 20 minutos e foram compartilhadas entre os grupos num terceiro momento. Cada grupo expôs sobre o que havia pesquisado e foram discutidas algumas das ideias trazidas das pesquisas por todos e que são compartilhadas a seguir:

O Grupo 1 (ficaram responsáveis pelo tópico 1) resumiu sua fala dizendo que, “de acordo com nossas pesquisas os semicondutores são sólidos capazes de mudar suas propriedades quanto a ser isolante ou condutor e encontramos sete elementos semicondutores na Tabela Periódica, mas desses setes os mais usados são o Silício e o Germânio” disseram ainda que “eles podem ficar transitando hora sendo condutor outra hora sendo isolantes”, com essas falas encerrou-se os comentários do Grupo 1.

O Grupo 2 (responsáveis pelo tópico 2) iniciou sua fala dizendo “os dispositivos que utilizam-se de semicondutores são os mais complexos do mercado, podem ser divididos em controlados os diodos e não controlados os resistores e transistores além dos semicontrolados”. Não souberam exemplificar claramente as características de cada elemento.

O Grupo 3 (exploraram o tópico 3) começaram conceituando a sigla LDR “o LDR é um Resistor Dependente de Luz, também conhecido como um foto resistor, ele tem a capacidade de variar a resistência em função da luz que incide sobre ele, ou seja quando escurece a resistência dele é menor e quando está claro a resistência é maior”, o grupo ficou confuso quanto a aplicação do LDR, o que é aceitável, pois lhes faltavam subsúlbos para esse entendimento mais complexo.

O Grupo 4 (responsáveis pelo tópico 4) demonstrou que realizou uma pesquisa mais profunda no assunto, iniciando a sua fala conceituando corrente elétrica e o Quantum de energia “a corrente elétrica é a energia que vai ser passada por um condutor, é a capacidade dos elétrons de percorrerem um condutor, já o quantum de acordo com a física quântica são atividades que vão ser emitidas mediante a radiação eletromagnética, a palavra quantum significa quantidade referente a dada uma repartição”. Depois da definição o grupo falou sobre o efeito fotoelétrico “quem descobriu foi Einstein e o que ele propôs é que a luz não é só emitida como um quantum em um determinado instante mais ela também se propaga como quanta individuais”, diante dessa contribuição o grupo ainda

ênfatizou a importância científica dessa descoberta, “a descoberta desse efeito teve uma grande importância na compreensão mais profunda da natureza da luz e isso só se tornou possível devido a invenções de aparelhos especiais chamados de células fotoelétricas em que a energia da luz controla a energia da corrente elétrica ou transforma em corrente elétrica”. O grupo apesar de cometer alguns equívocos, como atribuir a Einstein a descoberta do efeito fotoelétrico, foi de longe o melhor grupo a se apresentar.

O Grupo 5 (ficaram com o tópico 5) iniciaram com o conceito do efeito fotoelétrico dizendo que “o efeito fotoelétrico consiste na excitação dos elétrons em um material metálico forçando a saída desse elétron da placa metálica” em seguida passaram a explicação do que vem a ser o efeito fotovoltaico “o efeito fotovoltaico por sua vez ocorre quando um fóton ou seja a luz é absorvida pelo elétron de um semicondutor e isso lhe dá energia para andar na placa solar gerando corrente elétrica” o grupo mencionou ainda quem de fato foi o descobridor desse efeito, “esse efeito foi observado pela primeira vez por Edmond Becquerel”. Embora não tenha sido convincente, o grupo mostrou que tem uma noção do que ocorre no interior de uma célula fotovoltaica.

O Grupo 6 (responsáveis pelo tópico 6) demonstrou ter uma boa base nos conhecimentos de química, por conta da explicação da dopagem de um semicondutor “a dopagem de um semicondutor consiste na adição de substância química no material para torná-lo condutor porém de forma controlada, os materiais semicondutores são constituídos de átomos de um único elemento químico com quatro elétrons na sua camada de valência, ou seja, são chamados de átomos tetravalentes” disse ainda que “dos semicondutores conhecidos os mais usados são o Boro e o Silício” com essa fala finalizamos a sequência dos temas dentro dos grupos.

A necessidade de um aprofundamento didático, sequencial e lógico foi percebida por eles que, reconheceram a dificuldade dos temas e a importância de compreender muitas coisas em torno de algo tão complexo.

Num quarto momento, em que abre-se uma discussão sobre a importância de se implementar novos modelos de geração alternativa de energia elétrica, os estudantes discutem sobre formas de suprir as necessidades de uma sociedade em pleno avanço tecnológico, que utiliza cada vez mais a eletricidade e os combustíveis fósseis para fazer funcionar os transportes coletivos, que culmina na constatação de que atualmente as placas solares são cada vez mais recorrentes e fáceis de serem observadas nas cidades. Segundo a fala de um deles: “professor acho que seria muito importante parar de poluir, não parar pois é difícil para realmente, parar pelo menos dar uma freada nessa poluição, pois os carros emitem o CO_2 e isso está acabando com a camada de ozônio e o clima está sofrendo muito” e cita alguns exemplos dessas mudanças climáticas “com o degelo do Polo Ártico o nível do mar está subindo, portanto seria muito bom se alguma coisa do tipo como incentivo do uso de energias limpas, tal coisa pode

ser percebida quando andamos na ruas de Imperatriz é visível o aumento do uso de placas solares nos telhados e acho que isso é uma tendência pro novo cenário brasileiro”. Alguns outros comentários foram ainda feitos mais sem muita relevância para o contexto. No entanto um aluno levantou uma problemática: “o incentivo poderia vir em forma de preço, pois ainda é muito caro a instalação do sistema de placa solar”. Com essas falas finalizou-se a roda de discussão.

Os alunos compreendem as alternativas que tentam evitar os crescentes aumentos nos preços de combustíveis e tarifas de energia elétrica, ao se fazer uso de fontes alternativas de geração/transformação das mais diversas fontes e energia em energia elétrica.

No quinto momento desse primeiro encontro, o professor faz uso de uma apresentação em Power Point e expõe, de forma dinâmica, os conceitos ligados à confecção das placas fotovoltaicas, tais como: condutores, isolantes e semicondutores, mostrando dentro da tabela periódica quais seriam os semicondutores mais usados até o momento. Existiu a necessidade de se incluir a distribuição eletrônica de tais elementos a fim de explicar a camada de valência. Para explicar como se dá a junção de átomos de silício que passa de isolante a semicondutor, depois do que se conhece por um processo de dopagem, utilizando boro (trivalente) e/ou o fósforo (pentavalente).

Nesse momento, o recurso de vídeo ajuda a ilustrar a aula e mostra a purificação do silício e alguns processos de fabricação de peças eletrônicas como chips, diodos e transistores.

3.4 Segundo encontro

segue-se o projeto com aula expositiva, mostrando no primeiro momento como se procede para a dopagem do silício utilizando fósforo e boro, sendo dopagem do tipo N (de negativo) e tipo P (de positivo), respectivamente.

Na sequência é apresentada e discutida a formação de uma junção P-N, que consiste na união das duas placas já dopadas (P = positiva e N = negativa), para que eles observem, de maneira dinâmica, a migração dos elétrons da banda de valência para as lacunas da banda de condução, preenchendo os espaços vazios e formando com isso a camada de depleção, através do fenômeno conhecido como recombinação.

Em um segundo momento demonstra-se algumas aplicações do uso desse tipo de semicondutor, como por exemplo no funcionamento dos diodos, transistor e até mesmo no funcionamento de um LED.

Passando para um terceiro momento no qual explica-se de forma teórica e ilustrativa o efeito fotoelétrico, demonstrando ainda com o uso de um experimento virtual encontrado no site do (PhET)[9].

Esse experimento possibilita que o professor controle a frequência da luz que incide em uma placa de metal, confinado dentro de um tubo de vidro à vácuo,

o que permite aos estudantes distinguirem as diferentes frequências que podem, ou não, liberar os elétrons da placa incidida.

O experimento virtual ainda nos permite controlar a intensidade da luz e com isso comprovar que, com o aumento da intensidade de luz tem-se também um aumento no fluxo de elétrons liberados, mas não aumenta a energia cinética desses elétrons (velocidade), e que tal velocidade depende unicamente da frequência das ondas eletromagnéticas (luz) que incide na placa metálica.

Na sequência da aula, num quarto momento, há uma introdução ao estudo da Física Quântica a fim de elucidar as equações necessárias para o cálculo da energia de um fóton, como também no cálculo da energia cinética adquirida por um determinado elétron ao ser incidido por ondas eletromagnéticas (luz). Ainda nesse momento e com o uso das teorias quânticas, passa-se ter um melhor entendimento do efeito fotovoltaico, observado no funcionamento de uma placa solar, quando da geração/transformação de energia elétrica.

3.5 Terceiro encontro

para esse encontro estava previsto uma revisão de todo o conteúdo explorado até o momento e a resolução de questões sobre Física Moderna (condutores, semicondutores, efeito fotovoltaico e fotoelétrico). No entanto, após ter sido feita a revisão, sofremos uma intervenção pedagógica por parte da coordenação da escola, e os alunos tiveram uma reunião emergencial para tratar de assuntos pandêmicos, pelo motivo de que três alunos da turma acusaram positivo para o vírus da covid 19.

A partir desse momento as aulas presenciais estavam suspensas por um período de 14 dias, a contar da data do exame dos alunos, o que obrigou o término da aplicação presencial do produto educacional que passou a ocorrer por via remota.

3.6 Quarto encontro

Nesse encontro, o foco da aula foi mostrar os detalhes da confecção da placa solar com seguidor solar, desde sua concepção através da criação de um projeto em AutoCad, passando pela construção de uma estrutura modular composta de dois eixos, dobrável, de forma a facilitar o seu transporte para futuras montagem em escolas públicas. Na sequência das atividades, passou-se por uma revisão dos efeitos físicos ocorridos no interior das células fotovoltaicas e dando sequência com os detalhes sobre a automação, dada ao sistema com o uso de sensores de luz, como o LDR (Resistor Dependente de Luz) monitorados pela plataforma de prototipagem Arduino.

Ao final da apresentação fez-se uma introdução á programação do Arduino, mostrando detalhes dos códigos utilizados na movimentação automática do sis-

tema seguidor solar.

3.7 Quinto encontro

este encontro se deu em meio à "Primeira Mostra Científica de Ciências da Natureza (I MCCN)" de uma Escola de EM de Imperatriz-MA, o que possibilitou o encerramento da aplicação do produto dentro da mostra que envolveu diversos experimentos dentro do tema: "Projetos Científicos STEAM".

O evento consiste da apresentação de projetos de incentivo às práticas STEAM, (acrônimo em inglês que se refere as Ciências, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática), ou seja, atividades e práticas das áreas de Ciências da Natureza e da Matemática envolvendo as Tecnologias, as Engenharias e a Arte por meio das Linguagens.

Os experimentos traziam tópicos de magnetismo, incluído com a comprovação dos campos magnéticos gerados por ímãs permanentes, discussões sobre campos elétrico, gerados em fios retilíneos, espiras, eletroímãs formados por bobinas, transformadores de tensão, mini geradores utilizando bobina, mini gerador solar utilizando-se de LEDs, bicicleta geradora de energia elétrica, aplicação do uso da eletricidade residencial com a mostra de tipos de instalações de lâmpadas em uma casa, além de um brinquedo científico intitulado Martelo de Thor. Com toda essa diversidade de experimentos na área da eletricidade, pudemos ficar bem a vontade para inserir a nossa "Placa fotovoltaica com seguidor solar" ao final dessa exposição (ver Figura 3.6), o que foi bem aceito tanto pelo público interno como externo à escola. Na oportunidade pode-se explicar as vantagens desse sistema automatizado de captação de energia.



Figura 3.6: Apresentação da Placa Fotovoltaica com Seguidor Solar na 1ª MCCN.

Como um complemento à aplicação do produto foram realizadas, à convite da Coordenação do Ensino Fundamental, algumas palestras sobre Fontes de

geração de energia elétrica, dando ênfase a geração/transformação de energia fotovoltaica, (ver Figura 3.7).



Figura 3.7: Palestra Fontes de Geração de Energia Elétrica – Energia Fotovoltaica.

3.8 Resultado da Avaliação

A avaliação da aprendizagem foi restrita a uma parte da turma, no total de 24 dos 40 estudantes que iniciaram o projeto devido ao afastamento dos estudantes em decorrência da pandemia do Covid-19.

A média da turma ficou em torno de 7,7 pontos, é mostrada na Figura 3.8.



Figura 3.8: Questionário de Física Moderna – efeito fotoelétrico e fotovoltaico.

Na sequência passamos a mostrar as questões trabalhadas na aplicação desse

produto com as referidas porcentagens de acertos. Usaremos da legenda de cores Figura 3.9 para uma melhor assimilação dos gráficos dos resultados individualizados das questões.



Figura 3.9: Legenda de respostas: Fonte: Autor

Para que alcançássemos um resultado satisfatório, foi necessário que contássemos com alguns subsunsores presentes na carga cognitiva dos alunos, e dessa forma, seguindo os preceitos das TAS de David Ausubel[8], pode-se atrelar um novo conhecimento na estrutura cognitiva do educando, utilizando-se de subsunsores como conceitos de ondas, electromagnetismo, além de outros já estudados previamente. Todos esses conhecimentos trazidos pelos alunos favoreceram para construção de novos subsunsores, e foram de fundamental importância para compreensão dos semicondutores e atrelado a isso um melhor entendimento dos efeitos fotoelétrico e fotovoltaico que são os focos majoritários dessa avaliação. A escolha desse foco não foi tão somente pela introdução do assunto que antes era voltado para o Ensino Superior e que, agora com uma nova roupagem, sendo direcionada ao Ensino Médio, mas, teve um apelo de despertar na comunidade escolar uma consciência ecológica, estimulando o uso de placas solares como fonte de energia elétrica.

DATA ____ / ____ / ____

NOME _____

TURMA : 3º Série

PROFESSOR: R. Lima

Questionário – Física Moderna – Efeito Fotoelétrico

Questão 1

(FGV-SP 2017) - A função trabalho de certo metal é $9,94 \cdot 10^{-19}$ J. Considere a constante de Planck com o valor $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s. A frequência mínima a partir da qual haverá efeito fotoelétrico sobre esse metal é, em 10^{15} Hz, de

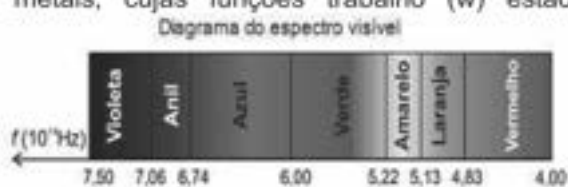
- a) 1,1.
- b) 1,2.
- c) 1,5.
- d) 1,7.
- e) 1,9.



Questão 2

EPCAR (AFA) 2014 - Para a construção de uma célula fotoelétrica, que será utilizada na abertura e fechamento automático de uma porta, um pesquisador dispõe de quatro metais, cujas funções trabalho (w) estão

| Metal | w (eV) |
|---------|----------|
| Platina | 6,4 |
| Prata | 4,7 |
| Chumbo | 4,1 |
| Sódio | 2,3 |

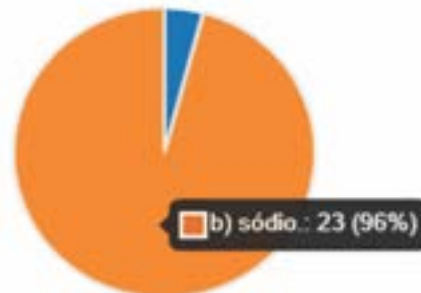


listadas na tabela abaixo.

Sendo que essa célula deverá ser projetada para funcionar com luz visível, poderá(ão) ser usado(s) somente o(s) metal(is).

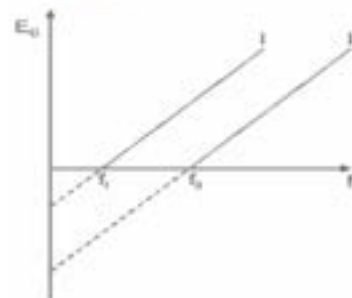
Dados: $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ eV.s

- a) platina.
- b) sódio.
- c) chumbo e prata.
- d) chumbo e sódio



Questão 3

UFRGS 2017 - O gráfico abaixo mostra a energia cinética de elétrons emitidos por duas placas metálicas, I e II, em função da frequência da radiação eletromagnética incidente.



Sobre essa situação, são feitas três afirmações.

- I. Para $f > f_{II}$ a E_c dos elétrons emitidos pelo material II é maior do que a dos elétrons emitidos pelo material I.
- II. O trabalho realizado para liberar elétrons da placa II é maior do que o realizado na placa I.
- III. A inclinação de cada reta é igual ao valor da constante universal de Planck, h

Figura 3.10: Questionário 01.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- a) Apenas II.
- b) Apenas III.
- c) Apenas II e III.
- d) I, II e III.



Questão 4

UNISC 2017 - A radiação eletromagnética tem uma natureza bastante complexa. Em fenômenos de interferência, por exemplo, ela apresenta um comportamento _____. Já em processo de emissão e de absorção ela pode apresentar um comportamento _____. Pode também ser descrita por "pacotes de energia" (fótons) que se movem no vácuo com velocidade de aproximadamente c e têm massa 0 _____.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

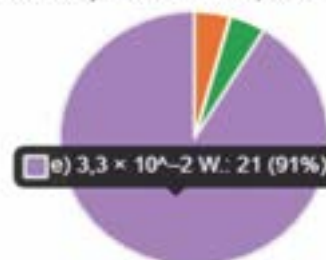
- a) ondulatório – ondulatório – nula.
- b) ondulatório – corpuscular – nula.**
- c) ondulatório – corpuscular – diferente de zero.
- d) corpuscular – ondulatório – diferente de zero.
- e) ondulatório – ondulatório – diferente de zero.



Questão 5

SANTA CASA 2019 - Para explicar o fenômeno do efeito fotoelétrico, Einstein considerou que a luz é composta por fótons (partículas de luz) e que cada fóton transporta uma quantidade de energia, E_f , dada pela expressão $E_f = h \cdot f$, sendo f a frequência da onda associada à luz e h a constante de Planck, de valor $6,6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Um LED que emite $6,0 \times 10^{18}$ fótons a cada minuto e cuja luz tem frequência $5,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ emite com potência igual a.

- a) $3,0 \times 10^{-3} \text{ W}$.
- b) $1,2 \times 10^{-2} \text{ W}$.
- c) $5,6 \times 10^{-3} \text{ W}$.
- d) $2,0 \text{ W}$.
- e) $3,3 \times 10^{-2} \text{ W}$.**



Questão 6

(Ufrpr 2017) Entre os vários trabalhos científicos desenvolvidos por Albert Einstein, destaca-se o efeito fotoelétrico, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1921. Sobre esse efeito, amplamente utilizado em nossos dias, é correto afirmar:

- a) Trata-se da possibilidade de a luz incidir em um material e torná-lo condutor, desde que a intensidade da energia da radiação luminosa seja superior a um valor limite.
- b) É o princípio de funcionamento das lâmpadas incandescentes, nas quais, por ação da corrente elétrica que percorre o seu filamento, é produzida luz.

Figura 3.11: Questionário 02.

- c) Ocorre quando a luz atinge um metal e a carga elétrica do fóton é absorvida pelo metal, produzindo corrente elétrica.
- d) É o efeito que explica o fenômeno da faísca observado quando existe uma diferença de potencial elétrico suficientemente grande entre dois fios metálicos próximos.
- e) **Corresponde à ocorrência da emissão de elétrons quando a frequência da radiação luminosa incidente no metal for maior que um determinado valor, o qual depende do tipo de metal em que a luz incidiu.**



Questão 7

(ITA - 1999) Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons do mesmo material basta que se aumente(m):

- a) a intensidade da luz.
- b) **a frequência da luz**
- c) o comprimento de onda da luz.
- d) a intensidade e a frequência da luz.
- e) a intensidade e o comprimento de onda da luz.



Questão 8

(Ufjf-pism 3 2017) - O Efeito Fotoelétrico foi descoberto por Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), nos anos de 1886 e 1887. Hertz percebeu que uma descarga elétrica entre dois eletrodos, dentro de uma ampola de vidro, era facilitada pela incidência de radiação luminosa no eletrodo negativo, provocando a emissão de elétrons de sua superfície. A explicação satisfatória para esse efeito foi dada em 1905, por Albert Einstein, e em 1921 deu ao cientista alemão o prêmio Nobel de Física. Analisando o efeito fotoelétrico, quantitativamente, Einstein propôs que a energia do fóton incidente é igual à energia necessária para remover um elétron mais a energia cinética do elétron emitido.

Com base nestas informações, calcule os itens abaixo.

- a) Considerando que a energia de um fóton incidente é definida por $E = h \cdot f$, onde $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js é a constante de Planck e que o comprimento de onda de um fóton é dado por $\lambda = 396$ nm, obtenha a energia do fóton.
- b) Sabendo que a massa de um elétron é de aproximadamente $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg e que a velocidade dos elétrons emitidos de uma placa metálica incidente por uma radiação com $\lambda = 396$ nm é de $900,00$ km/s, **CALCULE** o valor da energia necessária para remover o elétron da placa.
- a) $a = E_{\text{foton}} = 6 \cdot 10^{-15}$ J e $b = W = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J
- b) $a = E_{\text{foton}} = 5 \cdot 5^{-19}$ J e $b = W = 1,4 \cdot 10^{-20}$ J
- c) **$a = E_{\text{foton}} = 5 \cdot 10^{-19}$ J e $b = W = 1,3 \cdot 10^{-19}$ J**
- d) $a = E_{\text{foton}} = 15 \cdot 10^{-22}$ J e $b = W = 1,2 \cdot 10^{-13}$ J

Figura 3.12: Questionário 03.

e) $a = E_{\text{foton}} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ e $b = W = 3,3 \cdot 10^{-14} \text{ J}$



Questão 9

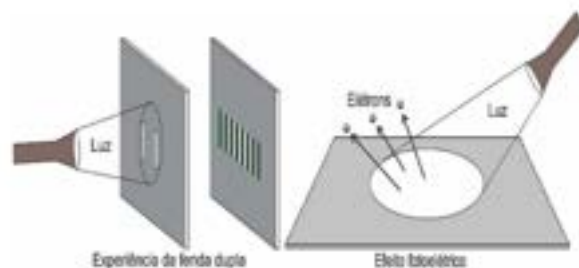
(Upf 2017) Denomina-se de efeito fotoelétrico o fenômeno que consiste na liberação de elétrons pela superfície de um material quando esse é exposto a uma radiação eletromagnética como a luz. O fenômeno foi explicado por Einstein em 1905, quando admitiu que a luz é constituída por quanta de luz cuja energia é dada por $E = h \cdot f$, sendo h a constante de Planck e f a frequência da luz. Das seguintes afirmativas, assinale a correta.

- a) O efeito fotoelétrico acontece independentemente da frequência da luz incidente na superfície metálica.
- b) A teoria do efeito fotoelétrico afirma que, aumentando a frequência da luz incidente na superfície metálica, é possível arrancar prótons da superfície do metal.
- c) Considerando que, no vácuo, o comprimento de onda da luz vermelha é maior do que o comprimento de onda da luz azul, a energia dos quanta de luz vermelha é maior do que a energia dos quanta da luz azul.
- d) Quando uma luz monocromática incide sobre uma superfície metálica e não arranca elétrons dela, basta aumentar a sua intensidade para que o efeito fotoelétrico ocorra.
- e) O efeito fotoelétrico fornece evidências das naturezas ondulatória e corpuscular da luz.



Questão 10

(Ufsc 2017) A natureza da luz é um tema que ocupa os estudiosos desde a antiguidade. As teorias corpuscular e ondulatória buscam a preferência de cientistas famosos para explicar fenômenos importantes da ciência. No entanto, após o experimento da fenda dupla de Thomas Young, em 1802, e da explicação do efeito fotoelétrico



realizada por Albert Einstein, em 1905, a ideia da dualidade onda/partícula da luz foi aceita pela comunidade científica. A experiência da fenda dupla consiste em fazer a luz

Figura 3.13: Questionário 04.

passar por duas fendas em uma placa e observar o padrão de franjas (listras) claras e franjas (listras) escuras. Já o efeito fotoelétrico consiste em incidir luz sobre uma placa metálica para arrancar elétrons.

Considerando o que foi exposto acima, é correto afirmar que:

01) no experimento de Young, a obtenção do padrão de franjas claras e franjas escuras ocorre por meio do fenômeno de interferência construtiva e interferência destrutiva das ondas, logo a explicação do fenômeno é ondulatória.

02) a formação do padrão de franjas claras e franjas escuras no experimento da fenda dupla de Young foi explicada pela teoria corpuscular da luz, em que as partículas da luz (fótons) sofrem o fenômeno de interferência.

04) no efeito fotoelétrico, para arrancar os elétrons da placa, a luz deve ser formada por partículas (fótons) com uma energia mínima que é proporcional à frequência da luz.

08) tanto a teoria corpuscular quanto a teoria ondulatória da luz explicam o padrão de franjas claras e franjas escuras no experimento da fenda dupla.

16) o efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein pela teoria ondulatória da luz.

32) os fenômenos de interferência e difração são mais bem representados pela teoria ondulatória da luz, enquanto que o fenômeno do efeito fotoelétrico é mais bem representado pela teoria corpuscular da luz.

- a) $01 + 02 + 16 = 19$
- b) $01 + 04 + 32 = 37$**
- c) $02 + 04 + 16 = 22$
- d) $01 + 02 + 32 = 35$
- e) $02 + 04 + 32 = 38$



TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Leia a charge a seguir e responda à(s) questão(ões).

Questão 11

2017) Considere que as lâmpadas descritas na charge emitem luz amarela que incide na superfície de uma placa metálica colocada próxima a elas.

Com base nos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico, assinale a alternativa correta.



Figura 1
(Disponível em: <<http://trinhadefisica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.)

- a) A quantidade de energia absorvida por um elétron que escapa da superfície metálica é denominada de fótons e tem o mesmo valor para qualquer metal.
- b) Se a intensidade luminosa for alta e a frequência da luz incidente for menor que a frequência-limite, ou de corte, o efeito fotoelétrico deve ocorrer na placa metálica.
- c) Se a frequência da luz incidente for menor do que a frequência-limite, ou de corte, nenhum elétron da superfície metálica será emitido.**
- d) Quando a luz incide sobre a superfície metálica, os núcleos atômicos próximos da superfície absorvem energia suficiente e escapam para o espaço.

Figura 3.14: Questionário 05.

e) Quanto maior for a função trabalho da superfície metálica, menor deverá ser a frequência-limite, ou de corte, necessária para a emissão de elétrons.

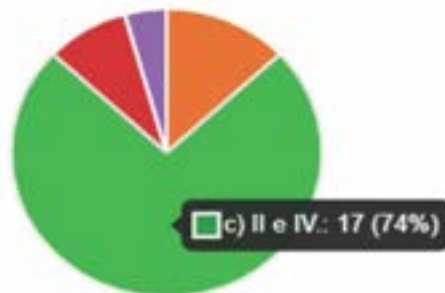


Questão 12

(Upf 2016) A física moderna trata da física desenvolvida no início do século XX e dos conhecimentos por ela gerados advêm muitos dos avanços tecnológicos observados nos dias atuais. Sobre fenômenos, conceitos e teorias abordados pela física moderna, analise as afirmativas que seguem.

- I. O efeito fotoelétrico explica como um próton pode ser arrancado de um metal.
 - II. As leis da física são idênticas para todos os observadores em qualquer referencial inercial.
 - III. Um elétron salta de uma órbita para outra somente quando perde energia.
 - IV. A energia de um fóton é diretamente proporcional à sua frequência.
- Está correto apenas o que se afirma em:

- a) I e III.
- b) II e III.
- c) II e IV.
- d) I e II.
- e) III e IV



Questão 13

(Feevale 2016) O efeito fotoelétrico foi descoberto por Hertz no final do século XIX, e a explicação do fenômeno foi dada por Einstein no começo do século XX. Com base nessa explicação, são feitas três afirmações.

- I. A energia contida no fóton depende da frequência da radiação incidente.
- II. A radiação, ao incidir sobre uma superfície, pode arrancar elétrons desta.
- III. A energia cinética do elétron arrancado de uma superfície depende da intensidade da radiação incidente.

Marque a alternativa correta.

- a) Apenas a afirmação I está correta.
- b) Apenas a afirmação II está correta.
- c) Apenas a afirmação III está correta.
- d) Apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) Apenas as afirmações I e III estão corretas.

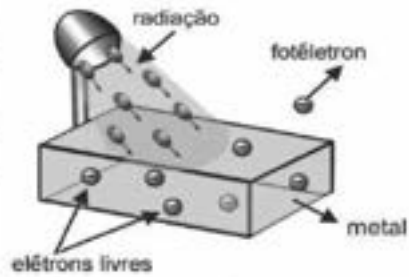
Figura 3.15: Questionário 06.



d) Apenas as afirmações I e II estão corretas.: 19 (75

Questão 14

(G1 - ifce 2016) Alguns dispositivos funcionam tendo como base o efeito fotoelétrico, que consiste na ejeção de fotoelétrons de uma superfície metálica devido à incidência de radiação eletromagnética, atuando como uma chave em diversos circuitos.



Faz uso dessa tecnologia

- a) a guitarra elétrica, uma vez que o dedilhar do guitarrista produz radiação eletromagnética, gerando corrente elétrica que, por fim, produz o som.
- b) os controles remotos que, ao serem pressionados, produzem radiação eletromagnética fazendo com que os circuitos internos do aparelho de televisão passem a funcionar.
- c) a porta dos elevadores, sendo que pessoas ou objetos funcionam como uma chave, pois, ao entrarem ou saírem, interrompem a radiação eletromagnética fazendo com que a porta fique aberta.
- d) as máquinas fotográficas, nas quais, ao apertar o botão para tirar uma fotografia, fecha-se um circuito e dispara-se um flash que nada mais é que radiação eletromagnética.
- e) a lâmpada fosforescente na qual, devido à alta temperatura (em torno de 2.000 °C), as ondas de calor arrancam os elétrons do filamento, produzindo o brilho característico.



c) a porta dos elevadores, sendo que pessoas ou ob

Questão 15

(ULBRA 2016) - Uma lâmpada de potência de 200W emite um feixe de luz de comprimento de onda de 600nm. Esse feixe de luz incide sobre uma superfície metálica, excitando e arrancando da mesma um número n de elétrons.

Sendo $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, velocidade da luz $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J e a função trabalho do metal 1,2 eV, é correto afirmar que.

Figura 3.16: Questionário 07.

a energia cinética dos elétrons excitados é de aproximadamente 0,9 eV.

a energia dos fótons é de 1,6 eV.

a função trabalho do metal aumenta com o aumento da potência da lâmpada.

se aumentarmos a frequência da luz diminui a velocidade dos elétrons excitados.

a energia cinética dos elétrons excitados é de aproximadamente 2 eV.

a energia cinética dos elétrons excitados é de aproximadamente 2 eV.



Questão 16

(Uema 2015) "Um dos físicos mais populares do mundo, Stephen Hawking, sugere que os buracos negros não são tão vorazes. Eles devoram tudo, mas regurgitam alguma coisa". O artigo foi divulgado numa palestra, durante uma reunião, no Instituto Kavli de Física Teórica, nos Estados Unidos, em agosto de 2012. Seu modelo ainda não foi demonstrado matematicamente nem aprovado por outros físicos. Por enquanto, sabe-se, apenas, que se sustenta também em equações já conhecidas da física moderna.

Fonte: Revista Época. Ed. 818, fevereiro de 2014. Rio de Janeiro: Editora Globo.

Com base na equação de energia de Einstein e da energia de um fóton, portanto da equação $c = \lambda \cdot f$,

demonstre a expressão que determinará o comprimento de onda, λ , de uma partícula em função da constante de Planck (h), massa (m), e velocidade (c) da mesma.

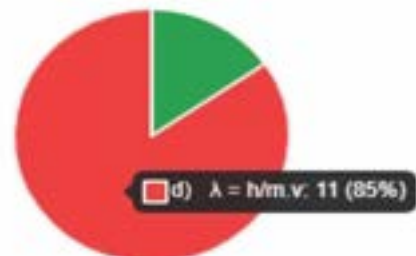
a) $\lambda = h' \lambda \cdot v$

b) $\lambda = h/m \cdot v^2$

c) $\lambda = h/\sqrt{(m \cdot v)}$

d) $\lambda = h/m \cdot v$

e) $\lambda = m \cdot v/h$



Questão 17

(Udesc 2015) Considere as informações constantes na tabela.

Com base na tabela e no princípio da conservação da energia para o efeito fotoelétrico, analise as proposições.

I. Quatro placas metálicas, cada uma composta por um dos metais relacionados na tabela, são iluminadas por uma luz de frequência f . Nesta situação, a energia cinética mínima dos elétrons ejetados de cada placa possui o mesmo valor.

II. Quatro placas metálicas, cada uma composta por um dos metais relacionados na tabela, somente ejetarão elétrons com energia cinética maior que zero, quando a energia da luz que as ilumina for maior que o valor da função trabalho de cada metal.

| Metais | Função Trabalho (eV) |
|----------|----------------------|
| Alumínio | 4,08 |
| Prata | 4,73 |
| Platina | 6,35 |
| Níquel | 5,01 |

Figura 3.17: Questionário 08.

III. Quatro placas metálicas, cada uma composta por um dos metais relacionados na tabela, são iluminadas por uma luz de energia igual a $7,5\text{eV}$. Neste caso, os elétrons ejetados da superfície da placa de alumínio terão a maior energia cinética.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- e) Todas afirmativas são verdadeiras.



Questão 18

(Upe 2015) Considere as afirmações a seguir com relação ao efeito fotoelétrico.

- I. A energia cinética do elétron emitido pelo material depende da intensidade da radiação incidente.
- II. Somente ocorre quando há incidência de elétrons sobre uma superfície metálica.
- III. A quantidade de elétrons emitidos pelo material depende da intensidade da luz incidente.
- IV. A menor energia cinética do elétron emitido pelo material é igual a zero.

Estão CORRETAS apenas

- a) I, II e IV.
- b) II e III.
- c) III e IV.
- d) I e III.
- e) II e IV.

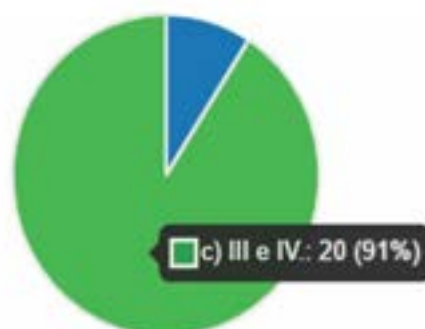


Figura 3.18: Resultado do Questionário – Física Moderna – Efeito Fotoelétrico

Considerações Finais

Foi idealizado, construído, testado e aplicado um produto educacional integrado constituído de um sistema experimental isolado de geração e conversão de energia solar em energia elétrica com automação da captação da intensidade da radiação eletromagnética juntamente com uma apostila que apresenta os fundamentos básicos dos fenômenos físicos relacionados com tópicos de Física moderna e Física de materiais envolvidos com a construção, funcionamento e aplicação do equipamento fabricado.

A apostila que descreve os fundamentos físicos dos fenômenos envolvidos com o sistema experimental construído consiste de uma compilação, em formato pdf, das aulas de aplicação do produto as quais possuem animações e applets relacionados com os princípios básicos das ondas eletromagnéticas, dos materiais semicondutores, do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico. Também foi construída uma apostila de explicação e descrição da construção do equipamento educacional.

De acordo com os resultados da primeira parte da pesquisa, na qual são apresentadas questões para os estudantes e da apresentação que eles fazem sobre cada tema, é possível inferir que houve realmente o interesse, no sentido de compreender as partes que fundamentam o experimento, antes de compor a visão geral da atividade. Cada grupo contribuiu com os dados pesquisados e, ao final, eles socializaram seus resultados com os demais para fomentar uma discussão.

As partes foram então, discutidas entre eles e com o professor, que, previamente preparado para isso, confirmou as afirmações corretas e corrigiu – explicando as incorreções – daquelas que não concordavam exatamente com os conhecimentos científicos.

A experiência considera a dinâmica da aprendizagem como parte crucial do processo de aprender, assim como afirma Ausubel, quando explica que aprendizagem significativa, por recepção, não é algo passivo, mas exige trabalho e esforço cognitivo para organizar diferentes conhecimentos em algo que possa explicar o mundo e o que ocorre nele.

Se, por um lado, a escola quer abrigar metodologias para incentivar a aprendizagem, por outro, não pode desistir de trazer a atenção dos alunos para a Física, por meio de experimentos e de explicações de o quanto as novas tecnologias são importantes para o desenvolvimento do país, e, o quanto estas são

dependentes do conhecimento científico.

A discussão trazida pelo primeiro grupo, sobre as diferenças entre condutores e isolantes, foi o primeiro passo para sedimentar a diferenciação progressiva entre esses conceitos, afinal, o fato de que cargas elétricas podem se mover com facilidade em alguns materiais, ou permanecerem imóveis em outros, é conhecimento não arbitrário para uma futura compreensão do que são semicondutores.

O segundo grupo avança um passo, ao apresentar onde são utilizados os materiais semicondutores, como resistores, diodos e transistores, por exemplo, deixando para o terceiro, a responsabilidade de explicar o funcionamento de um resistor dependente de luz.

A partir daí é visível que as explicações sobre efeito fotoelétrico e fotovoltaico estão além do que pode ser assimilado no tempo previsto para a aula, mas é uma construção inicial para futuras construções. Serve, portanto, à criação dos primeiros conhecimentos sobre um tema, que poderá ser aprofundado posteriormente.

Outra discussão importante, nesse mesmo momento, é a necessidade de geração de energia alternativa, limpa e que possa substituir a elétrica e outras, oriundas de fontes não renováveis, ou mesmo, de fontes que poluem o meio ambiente. Esta é uma importante contribuição desse tipo de experiência, pois localiza os estudantes do nível médio no exato momento histórico que se atravessa, pois o desenvolvimento, altamente dependente de recursos energéticos, traz consigo o que não é mais possível esconder: a degradação do meio ambiente numa escala crescente, tão crescente quanto a necessidade energética.

Estas coisas estão associadas, desenvolvimento e degradação, e continuarão assim a menos que os projetos dentro das escolas, em todos os níveis, possam abordar o problema de forma clara, buscando soluções. Essa também é uma forma de engajar os estudantes no processo escolar.

A Química vem, nessa discussão, mostrar a importância de vários conhecimentos – construídos em separado – necessários à compreensão de problemas complexos da sociedade onde se inserem as escolas.

A partir do segundo encontro até o quarto, são realizadas várias discussões sobre dopagem, funcionamento e aplicações dos semicondutores que estão, diretamente conectadas com o funcionamento do produto.

O último encontro, como relatado, extrapola a sala de aula e leva o produto para a comunidade escolar, por meio de um projeto em que se articulam vários outros equipamentos no sentido, também, de explicar a crescente demanda por conhecimento para sustentar novas formas de reinventar processos de desenvolvimento.

Uma forma alternativa para verificar a aprendizagem dos estudantes envolvidos no projeto foi a elaboração dos questionários que, respeitando a ordem da aplicação do produto, foram disponibilizados aos estudantes no sentido de medir o quanto poderiam acertar sobre questões relacionadas.

Este, como vimos, não era o objetivo principal, mas o professor queria mostrar aos estudantes que, ao se debruçar sobre um tema, é possível também construir conhecimentos escolares que podem ajudar aos estudantes a terem melhores resultados em testes e avaliações externas, já que este é o tipo mais comum de avaliação para fomentar os índices educacionais.

Também nesse sentido, os dados de acertos sobre os questionários mostram um rendimento superior a 70%, o quê, não deixa de ser importante para os estudantes se reconhecerem como seres capazes de aprender, mesmo sobre coisas complexas, pois este é um outro fator de vínculo com o processo de escolarização: quanto mais nos reconhecemos capazes de cumprir os objetivos escolares, mais nos empenhamos em manter esse resultado, pois, como afirma Hodson[10]. os experimentos têm múltiplas funções, dependendo de onde e para que são concebidos.

Dessa forma, acreditamos ter colaborado para a aprendizagem dos estudantes, e para aprendizagens futuras, ao reconhecer o percentual de acertos, mas mais do que isso, de entender que se até os conhecimentos mecânicos, armazenados de forma aleatória e não relacionada a um subsunçor, podem se transformar em conceitos significativos na medida em que as informações adquiridas se organizam, também a aprendizagem “semiestruturada” oriunda da experimentação pode contribuir para fomentar a criação de novos subsunçores e, a partir de um momento futuro, servir de base para construções mais elaboradas do conhecimento sobre o tema.

O interesse, portanto, pelo menos para a turma que finalizou o processo e respondeu aos questionários, indagando e dirimindo dúvidas com o professor, é um bom resultado vinculado à experimentação e demonstração de experimentos nas escolas.

Referências Bibliográficas

- [1] NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Getting started with Labview. Worldwide technical support and product information, 1th edition, p. 47, 2001.
- [2] CALS NETO, H. M. R. Dissertação de Mestrado. (MNPEF) Universidade Federal do Tocantins (UFT), 2020.
- [3] PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2.ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013. p. 1-277.
- [4] MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? *Curriculum, la laguna, Espanha*, n.11, p. 1-27, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/6qsysz>>. Acesso em: 20 Jun 2020.
- [5] HODSON, D. 1985. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education* (12): 25-57.
- [6] HODSON, D. 1986a. The nature of scientific observation. *School Science review*. (68): 1729.
- [7] HODSON, D. 1986b. Rethinking the role and status of observation in science education. *Journal of Curriculum Studies* (18): 381-396.
- [8] MOREIRA, M. A., E. F S. Masini, APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: a teoria de David Ausubel. (Centauro, São Paulo, 2001).
- [9] PhET, Interactive Simulations da University of Colorado. Disponível em <http://phet.colorado.edu/>.
- [10] REID, D.J. e HODSON, D. 1987. Science for all: Teaching science in secondary schools. London: Cassell
- [11] HODSON, D. 1988. Experimentos na Ciência e no Ensino de Ciências - (Publicado em: *Educational Philosophy and Theory*, 20, 53 - 66,. Tradução, para estudo, de Paulo A. Porto.
- [12] ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre. Artmed, 2010.

- [13] Microchip manufacturing plant - martinba11 - Disponível em - <https://youtu.be/qfdlMZ09KaA>
- [14] Rastreador Solar Arduino Solis Completo - Disponível em - <https://www.usinainfo.com.br/blog/rastreador-solar-com-arduino-um-seguidor-solar-atraves-de-ldr/>
- [15] REZENDE, S. M. Materiais e Dispositivos Eletrônicos. 1st. ed. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2004.
- [16] Halliday, David, Fundamentos de física, volume 4 : óptica e física moderna / David Halliday , Robert Resnick , Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.
- [17] Halliday, David, 1916-2010, Fundamentos de física, volume 2 : gravitação, ondas e termodinâmica / David Halliday , Robert Resnick , Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.
- [18] BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- [19] ENGEVISTA, 2007 - A matriz energética mundial e a competitividade das nações: Bases de uma nova geopolítica - ENGEVISTA, v. 9, n. 1, p. 47-56, junho 2007 - Disponível em - <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8802>. - acesso em 22 fev 2020
- [20] TOMPSON, Geziel - canal YouTube - Como fazer pistão elétrico 12 volts - disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=XK_V1Cn0kPM - *acessoem22fev2020*