



**UFPB**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**FIDELIS GONÇALVES PALMEIRA**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO BATERIAS  
RECICLADAS ALIMENTADAS POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS**

**JOÃO PESSOA**

**2019**

**FIDELIS GONÇALVES PALMEIRA**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO BATERIAS  
RECICLADAS ALIMENTADAS POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal da Paraíba como  
requisito parcial da obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Raimundo Menezes

**JOÃO PESSOA**

**2019**

P172p Palmeira, Fidelis Gonçalves

Proposta de um sistema de iluminação utilizando baterias recicladas alimentadas por painéis solares fotovoltaicos. - João Pessoa / Fidelis Gonçalves Palmeira. – João Pessoa, 2019.

60f. il.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Menezes

Monografia (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental ) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Energia 2. Renovável 3. Células 4. Sol I. Título.

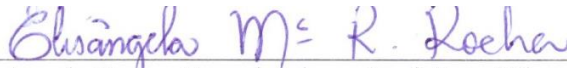
BS/CT/UFPB

CDU: 620.91(043.2)

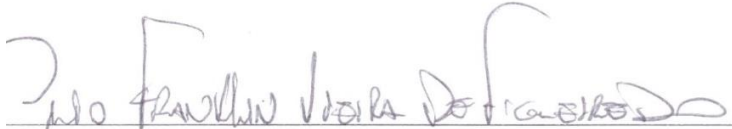
**FIDELIS GONÇALVES PALMEIRA**


**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO BATERIAS  
RECICLADAS ALIMENTADAS POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS**

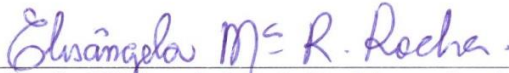
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 26 / 09 / 2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:

  
Membro da Banca Examinadora: Prof. Dra. Elisângela Maria  
Rodrigues Rocha

  
(Aprovado/Reprovado)

  
Membro da Banca Examinadora: Mestrando. Caio Franklin  
Vieira de Figueiredo

  
(Aprovado/Reprovado)

  
Profa. Elisângela Maria Rodrigues Rocha  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Profª Elisângela M. R. Rocha  
Coord. CCGEAM/CT/UFPB  
Mat. SIAPE 1821373

Dedico aos meus pais  
Aldi e Rosangela Palmeira

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar que sempre me traz a esperança do recomeço e renovação que me permitiu chegar a esse momento.

Agradeço **em especial** meus pais Aldi Palmeira de Arruda e Rosangela Gonçalves Palmeira por estarem sempre presentes em minha vida, com as melhores das intenções.

Agradeço pelos conselhos acadêmicos do orientador e amigo Raimundo Aprígio de Menezes Júnior.

Agradeço a presença dos amigos Samuel Amaral, Jorge Luiz, Arthur Miranda, Lucas Augusto, Daniel Camargo e Eduardo Bezerra, e irmãos Filipe Gonçalves Palmeira e Flávia Gonçalves Palmeira durante a minha formação.

“-Todas as coisas foram feitas por ele, e sem ele nada do que foi feito se fez. Nele estava a vida, e a vida era a luz dos homens.”

*Apostolo João in Bíblia Sagrada*

## **RESUMO**

O presente trabalho acadêmico de graduação em Engenharia Ambiental teve como objetivo geral A montagem do sistema off-grid fotovoltaico, sendo projetado e construído o painel e as baterias ambos implantados no sistema, com o intuito de gerar energia elétrica para alimentação de lâmpadas. Para estudos da eficiência desse sistema e capacidade de carga das baterias reutilizadas foram gerados testes quantitativos para saber a duração em horas de alimentação da parte das baterias sem a radiação solar, ou seja apenas com a energia armazenada pelas baterias durante o período do dia/tarde. O método usado foi todo focado em um modelo já estabelecido que é o sistema off-grid, sendo assim foi feito apenas compra dos componentes sendo feito a montagem manual de todo o sistema deixando claro que o sistema foi de fato elaborado e não comprado feito. Os resultados foram incríveis e satisfatórios, fornecendo energia suficiente para as lâmpadas de LED, chegando a fornecer energia elétrica para as lâmpadas por um período de até 30 minutos apenas com as baterias sem estar recebendo a radiação solar.

Palavras chave: Energia. Renovável. Células. Sol.



## **ABSTRACT**

The present academic work of graduation in Environmental Engineering has as general objective The assembly of the off-grid photovoltaic system, being designed and built the panel and the batteries both implanted in the system, with the intention of generating electricity for powering lamps. For studies of the efficiency of this system and the capacity of recharged batteries, quantitative tests were generated to know the duration in hours of feeding the part of the batteries without the solar radiation, ie only with the energy stored by the batteries during the day / afternoon period. Thus, it is possible to have an efficient system that gives a concrete and correct destination for batteries that are considered hazardous waste because they contain highly toxic and non-biodegradable heavy metals such as cadmium, lead and mercury, which are extremely dangerous to human health; in a way that is more popular and low cost this system, taking into account the social return that the access to electric energy provides, the use of photovoltaic cells can become an important means of social promotion, especially for the more distant regions of urban centers.

Keywords: Energy. Renewable. Cells. Sun.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação de temperatura e volts .....	19
Figura 2 – Fontes de energia usado no Brasil.....	22
Figura 3 – Fontes de energia usado no Brasil.....	24
Figura 4 – Ilustração da célula fotovoltaica.....	27
Figura 5 – Camadas da célula fotovoltaica.....	28
Figura 6 – Célula fotovoltaica monocristalina .....	28
Figura 7 – Bateria e capacitor.....	29
Figura 8 – Ilustração de capacitores .....	30
Figura 9 – Ligando baterias em série.....	31
Figura 10 – Ligando baterias em série.....	32
Figura 11 – Ligando baterias em série.....	33
Figura 12 – Ligando baterias em série.....	34
Figura 13 – Ligando baterias em série.....	34
Figura 14 – Tipos de lâmpadas.....	36
Figura 15 – Lâmpadas LED.....	37
Figura 16 - Figura processo de junção das células .....	38
Figura 17 – Banco de dados usado .....	39
Figura 18 – Ilustração dos três tipos de células fotovoltaicas .....	41
Figura 19 - Baterias adquiridas na ASCARE .....	42
Figura 20 - Baterias de notebooks da forma que é descartada .....	43
Figura 21 - Carcaça das baterias de notebooks.....	44
Figura 22 – Baterias recolhidas e separadas.....	44
Figura 23 – Baterias recolhidas e separadas.....	45
Figura 24 – Material usado para envelopamento.....	46
Figura 25 – Baterias sendo envelopadas.....	47
Figura 26 - Estrutura do pack da bateria.....	47
Figura 27 - Baterias produzidas.....	48
Figura 28 – Teste com multímetro .....	49
Figura 29 - Estrutura pronta na bancada de testes .....	50
Figura 30 - Realização dos testes .....	50
Figura 31 - Figura células separadas .....	53
Figura 32 – Célula fotovoltaica com as trilhas .....	54

Figura 33 - Módulo solar .....	54
Figura 34 – Módulos solares em funcionamento.....	55
Figura 35 – Variação da temperatura em João Pessoa (1995-2015) .....	56
Figura 36 – Variação da radiação solar de ondas curtas em João Pessoa (1995-2015) .....	56

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Sistema Off-Grid</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Descoberta das células fotovoltaicas</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Energia fotovoltaica no Brasil</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4</b>	<b>Vantagens e desvantagens</b> .....	<b>25</b>
<b>3.5</b>	<b>Entendendo a célula fotovoltaica</b> .....	<b>26</b>
<b>3.6</b>	<b>Entendendo as baterias</b> .....	<b>28</b>
<b>3.7</b>	<b>Entendendo a ligação entre baterias</b> .....	<b>34</b>
<b>3.8</b>	<b>Tipos de lâmpadas e lâmpadas de LED</b> .....	<b>35</b>
<b>3.9</b>	<b>Unindo as células fotovoltaicas</b> .....	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Estudo da disponibilidade solar na região</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>Aquisição das baterias</b> .....	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Envelopamento das baterias</b> .....	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Finalizando as baterias</b> .....	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>Ligação entre todo o sistema</b> .....	<b>49</b>
4.5.1	Entendendo os testes .....	49
4.5.2	Projeto .....	50
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia solar é aquela que é aproveitada na incidência da luz advinda dos raios solares na superfície terrestre, podendo ser aproveitada de duas formas, uma delas é a utilização desse calor para o aquecimento de água e também de ambientes a segunda forma consiste em captar a energia por meio de células fotovoltaicas gerando assim corrente elétrica capaz de carregar bateria e utilizar essa energia armazenada após a conversão da corrente contínua para alternada; o trabalho em questão está desenvolvido sob a segunda opção.

O aproveitamento das baterias recicladas e da energia emitida pelo sol dependerá do rendimento associado a tecnologia utilizada, desde a captação até a última etapa da cadeia energética, em geral um equipamento a disposição do consumidor final, sendo assim temos que do total da radiação solar incidente na terra 30% é refletida imediatamente antes de chegar na atmosfera terrestre, enquanto que o restante se divide em 47% serve para aquecer os oceanos e superfície da terra, 23 % são absorvidos na evaporação da água; Sendo assim o aproveitado para a produção de energia elétrica pelo sol estão nos 70% que por sua vez é o suficiente para alimentar grande parte da necessidade de energia do planeta.

O imenso potencial da energia solar fica cada vez mais claro ao passar do tempo segundo Arlindo “o sol é uma imensa fonte de energia inesgotável. Dele depende a vida na terra. Muitas fontes de energia renovável derivam do sol”, com descobertas e aperfeiçoamento das tecnologias que abrangem a transformação da radiação solar em energia elétrica, ao comparar com outras fontes de energia como energia nuclear e combustíveis fósseis (gás, petróleo, carvão) percebe-se uma discrepância, sendo muita energia fornecida pelo sol em relação a essas outras fontes.

O modelo brasileiro energético se baseia na utilização em larga escala de combustíveis fósseis, seguindo a maioria dos países em desenvolvimento além desses combustíveis o Brasil sempre optou pela construção de diversas hidrelétricas de grande porte, que impactam fortemente e de diversas formas o meio ambiente, prejudicando-o, sendo em alguns casos, de forma irreversível. No entanto o modelo vem perdendo força de forma lenta e gradativa não só no nosso país mas em diversos outros no cenário internacional.

Esse grande investimento no setor hidrelétrico sendo portanto a energia produzida através de rios (hidráulica) demonstra uma confiança muito grande em apenas uma fonte de energia acreditando-se então que seria suficiente para abastecer a demanda nacional por um período muito grande, no entanto isso atrapalhou o desenvolvimento e a implementação de

fontes de geração de energia elétrica por meio de métodos menos impactantes ao meio ambiente, como por exemplo a energia solar.

Assim como aproveitar os recursos que o meio ambiente fornece e dirimir os impactos causados pela construção e manutenção das barragens, outra vantagem dessa associação de fontes energéticas e a complementariedade que podem oferecer, garantindo alternativas para enfrentar momentos de restrições. Essas alternativas são aliadas entre si e devido a abundância no Brasil propõe mais segurança energética. De acordo com Macedo (2015, p.71):

Como a matriz elétrica brasileira já apresenta significativo percentual de fontes renováveis, a diversificação dessas fontes vem fazer face a dois objetivos importantes: complementar nossa matriz elétrica e aproveitar a potencialidades de recursos naturais abundantes no país, tais como o vento e o sol.

Hoje podemos contar com outras fontes energéticas, sendo no momento as mais usadas a energia eólica, solar e de biomassa, que tem seus usos cada vez mais acessíveis e com uma vantagem de ter menos impactos negativos ao ecossistema local. As regiões que mais investem nessas novas tecnologias são o Nordeste, Sudeste e Sul com destaque para energia eólica e solar, além de terem a possibilidade de serem fonte de renda para outros grupos sociais, pois não se restringem a grandes indústrias.

Uma compreensão extraída através de vários estudos é que um dos contribuintes para as possíveis alterações na forma de utilizar e a necessidade de buscar por novas soluções para a demanda energética são as mudanças climáticas. Alguns países demonstraram o grau de influência dessas alterações através de modelagens computacionais onde conseguiram prevê essas mudanças na escala local e global e como isso pode alterar toda a dinâmica inserida na matriz energética, porém por se tratar de dados com alteração continua a sua afirmação em pontos extremados são difíceis.

## **1.1 Justificativa**

Para justificar esse trabalho é necessário entender a importância de explorar novas tecnologias no ramo de energias, tendo em vista que as fontes de energia não renováveis tem um fim no futuro e as necessidades humanas são maiores, além da poluição causada pelas formas clássicas de produção de energia que prejudica a qualidade de vida da humanidade em vários aspectos, tendo em vista essa realidade temos algumas palavras da constituição brasileira que já se antecipou com relação a essa preocupação e pode ser usada para nortear os objetos de gerar trabalhos na área ambiental que busque a melhora no desenvolvimento sustentável, segundo a Constituição (1988):

**Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. (BRASIL, 1988)

Sendo mais específico temos também:

LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002.

Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL RESOLUÇÃO  
NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

“Art. 1º Estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.”

Quanto aos resíduos eletroeletrônicos a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; dá outras providências quanto ao destino desses resíduos.

De acordo com a lei LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010,

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;

II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes. (BRASI, 2019).

§ 4º Os consumidores deverão efetuar a devolução após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos e das embalagens a que se referem os incisos I a VI do **caput**, e de outros produtos ou embalagens objeto de logística reversa, na forma do § 1º.

Art. 35. Sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e na aplicação do art. 33, os consumidores são obrigados a:

I - acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados;

II - disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução. (BRASIL, 2019)

Produtos como embalagens de agrotóxicos, **pilhas e baterias**, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas, embalagens em geral, eletroeletrônicos e seus componentes, a exemplo de geladeiras, televisores, celulares, computadores e impressoras., se faz necessário uma logística reversa.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente:

Nos termos da PNRS, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o "conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei. (BRASIL, MMA, 2019).

Os resíduos sólidos podem ser separados em dois grupos:

**Recicláveis:** inorgânicos de maior potencialidade de reaproveitamento para reciclagem: papel, plástico, vidro, alumínio, metais ferrosos e não-ferrosos. Conhecidos também como fração seca.

**Compostáveis:** parte orgânica: restos de comidas, vegetais. Conhecidos também como fração úmida.

A coleta seletiva deve fazer parte, obrigatoriamente, do plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos e consiste no recolhimento diferenciado de materiais recicláveis, previamente separados.

Temos também que desenvolvimento sustentável é entendido como aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem colocar em risco a capacidade de atender as gerações futuras, inclusive economicamente, portanto é importante que gere renda para as pessoas envolvidas nas ações sustentáveis.

Mostrando assim que é possível ter um sistema eficiente e que dá um destino concreto e correto para as baterias que são consideradas resíduos perigosos por conterem em sua composição metais pesados altamente tóxicos e não biodegradáveis, como cádmio, chumbo e mercúrio, que são extremamente perigosos à saúde humana; de forma que seja mais



popular possível e de baixo custo esse sistema, levando em conta o retorno social que o acesso à energia elétrica proporciona, o uso de células fotovoltaicas pode passar a ser um importante meio de promoção social, principalmente para as regiões mais distantes dos centros urbanos.

## 2 OBJETIVO

Propor um sistema fotovoltaico off-grids, composto por quatro módulos fotovoltaicos, para a produção de energia elétrica advinda da radiação solar, células fotovoltaicas e dos componentes, elaboração de baterias usado para armazenar a energia elétrica produzida pelos módulos solares.

- SISTEMA DE ILUMINAÇÃO OFF-GRID
- BATERIAS RECICLADAS
- PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Objetivos específicos :

Determinar o potencial da radiação solar na área de captação solar.

Testar de tensão nas baterias para a utilização no sistema

### 3 REVISÃO

As perspectivas de aproveitamento do potencial tanto econômico como de produção de energia está relacionado a exploração comercial do recurso energético da radiação solar e depende de dois principais fatores: 1) desenvolvimento da tecnologia competitiva de conversão e armazenamento dessa energia; e 2) informações seguras e da política energética do país. De um modo geral as informações científicas necessárias são:

- Levantamento em alta resolução do potencial energético solar
- Séries temporais de longa duração de dados temporais e espaciais para observarmos as tendências
- Conhecimento sobre a variabilidade dessa radiação solar associada aos fatores naturais e antropogênicos.

Para a produção de energia fotovoltaica para alimentar as lâmpadas foi escolhido o sistema off-gridd, com o painel fotovoltaico captando a radiação solar ligado ao sistema que é composto por controlador de carga, baterias e inversor, foi possível ligar as lâmpadas produzindo luz artificial para utilização doméstica.

O sistema off-grid também conhecido como sistemas isolados

Ou ainda autônomos geram energia solar fotovoltaica sem se conectar a rede elétrica.

O sistema abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia e são geralmente construídos com um propósito local e específico.

Exemplos de uso são sistemas de bombeamento de água, eletrificação de cercas, geladeiras para armazenar vacinas, postes de luz, estações replicadoras de sinal, etc.

A energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento em períodos sem sol.

O sistema é composto por:

Painéis solares ou placas solares: São o coração do sistema e geram a energia elétrica que abastece as baterias. Tem a propriedade de transformar a radiação solar em corrente elétrica contínua. Um sistema pode ter apenas um painel ou vários painéis interligados entre si.

Controladores de carga: São a válvula do coração e garantem o correto abastecimento das baterias evitando sobrecargas e descargas profundas, aumentando sua vida útil.

Inversores: São o cérebro do sistema e tem a função de transformar corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC), e levar a tensão, por exemplo, de 12V para 127V. Em

alguns casos pode ser ligado a outro tipo de gerador ou à própria rede elétrica para abastecer as baterias.

Baterias: São o pulmão do sistema e armazenam a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que o sol não esteja presente e não haja outras fontes de energia.

Primeiro passo para a montagem do sistema foi a compra das células fotovoltaicas e dos componentes necessários para o sistema, e montagem dos painéis solares, serão usados o processo de soldagem ligação de fios, compra de matérias como células fotovoltaicas, conversores, multímetros, vidros com intuito de colocar as células entre dois vidros para cada painel. Nessa etapa foi feito o estudo da região de João pessoa no que diz respeito a disponibilidade da radiação solar usando o software Google Earth Engine (GOOGLE, 2019).

Segundo passo foi a montagem das baterias, essas que foram pegas nas ascare, logo são baterias já usadas e que foram descartadas, sendo assim tivemos que utilizar-las sabendo que a capacidade de armazenamento não estava 100%, para tornar a baterias mais potente foi feito arranjos de alocação das baterias em série para alcançar a maior amperagem e potencializar a bateria como se todas juntas se tornasse apenas uma mais potente, eliminando assim o problema de ineficiência gerado pela utilização passada dessas baterias.

Terceiro passo foi a ligação entre o painel montado a bateria, controlador de carga e inversor.

Quarto passo montagem da base para receber os painéis solares durante a captação de energia solar.

Quinto passo montagem da base para experimentos nas lâmpadas.

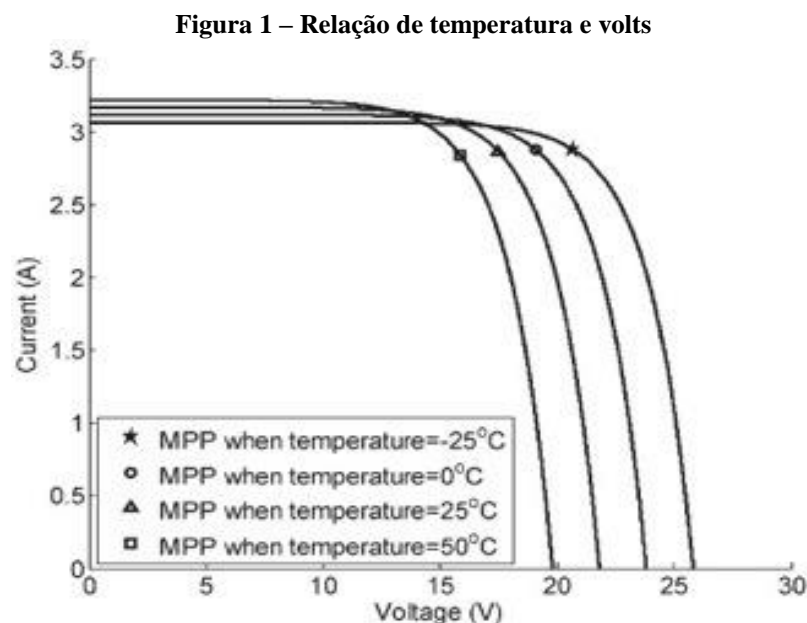
Sexto passo realização de testes nas lâmpadas, para saber o tempo de duração das baterias sem alimentação da radiação solar, no que insistiu em carregar as baterias com o painel solar durante o período da manhã, com isso , garantimos que as baterias que serão carregadas com energia fotovoltaica, no período da tarde serão feitos testes com uma lâmpada, desta forma será possível calcular o tempo de carga da bateria, que será descarregada posteriormente no processo de alimentar a lâmpada, com isso é possível analisar o tempo que a lâmpada fica ligada usando apenas as baterias recicladas, por fim serão feitos gráficos com os dados obtidos.

Os testes de carga e descarga foram feitos , sendo usado o microssistema de energia solar, e uma lâmpada, essa foi usada como o objeto que utiliza a energia e de acordo com energia consumida por ela que advém do painel solar foi analisado o tempo de duração que as baterias fornecem a energia elétrica.

Para estimar o potencial de radiação solar no local foi usado uma plataforma e banco de dados que contem imagens de satélite e conjuntos de dados geoespaciais de escala planetária, fornecidas para análise para pesquisadores, cientistas por exemplo para impulsionar trabalhos como o desenvolvido nesse trabalho, a plataforma usada foi o Google Earth Engine, sendo assim os dados buscados foram relacionados a radiação e temperatura em João Pessoa.(GOOGLE, 2019)

Esses dados foram escolhidos porque afetam diretamente na produção de energia em um painel fotovoltaico

Com relação a temperatura nos módulos fotovoltaicos, tem-se a operação de forma mais eficiente gerando assim mais energia quando a temperatura nos módulos estão baixas, assim como em outros eletrônicos, para ilustrar melhor essa relação existe um gráfico conhecido como curva Temperatura x Tensão, essa curva representa um módulo fotovoltaico nas condições STC onde a radiação é de  $1000\text{W/m}^2$  a uma temperatura ideal de  $25^\circ\text{C}$ , essa curva é bastante usada pelos fabricantes de painéis fotovoltaicos; A maior mensagem que esse gráfico passa é de que quanto maior a temperatura do painel fotovoltaico menor é a produção de energia, em alguns caso tem-se uma diminuição considerável, temos a seguir a Figura Amps x Volts com especificações de temperatura.



Fonte: Google (2019).

É importante salientar que existe uma diferença entre a temperatura do painel fotovoltaico e a temperatura ambiente, o que acontece é que a temperatura do painel é maior

que a temperatura ambiente já que o painel está sob a radiação solar constante e absorve a mesma, para melhor entender esses efeitos de temperatura sobre a produção de energia foram criados coeficientes de temperatura nas condições, cada fabricante tem uma forma diferente de oferecer esses coeficientes já que é um problema a diminuição da produção de energia, sendo assim os próprios fabricantes devem fornecer esses valores tendo o padrão de taxa de decrescimento de geração de potência em função da temperatura (o chamado “coeficiente de temperatura”, dado em  $\%/^{\circ}\text{C}$ , com valor negativo)., sendo o mais difundido o coeficiente TK, a seguir temos as especificações desse coeficiente:

Os valores de Tk são fornecidos para:

- tensão de circuito aberto –  $TkV_{oc}$
- Corrente de curto-circuito –  $TkI_{sc}$
- Potência Máxima –  $TkP_{mp}$
- Ocasionalmente para a tensão de potência máxima –  $TkV_{mp}$
- Potência Máxima ( $P_{mp}$ ): 240 W
- Tensão de Circuito aberto ( $V_{oc}$ ): 37,7 V
- Corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ): 8,4 A
- $TkP_{mp}$ : -0,46%/°C
- $TkV_{oc}$ : -0,32%/°C
- $TKI_{sc}$ : 0,011%/°C

Isto quer dizer que para cada grau Celsius que a temperatura do módulo estiver acima de 25°C, a potência máxima do módulo cairá 0,46% por cada grau acima dos 25°C, tensão de circuito aberto cairá 0,32% e a corrente de curto circuito aumentará em 0,011% por cada grau acima dos 25°C.

Já em dias mais frios onde a temperatura do módulo esteja abaixo de 25°C, a potência máxima do módulo aumentará em 0,46% por cada grau abaixo dos 25°C, a tensão de curto circuito aumentará em 0,32% e a corrente de curto circuito diminuirá em 0,011% por cada grau abaixo dos 25°C.

Com relação a radiação solar temos que quanto maior a disponibilidade da radiação no local melhor para obtenção e transformação da energia solar para uso diversos.

A forma feita para analisar o sistema, foi baseado em testes práticos, todos eles feitos em bancada de laboratório, os testes consistem em alcançar informações sobre o tempo de funcionamento do sistema sem a alimentação por parte dos painéis solares, isso porque a radiação útil para a produção solar só está presente durante um certo período do dia cerca de

10 horas por dia, tendo alguns picos durante esse período; Os testes foram feitos da seguinte forma : As baterias foram carregadas no período da manhã, pela tarde foram descarregadas sendo utilizadas para ligar lâmpadas de LED.

### 3.1 Sistema Off-Grid

O sistema off-grid de iluminação estudado é também conhecido como sistemas isolados ou ainda autônomos geram energia solar fotovoltaica sem se conectar a rede elétrica.

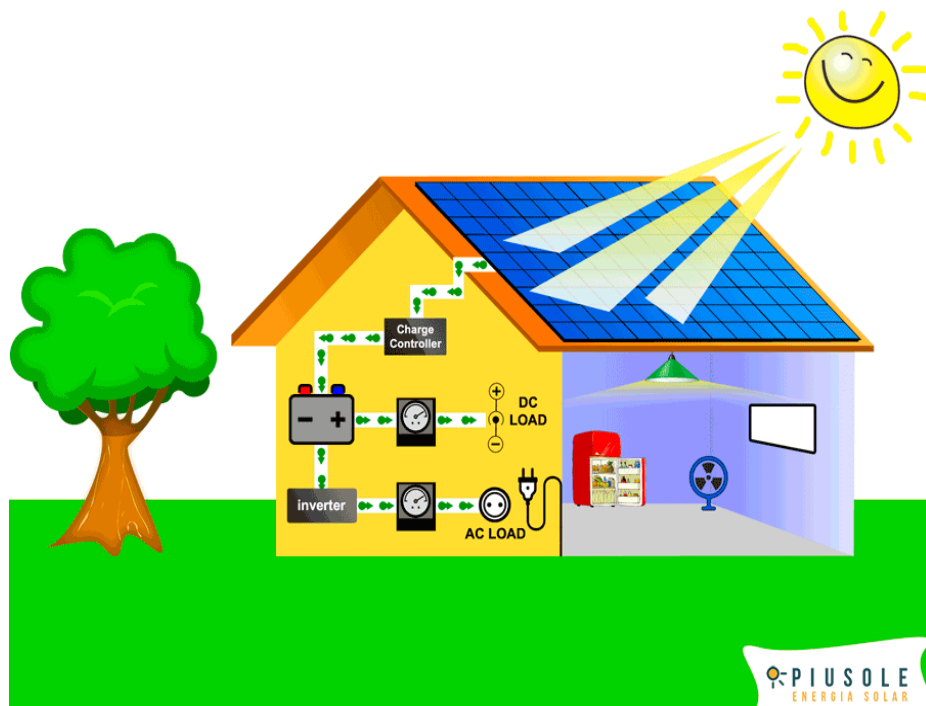
Ele é composto por:

- Pannel fotovoltaico captando a radiação solar
- Controlador de carga;
- Baterias e inversor;
- Lâmpadas produzindo luz artificial para utilização doméstica.

Ele deve cumprir os seguintes requisitos :

- O sistema abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia e são geralmente construídos com um propósito local e específico.
- Importante que as baterias fiquem separadas de material inflamável.
- Desnível de 20 graus para o norte para a máxima exposição ao sol dos painéis.

**Figura 2 – Fontes de energia usado no Brasil**



Fonte: Google (2019).



### 3.2 Descoberta das células fotovoltaicas

Para a escolha das células foram selecionadas basicamente as melhores e consolidadas no mercado observando suas potencialidades, sabe-se que o Brasil busca soluções para o futuro, buscando desenvolver pequenos módulos solares em regiões remotas afim de desenvolver uma política nacional para o setor.

Alexandre-Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico que é a base do funcionamento da célula fotovoltaica, físico francês que viveu no século XIX; o silício utilizado na célula fotovoltaica é um matéria abundante no globo terrestre O silício do latim: *silex*, sílex ou "pedra dura" é um elemento símbolo Si de número atômico 14, com massa atômica igual a 28 u. À temperatura ambiente, o silício encontra-se no estado sólido. Foi descoberto pelo químico sueco Jons Jacob Berzelius, em 1823. O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, perfazendo mais de 28% de sua massa (atrás somente do Oxigênio e seus 47% de composição da crosta)

Logo ele é bastante explorado em suas diversas formas que são o policristalino, monocristalino e amorfo.

Desenvolvimento acelerado da indústria de células solares se deu na década de 90, visando a expansão da utilização dessa energia nova e mais limpa que as tradicionais houve investimentos mundiais para demonstrar o potencial técnico-comercial do produto

Segundo Nascimento (2004, p. 13):

[...]a energia solar fotovoltaica tem como “vocação” a utilização em pequenas instalações (pequenas cargas) que torna, econômica, eficiente e segura. O Brasil dispõe de um dos maiores potenciais do mundo para o aproveitamento de energias renováveis principalmente a energia solar, e além de ecologicamente correto, é uma fonte inesgotável de energia.

### 3.3 Energia fotovoltaica no Brasil

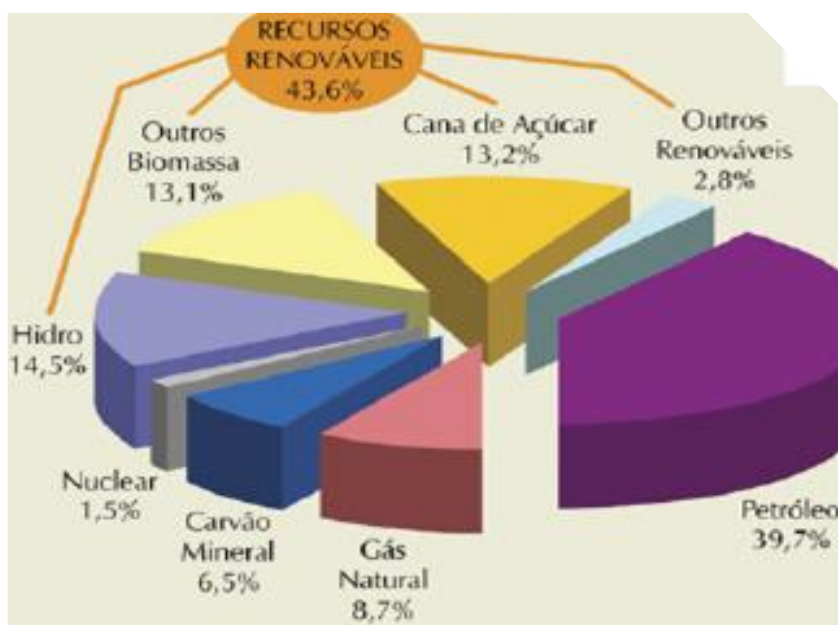
Atualmente temos a energia hidráulica como principal fonte de energia para geração de eletricidade no nosso país, apesar de ser considerada uma fonte energética limpa as usinas hidroelétricas causam um impacto ambiental ainda não deu andamento avaliado por causa das grandes áreas alagáveis que são produzidas nas construções e funcionamento, sendo assim temos impactos também social já que é necessário a retirada de populações que habitem as margens dos rios, população essa que pode ser de povos nativos como índios na região norte do Brasil potencializando assim os problemas.

Vale salientar que dentre as fontes renováveis de energia elétrica, a eólica é a que vem recebendo muitos investimentos devido ao programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica (PROINFA), coordenado pelo ministério de Minas energia. Por outro lado sabemos que grande parte do Brasil está localizado na região inter-tropical, ou seja tem um grande potencial de aproveitamento de energia solar durante o ano, mesmo assim hoje em dia essa energia ainda tem uma participação ínfima na matriz energética brasileira, apenas a energia solar térmica vem chamando sendo usada pelo mercado nacional em serviços de hotelaria e na indústria mais frequentemente, apesar de a energia solar fotovoltaica está sendo vista com muito bons olhos para o futuro.

Os índices de radiação solar na região semiárido são os melhores, com valores geralmente de 1.752 a 2.190 kWh/m<sup>2</sup> por ano de radiação incidente, isso mostra uma vantagem competitiva no ramo quando se comparado a países industrializados que procuram também a utilização de energia solar fotovoltaica.

Atualmente, o mercado brasileiro é totalmente atendido por empresas multinacionais, sendo que alguns compradores que sustentam esse mercado como o mercado de telecomunicações, a empresa Petrobrás, alguns usuários particulares e o programa rural “Luz par todos “. A energia solar é uma solução para áreas mais distantes das ligações elétricas convencionais principalmente num país de escalas continentais como o Brasil.

**Figura 3 – Fontes de energia usado no Brasil**



Fonte: Google (2019).

A indústria nacional brasileira voltada ao ramo de energia solar teve seu início apenas na década de 70, através da área de telecomunicações, Fone-Mat, produzindo assim módulos a partir de células importadas de uma empresa dos estados Unidos. Em 1981 foi criada uma lei chamada, lei da informática que protegia o mercado interno eletrônico, por terem muitos componentes eletrônicos nos painéis solares eles foram inseridos nessa lei, trazendo assim desenvolvimento para indústria do ramo de painéis solares por um período de 10 anos.

Nas universidades públicas federais e estaduais a alguns anos atrás era possível ver uma dedicação na produção de pesquisas sobre energias renováveis, alguns centros de pesquisas foram criados, que visavam o aprimoramento dos componentes do sistema fotovoltaico, componentes esse que foram usados para produção do trabalho atual, onde controladores de cargas e baterias eletroquímicas eram estudados com mais afinco, vale ressaltar que foram criados programas interdisciplinares de pós-graduação que incluíam no currículo atividades práticas de criação de projetos piloto com aplicação nas comunidades rurais; Nesse meio de pesquisa e extensão das universidades alguns projetos muito importantes foram elaborados, como no sertão pernambucano e nas comunidades caboclas do rio Solimões no Amazonas, esses projetos foram desenvolvidos respectivamente pelo núcleo de apoio a projetos de energia renovável – NAPER, da universidade Federal de Pernambuco e pelo laboratório de sistemas fotovoltaicos do Instituto de eletrotécnica e energia da universidade de São Paulo – LSF-IEE/USP.

Uma concessionária de energia que mantém um programa de pré-eletrificação em comunidade do vale o Jequitinhonha é a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. é uma das principais concessionárias de energia elétrica do Brasil - CEMIG, isto é mantido até que a rede convencional possa ser estendida até lá, essa atitude é exclusiva não sendo repetida por demais concessionárias do país.

### **3.4 Vantagens e desvantagens**

Com relação a vantagem da energia fotovoltaica temos que deixar bem claro que é uma energia limpa, onde o módulo montado tem vida superior a 25 anos necessitando de pouca manutenção, após a instalação não é necessária uma presença constante no local e cobranças mensais já que o sol nasce todos os dias de forma gratuita, portanto listei algumas vantagens pontuais e em seguida um esclarecimento maior sobre a vantagem da utilização.

Principais vantagens:

- Não é necessário combustível
- Não emite ruídos
- Tem vida útil de 25 anos
- Permite variar a potência instalada por meio de incorporações de módulos ou retiradas.
- É resistente a mudanças climáticas.

Vantagens: A utilização da energia solar traz benefícios a longo prazo para o país, viabiliza o desenvolvimento de regiões remotas onde o custo da eletrificação pela rede convencional é demasiadamente alto em comparação ao retorno financeiro do investimento, regulando a oferta de energia em períodos de estiagem, diminuindo a dependência do mercado de petróleo e reduzindo as emissões de gases poluente à atmosfera como estabelecido na conferência de Kioto. Existe assim um grande arsenal de possibilidades a médio e longo prazo para o aproveitamento dessa abundante forma de energia, que vai desde sistemas fotovoltaicos pequenos autônomos como o que foi desenvolvido nesse trabalho até grandes centrais que empregam energia renovável concentrada, ou sistema de produção de hidrogênio para utilizar em células de combustível.

Com relação a desvantagens temos alguns pontos importantes a serem explanados, são eles;

- O custo ainda é alto.
- A obtenção do silício é de forma perigosa para os trabalhadores, por ser feito através da mineração e é uma substância tóxica, podendo contaminar o meio ambiente até na forma do descarte do material.
- É necessária uma tecnologia sofisticada para a produção das células fotovoltaicas
- O rendimento é atrelado a radiação e temperatura do local, se tiver muitas nuvens pode afetar diretamente a produção.

### 3.5 Entendendo a célula fotovoltaica

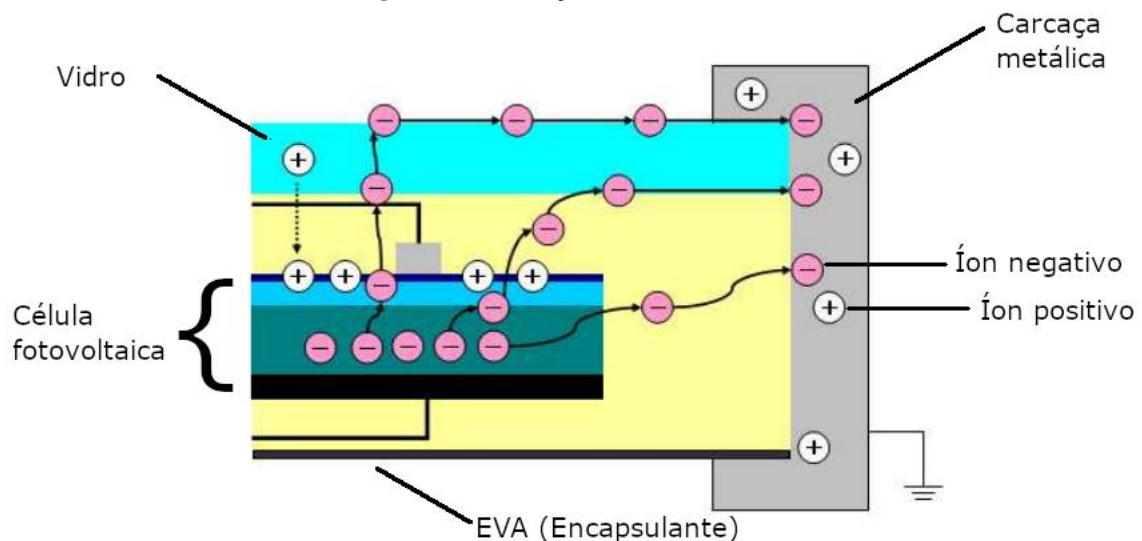
A célula fotovoltaica é fabricada com material semi-condutor, portanto fica no meio entre um material isolante e um condutor

**Dopagem eletrônica** ou simplesmente **dopagem**, é a adição de impurezas químicas elementares no caso o fósforo em elemento químico semicondutor puro que é o silício tipo N, com a finalidade de dotá-los de propriedades de condução com elétrons livres ou seja material com carga negativa controlada específica para aplicação em dispositivos eletrônicos

elementares de circuitos, fazendo o mesmo processo agora ao invés do fósforo acrescenta-se boro o efeito que se obtém o inverso do anterior ou seja ao invés de conseguir elétrons livres tem-se a falta desses elétrons ou seja material com carga positiva livres, chama-se de silício tipo P.

Assim cada célula tem uma parte de silício do tipo N e outra parte do Tipo P, como representado na Figura 4 a seguir:

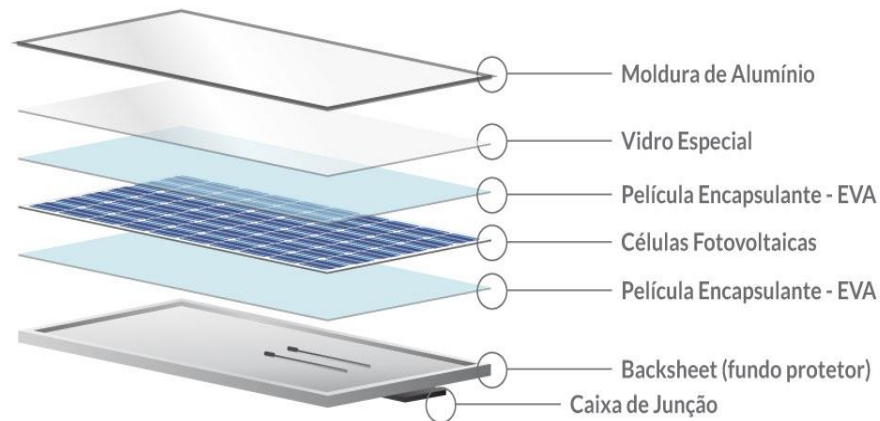
**Figura 4 – Ilustração da célula fotovoltaica**



Fonte: Google (2019).

Sendo separadas as partes são eletricamente neutras mas quando juntas formam um campo elétrico que naturalmente se organizam-se os elétrons do lado do silício N se locomovem para a estrutura de silício P, a luz do sol faz o papel de agitar os elétrons através dos fótons de tal forma que eles se chocam e se movimentem transformando em condutores, ou seja os fótons fazem com que os eletros ganhem energia e se deslocam da camada P para a camada N, portanto enquanto a luz solar estiver incidindo existirá o choque dos fótons carregando assim a célula fotovoltaica e fazendo com que exista o fluxo de elétrons ou seja corrente elétrica.

**Figura 5 – Camadas da célula fotovoltaica**



Fonte: Google (2019).

**Figura 6 – Célula fotovoltaica monocristalina**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### 3.6 Entendendo as baterias

Segundo Michelin (2019, p.15):

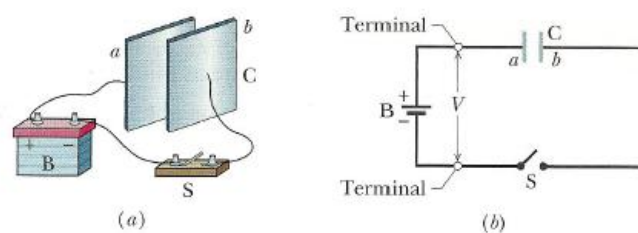
Uma bateria é um dispositivo que converte a energia química contida em seus materiais ativos, diretamente em energia elétrica, por meio de uma reação eletroquímica de oxidação e redução. Essa reação química envolve a transferência de elétrons dos materiais que se oxidam para os materiais que se reduzem através de um circuito elétrico. No caso de um sistema recarregável, a bateria é recarregada por uma inversão desse processo.

Para melhor entendimento de uma bateria teremos que entender o que é capacitância e um capacitor, temos que um capacitor é um dispositivo usado para armazenar energia elétrica, enquanto que a capacitância é a grandeza que determina a quantidade de carga que um capacitor consegue armazenar.

Segundo Halliday (2009, p.113):

Uma forma de carregar um capacitor é colocá-lo em um circuito elétrico com uma bateria. Circuito elétrico é um caminho fechado que pode ser percorrido por uma corrente elétrica. Bateria é um dispositivo que mantém uma certa diferença de potencial entre dois terminais (pontos nos quais cargas podem entrar ou sair da bateria) através de reação eletroquímicas nas quais forças elétricas movimentam cargas no interior do dispositivo.

**Figura 7 – Bateria e capacitor**



Fonte: Halliday(2009, p.112)

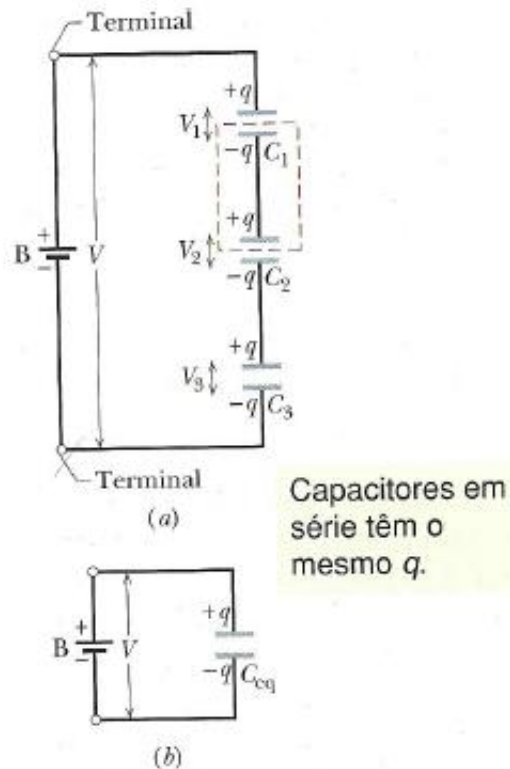
Temos que em (a) circuitos formado por uma bateria B, uma chave S e as placas a e b de um capacitor C. (b) diagrama esquemático no qual os elementos do circuito são representados por símbolos.

Sendo assim para a produção da bateria foi necessário várias baterias pequenas, para produzir uma única de maior tamanho e maior capacidade de armazenamento, para atingir a Amperagem e voltagem desejada foi feito um arranjo das baterias em série, para entender melhor o porquê disso vamos discutir os efeitos de colocar as baterias em série e suas consequências.

Segundo o Halliday (2009) – “A expressão “em série” significa que os capacitores são ligados em sequência, um após o outro, e uma diferença de potencial  $V$  é aplicada às extremidades do conjunto, onde essa diferença de potencial é oferecida pela bateria.”

A seguir temos as equações:

Figura 8 – Ilustração de capacitores



Fonte: Halliday (2009, p.117).

Temos que (a) três capacitores ligados em série a uma bateria B. A bateria estabelecer uma diferença de potencial  $V$  entre a placa superior e a placa inferior. (b) os três capacitores podem ser substituídos por um capacitor equivalente

Temos que para obter o valor de  $C'$  é necessário determinar as diferenças de potencial entre as placas :

$$V_1 = \frac{q}{C_1}, V_2 = \frac{q}{C_2} \text{ e } V_3 = \frac{q}{C_3} \quad \dots\dots\dots(1)$$

A diferença de potencial  $V$  total produzida pela bateria é a soma das três diferenças de potencial. Assim,

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right). \quad \dots\dots\dots(2)$$



Logo a capacitância equivalente é:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots\dots\dots(3)$$

Baterias de níquel - cádmio é uma bateria que tem uma longa vida útil robusta e com preço reduzido no mercado. Vantagens das baterias NICD: carga rápida e simples mesmo após armazenagem. Alto número de ciclos de carga e descarga. Bom desempenho de carga. Essas baterias permitem recarga em baixas temperaturas. Longa vida na condição de armazenagem. Bom desempenho mesmo sendo sobrecarregada. Quanto ao descarte ela é muito perigosa ao meio ambiente, tão perigosa que o níquel-cádmio foi banido da europa em 2009, esse tipo de substancia é perigosa para a saúde humana e corre o risco de entrar na cadeia alimentar do ser humano através do descarte errado no meio ambiente.

**Figura 9 – Ligando baterias em série**



Fonte: Michelin (2019, p.29).

### **Baterias de níquel- hidreto metálico**

Tem uma densidade maior de energia comparada com a anterior chegando a oferecer 100% a mais de energia, porém sua vida útil é reduzida, o sucesso dessas baterias se dão pela utilização de metais não tóxicos, devido as preocupações ambientais a substituição da bateria anterior por essa vem sendo feito em muitos lugares do mundo.

**Figura 10 – Ligando baterias em série**



Fonte: Michelin (2019, p.47).

### **Baterias seladas de chumbo-ácido**

Esse tipo de bateria é a mais econômica dentre as expostas nesse trabalho, é bastante usadas em equipamentos hospitalares, em automóveis e nobreaks, dentre as baterias atuais essa é a que apresenta a menor densidade de energia, conhecida também por ter uma ótima retenção de carga durante a utilização dela, se compararmos a autodescarga é de 40% em um ano enquanto que na NiCa é de 40% em três meses.

Vale salientar que o processo de reciclagem é simples, isso porque temos que 70% é chumbo reutilizável e 50% da oferta de chumbo vem de baterias recicláveis, além de simples o processo é rentável o chumbo é fácil de extrair e pode ser reutilizado várias vezes.

**Figura 11 – Ligando baterias em série**



Fonte: Michelin (2019, p.75).

### **Baterias de íons de Lítio(LI-Ion)**

É uma tecnologia nova, tem uma boa densidade de energia e é leve, é composta por quatro principais partes, são elas : Catodo (terminal positivo), Anodo (terminal negativo), Eletrólito e separador poroso.

O impacto no meio ambiente é menor do que a de chumbo e a base de cádmio, lado negativo é que ela envelhece mesmo sem a utilização da bateria.

Figura 12 – Ligando baterias em série



Fonte: Michelin (2019, p.77).

### 3.7 Entendendo a ligação entre baterias

Com essas explicações temos que para uma bateria de 12 Volts necessários para abastecer o sistema elétrico, foi preciso colocar as baterias em série para que somando as baterias menores se alcance o valor desejado, a relação entre baterias e a tensão obtida pela ligação em série é : tensão das baterias em série = tensão de uma célula x número de células em série, enquanto que capacidade das baterias em série = capacidade de uma célula em série.

Vale salientar que tensão é a **diferença** do potencial elétrico entre dois pontos, esta **diferença** é medida em **volts**. Quanto maior for a voltagem de um aparelho, mais energia poderá fluir, mesmo se a intensidade da corrente (medida em **amperes**) for a mesma.

Figura 13 – Ligando baterias em série



Fonte: Google (2019).

### 3.8 Tipos de lâmpadas e lâmpadas de LED

São diversos tipos de lâmpadas que cobrem praticamente todos os campos de aplicações.

Para distinguir melhor é preciso conhecer a função e indicação de cada uma, a seguir temos os principais modelos disponíveis no mercado: lâmpadas incandescentes, fluorescentes, halógenas e lâmpadas de LED.

- **Lâmpadas incandescentes**
  - são as mais antigas no mercado;
  - são indicadas para uso residencial e comercial também estão presentes na iluminação interna de geladeiras e fogões;
  - eficiência luminosa baixa (15 lm/W) ;
  - vida útil baixa em média cerca de 1000 horas;
  - luz é amarelada e emite calor;
  - grande consumidora de energia.
- **Lâmpadas fluorescentes**
  - apresentam alta eficiência (de 50 a 80 lm/W)
  - podem durar acima de 10 mil horas e têm
  - baixo consumo de energia.
  - três modelos: tubular, compacta eletrônica e compacta não integrada.
  - cores branca ou azulada,
- **Lâmpadas halógenas**
  - semelhante ao das incandescentes, diferencia por ter halogênio em sua constituição;
  - Vantagem de recuperar o calor libertado, mais econômica que as lâmpadas incandescentes;
  - vida útil de até 4000 horas e um rendimento de cerca de 25 lm/W.

**Figura 14 – Tipos de lâmpadas**



Fonte: Google (2019).

- **Lâmpadas LEDs**

O **diodo emissor de luz** (sigla **LED**, em inglês: *light-emitting diode*)

- mais tecnológica disponível no mercado.
- Sua tecnologia converte energia elétrica diretamente em energia luminosa
- consumo de energia é muito baixo
- apresenta uma vida extremamente longa aproximadamente 25 mil horas.
- com apenas 10 W iluminam o mesmo que a incandescente de 60 W, gerando uma redução de mais de 80%.

**Figura 15 – Lâmpadas LED**



Fonte: Google (2019).

### **3.9 Unindo as células fotovoltaicas**

Temos 4 módulos solares onde cada módulo apresenta 9 células monocristalina ligadas em série, para essa união foi usado uma fita metálica e um soldador, esse processo foi realizado pela equipe que produz todo o sistema no qual eu participei.

Essa trilha feita pela fita metálica na prática serve para recolher os elétrons agitados pela radiação solar, fazendo com que sigam o caminho deles passando de um lado do módulo solar Positivo para o outro lado de cargas negativas e virse e versa, sendo possível assim o emparelhamento de todas as células fotovoltaicas e em seguida os quatro módulos colocados em paralelo.

**Conexão em série:** conectando todos os polos positivos dos painéis da instalação solar e, depois, pela conexão de todos os polos negativos. Deste modo, modifica-se a voltagem ou tensão (volts) dos painéis solares, enquanto a sua intensidade mantida (amperes).

4 módulos, cada um tem 48v de tensão e 5A de corrente, igual a **240W**

**Figura 16 - Figura processo de junção das células**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).



## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Estudo da disponibilidade solar na região

Primeiro passo acessa: <https://earthengine.google.com/> , no site, será necessário fazer o login para ter acesso aos dados desejados.

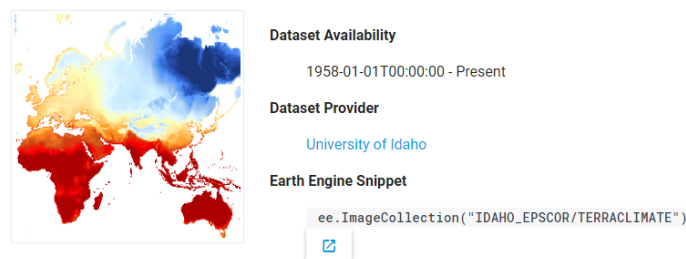
É necessário acessar o datasets, primeira opção da esquerda pra direita no canto superior central.

Sendo efetuado essa etapa será encaminhado pelo google ara uma página da web, nessa página terá muitas bases de dados que são disponibilizadas, essas bases de dados trazem informações diferentes umas das outras, algumas sobre atmosfera, clima, terreno, imagens do Landsat, etc, sendo assim é necessário a escolha de uma base de dados útil para a análise da temperatura e radiação solar no local que foi implantado as células solares. (GOOGLE, 2019).

A base de dados escolhida é Terraclimate, apresentada na Figura 4 a seguir:

**Figura 17 – Banco de dados usado**

TerraClimate: Monthly Climate and Climatic Water Balance for  
Global Terrestrial Surfaces, University of Idaho



Fonte: Google (2019).

O terraclimate traz um conjunto de dados climáticos e balanço hídrico, dados que são mensais da superfície terrestre.

onceitualmente, o procedimento aplica anomalias interpoladas variantes no tempo da CRU Ts4.0 / JRA55 à climatologia de alta resolução para criar um conjunto de dados de alta resolução espacial.

Temos que Projeto CRU Ts4.0 / JRA55 são dados obtidos durante análises de anos passado sendo o Japonês de Reanálise de 55 anos (JRA) é o segundo projeto de reanálise japonesa conduzido pela Agência Meteorológica do Japão (JMA), enquanto que o conjunto de

dados da CRU TS foi desenvolvido e foi subsequentemente atualizado, aprimorado e mantido com o apoio de vários financiadores

Será necessário extrair essas informações através de uma decodificação na linguagem C de programação, para isso é disponibilizado no software um editor de códigos,

Nesse editor será escrito na linguagem e C para buscar os dados de temperatura e radiação solar na região desejada sendo selecionado os parâmetros corretos de temperatura e radiação solar numa escala de 30 anos entre os anos de 1985 a 2015, temos que, radiação de onda curta (srad), (0.1), temperatura máxima (tmx) (0.1) nas coordenadas geográficas do laboratório do PRODEMA onde foram realizados os experimentos.

Feito essa busca de dados foi utilizado o Excel para gerar alguns gráficos já que a base de dados é fornecida com o mês e os números correspondente a cada mês, sendo organizado e utilizando o excel é possível gerar gráficos, esses permitem um melhor entendimento da disposição oferecida de forma natural na região.

A célula utilizada foi do tipo mono cristalino, esse que é o mais eficiente comercialmente dentre os três mencionados anteriormente, sua eficiência está entre 16% e 23%, logo ocupam menos espaço também já que sua eficiência é maior além de ter uma vida útil de até 30 anos com garantia de 25 anos.

A fabricação da célula de silício se dá com a extração do cristal de dióxido de silício, através da mineração, em seguida barras cilíndricas são colocadas em fornos especiais. Esse procedimento atinge um grau de pureza em 98 e 99% o que é suficiente sob o ponto de vista energético e custo. Este silício para funcionar como células fotovoltaicas necessita de outros dispositivos semicondutores como já foi explicado e de um grau de pureza maior devendo chegar na faixa de 99,9999%.

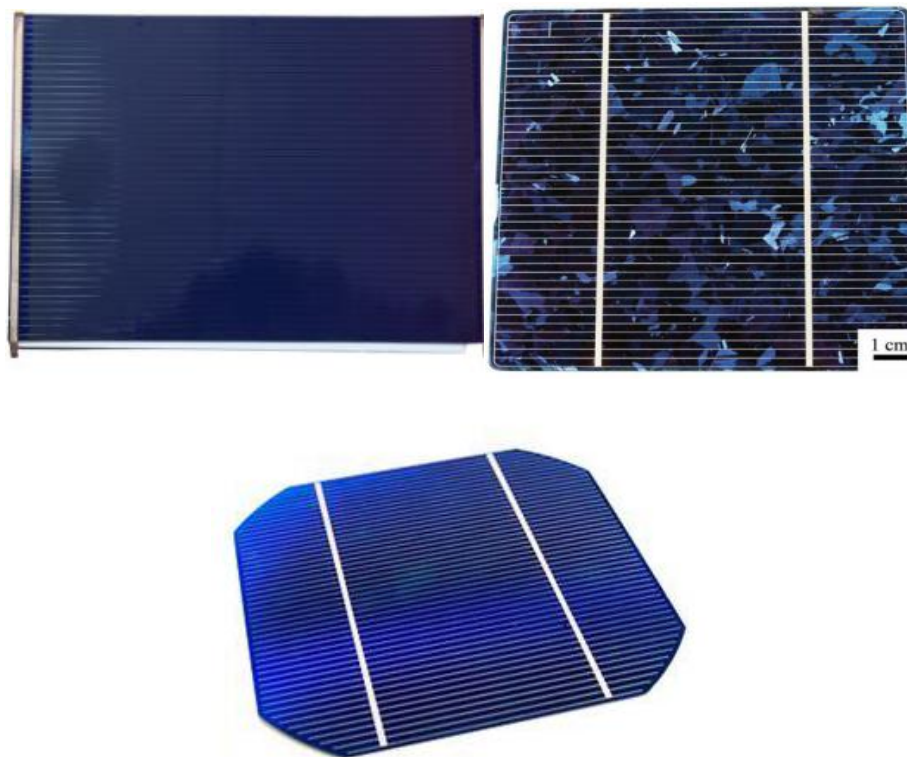
Para o melhor entendimento temos três principais tipos de células fotovoltaicas, são elas : silício monocristalino, silício policristalino, silício amorfo.

- Silício monocristalino : Estas são obtidas a partir de barras cilíndricas do silício monocristalino produzidas a partir de fornos específicos, são elas feitas por cortes das barras em formas menores de pastilhas finas entre 0,4 e 0,5 mm<sup>2</sup>, ao fim do processo obtém-se uma célula com uma eficiência na conversão da luz solar em eletricidade superior a 12%.
- Silício policristalino: São produzidas a partir do silício obtido por fusão de silício puro em moldes de blocos, quando colocados nos moldes o silício

esfria lentamente e naturalmente se solidifica, durante o processo forma-se uma estrutura policristalina com superfície de separação cristalina, sua eficiência é ligeiramente menor que a célula anterior.

- Células de silício amorfo : São obtidas através da deposição de várias camadas finas de silício sobre uma superfície que serve como base, sendo ela de vidro ou metal, quando esfriada e solidificada chega a produzir uma eficiência de conversão entre 4% e 7%.

**Figura 18 – Ilustração dos três tipos de células fotovoltaicas**



Fonte: Google (2019).

## 4.2 Aquisição das baterias

Para que a energia seja usada é necessário os meios para isto, foi escolhido baterias de notebook em desuso, reutilizando elas juntando-as da maneira correta pôde produzir uma bateria nova e de bom uso, de tal forma que as baterias produz bons resultados cujo são usados para ligar eletrodomésticos inclusive, todos os resultados foram tabelados e testados.

**Figura 19 - Baterias adquiridas na ASCARE**



Fonte: Ascare (2019).

A ASCARE(Associação dos Catadores e Recicláveis) é uma associação de catadores de reciclagem direcionada a promover a redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da população do município de Cabedelo, tendo em seus membros o objetivo de promover o desenvolvimento social de pessoas carentes e promover a dignidade no trabalho realizado. Segundo Gouveia (2012) a produção média de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é de aproximadamente 1 Kg por habitante/dia no país. E segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Brasil diariamente, são coletadas entre 180 e 250 mil toneladas RSU.

A geração de resíduos sólidos pode se tornar um problema sério para a sociedade, caso não sejam tomados os meios corretos para destiná-los adequadamente, Visto a grande quantidade de lixo que é gerado nas cidades, o meio ambiente pode ser afetado gravemente, pois o compromisso com o descarte consciente e o descarte para reciclagem deixa muito a desejar; Algumas campanhas são feitas pela prefeitura com o objetivo de diminuir os impactos do descarte inadequado dos resíduos sólidos, como por exemplo: ‘Cata-Treco’, ‘Emlur no Meu Bairro’, ‘Coletores’, ‘Limpinho 3R’ e aplicativo ‘Olha isso, Limpinho’ que tiveram início no ano de 2013.A ASCARE (Associação dos Catadores e Recicláveis) é a

associação de catadores de resíduos recicláveis de João Pessoa, constituindo-se numa ação de cidadãos e cidadãs de município.

A Idea e a construção de todo o sistema elétrico fundado em energia solar fotovoltaica- e renovável visa fazer uso do máximo possível de componentes de origem reciclável, para isso foram usadas as baterias para armazenamento da energia elétrica produzida pelo sistema, que foram doadas pela Associação dos Catadores de Reciclagem de Cabedelo - PB (ACARE), empresa que coleta e recicla componentes tecnológicos descartados pela UFPB, o que torna o projeto ecológico.

**Figura 20 - Baterias de notebooks da forma que é descartada**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Essa foi a forma com que foram recolhidas as baterias, sendo necessário então a abertura da estrutura plástica, e o desmonte para em seguida fazer a separação das baterias individualmente, já que o objetivo é a montagem de uma bateria nova para um uso específico, que no presente sistema se refere ao armazenamento de energia solar.

**Figura 21 - Carcaça das baterias de notebooks**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 22 – Baterias recolhidas e separadas**



(A)



(B)



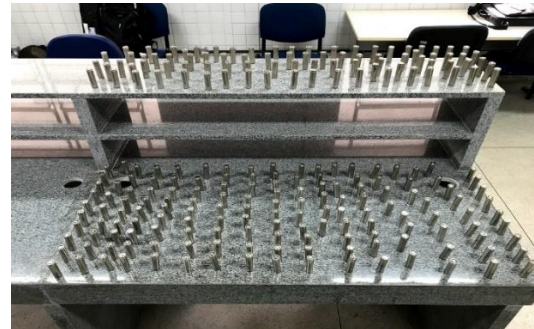


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 23 – Baterias recolhidas e separadas**



(A)



(B)



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### 4.3 Envelopamento das baterias

Muitas das vezes uma única bateria não é o suficiente para fornecer a tensão ou a corrente necessária para o sistema, logo se torna necessário a montagem de várias baterias em conjunto, esses conjuntos podem ser alocados em série ou em paralelo e são comumente chamados de “packs de baterias”, que são feitos para combinar baterias individuais, com a combinação de várias diferentes ou parecidas se obtém uma capacidade ou tensão diferente.

O envelopamento foi feito com o objetivo de proteger a bateria e o equipamento, no caso de evitar um mal funcionamento.

**Figura 24 – Material usado para envelopamento**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).



**Figura 25 – Baterias sendo envelopadas**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

#### **4.4 Finalizando as baterias**

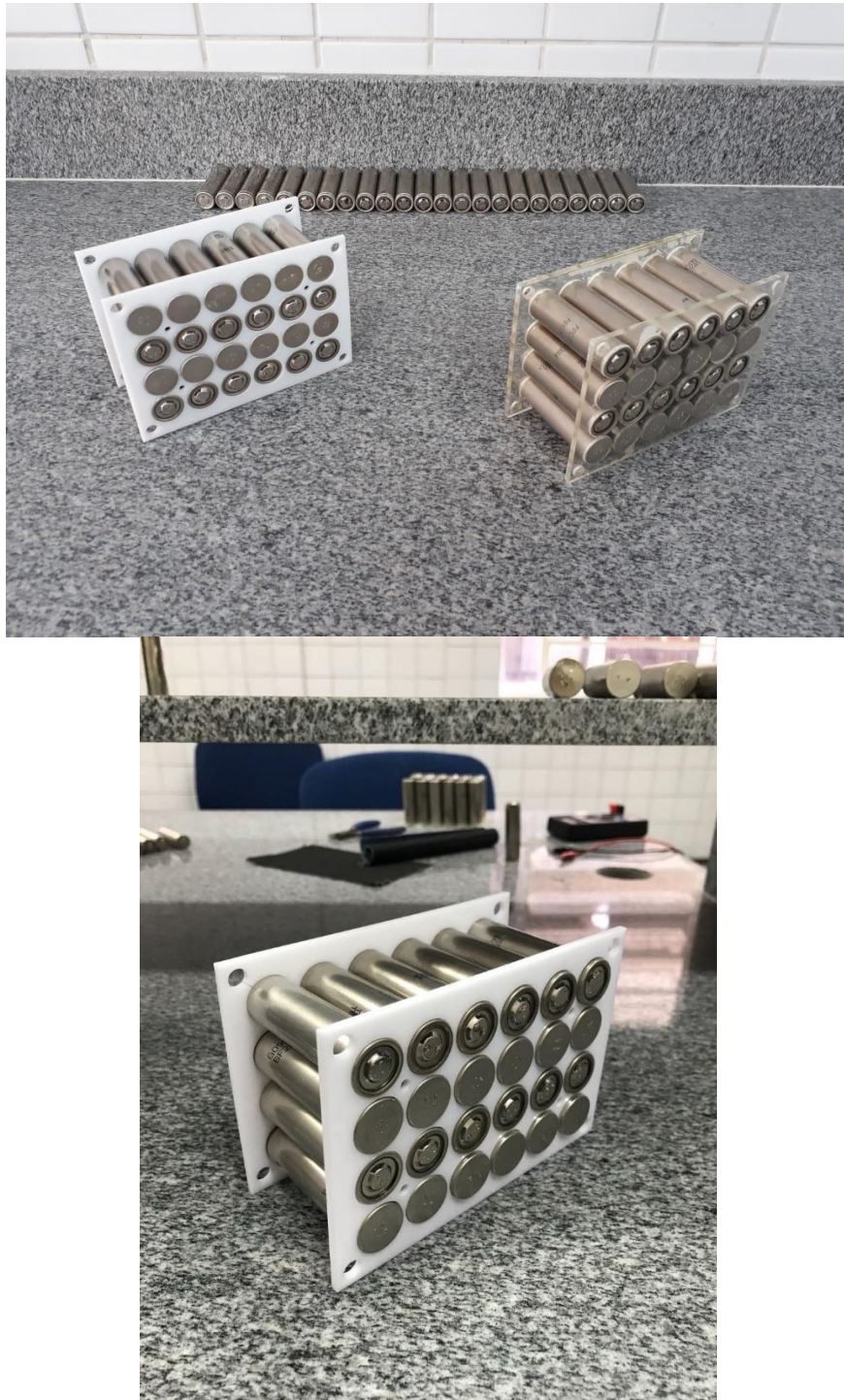
**Figura 26 - Estrutura do pack da bateria**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

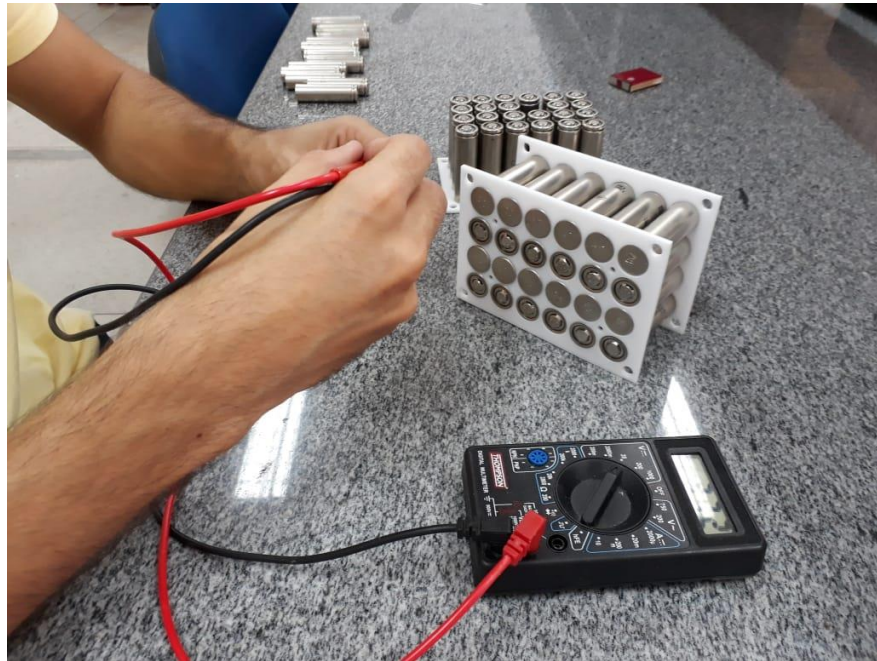
As baterias utilizadas precisaram de uma estrutura de plástico com o intuito de recebe-las e serem dispostas no modelo de pack de baterias, para isso foi projetado a estrutura plástica com o diâmetro ligeiramente maior do que o diâmetro das baterias para sua colocação e organização devidas.

**Figura 27 - Baterias produzidas**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 28 – Teste com multímetro**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Após o alocamento todas as baterias foram testadas com um multímetro com o objetivo de analisar todas as baterias enquanto seu funcionamento e condições de uso.

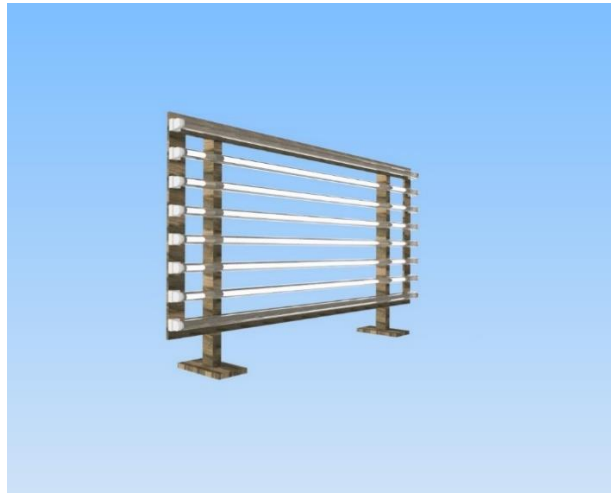
## **4.5 Ligação entre todo o sistema**

### **4.5.1 Entendendo os testes**

Para os testes nas lâmpadas de LED, foi preciso fazer o projeto, esse projeto feito no software Auto Cad, para em seguida construir a estrutura a ser alocada na bancada de testes, cujo resultados foram apresentados como prova da eficiência do sistema montado, essa estrutura foi composta por duas bases e duas estruturas verticais, estruturas essa que comportam até oito lâmpadas a serem ligadas com a energia solar.



**Figura 29 - Estrutura pronta na bancada de testes**

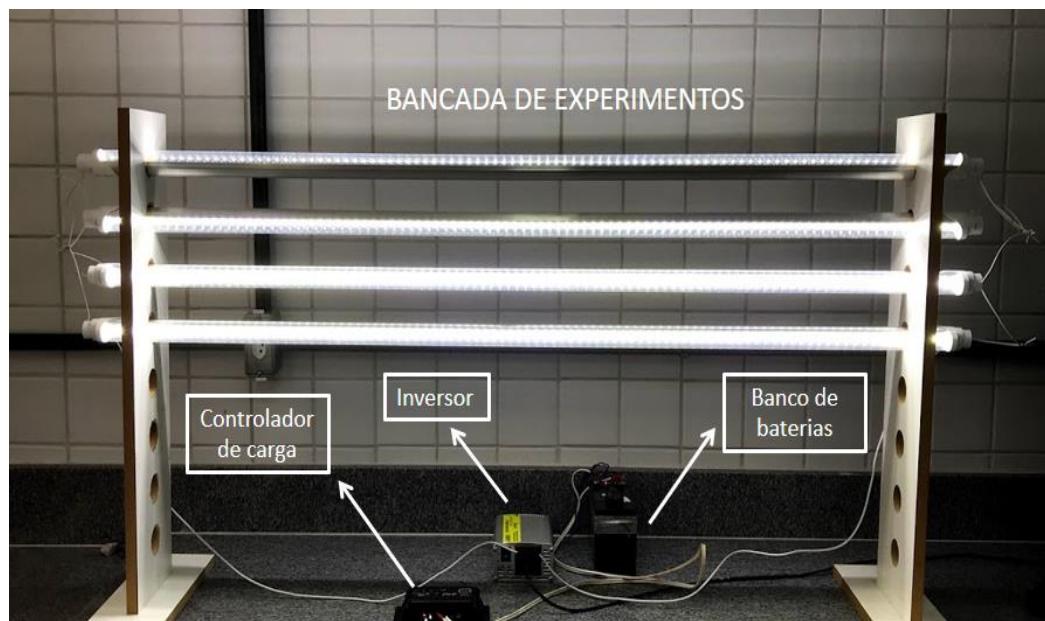


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Essa estrutura teve no projeto as medidas de 130cm x 60cm, com oito compartimentos para receber as lâmpadas de LED, esses compartimentos foram feitos na lateral externa das duas laterais esquerda e direita de madeira com o intuito de receber as lâmpadas cilíndricas.

#### 4.5.2 Projeto

**Figura 30 - Realização dos testes**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A relação entre a tensão e a corrente de saída do módulo fotovoltaico pode ser expressa por:

$$I = I_{pv} - I_o \left[ \exp\left(\frac{V + R_s \cdot I}{m \cdot V_t}\right) - 1 \right] - \frac{V + R_s \cdot I}{R_p} \quad (4)$$

Onde:

$I_o$  = Corrente de saturação reversa do diodo;

$I_{pv}$  = Corrente fotoelétrica;

$V_t$  = Tensão térmica do módulo;

$m$  = Constante de idealidade do diodo ( $1,0 \leq 1,5$ );

A tensão térmica ( $V_t$ ) do módulo é calculada em função do número de células conectadas em série ( $N_s$ ), da constante de Boltzmann ( $k=1,380650310 \cdot 10^{-23}$  J/K), da carga do elétron ( $q=1,60217646 \cdot 10^{-19}$  C) e da temperatura  $T$  na junção P-N. Seu cálculo pode ser obtido por (10)

$$V_t = \frac{N_s \cdot k \cdot T}{q} \quad (5)$$

A corrente fotoelétrica ( $I_{pv}$ ) varia linearmente com a temperatura e tem relação diretamente proporcional com a irradiância. Essa corrente é determinada em geral considerando-se as condições padronizadas ( $G_n = 1000 \text{ W/m}^2$  e  $T_n = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

$$I_{pv} = (I_{pvn} + K_i \cdot \Delta T) \frac{G}{G_n} \quad (6)$$

Nesta equação,  $G$  é a irradiância ( $\text{W/m}^2$ ) e  $K_i$  é o coeficiente de variação da corrente fotoelétrica com a temperatura.

Já a corrente de saturação reversa do diodo ( $I_o$ ) depende de alguns parâmetros como o coeficiente de difusão de elétrons no interior da junção P-N. A corrente de saturação possui também uma dependência importante em relação a temperatura.

$$I_o = \frac{I_{scn} + k_i \cdot \Delta T}{\exp\left(\frac{V_{ocn} + K_v \cdot \Delta T}{m \cdot V_t}\right) - 1} \quad (7)$$

Onde :

$K_v$  = Coeficiente de variação da tensão de circuito aberto com a temperatura;

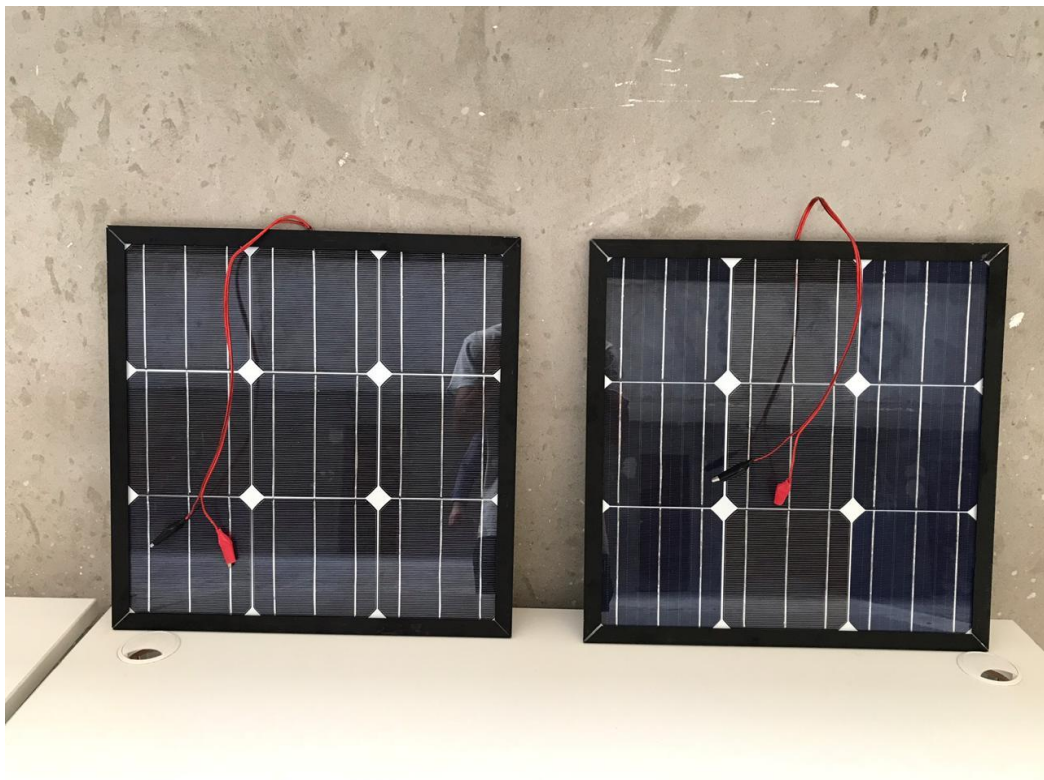
$I_{scn}$  = Corrente de curto circuito;

$V_{ocn}$  = Tensão de circuito aberto nas condições padronizadas;

## 5 RESULTADOS

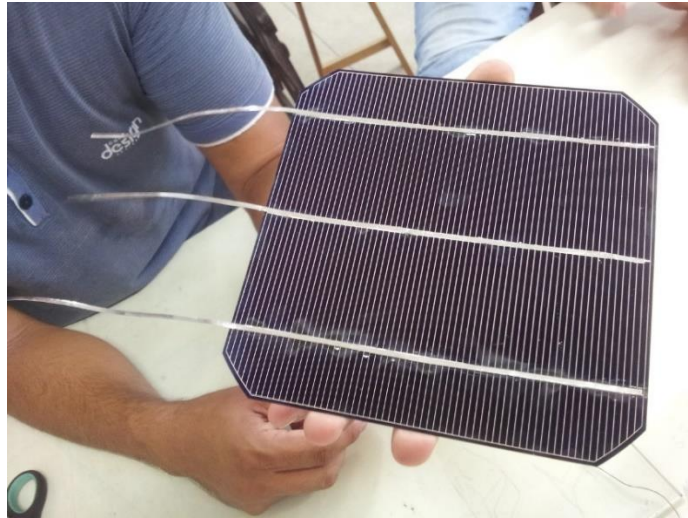
Com todo o processo de montagem seguindo os passos sequencias citados na metodologia, com a compra e montagem do sistema, obteve-se todo os componentes a seguir:

**Figura 31 - Figura células separadas**



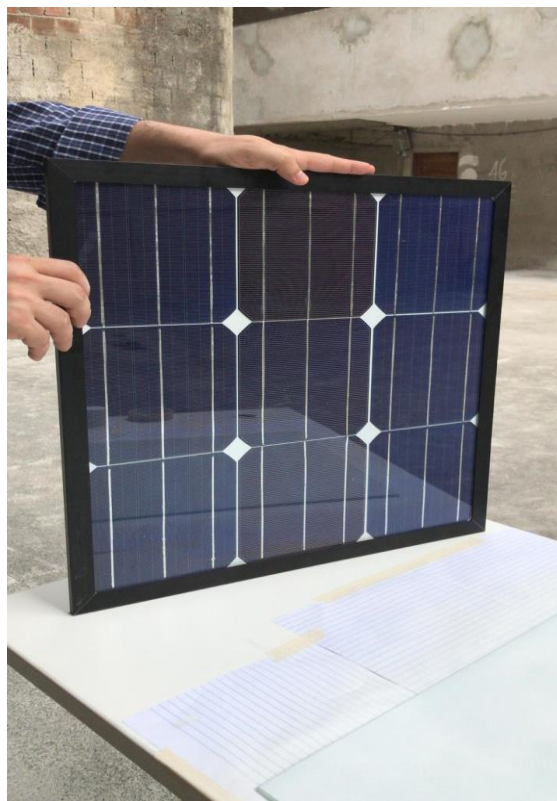
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 32 – Célula fotovoltaica com as trilhas**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 33 - Módulo solar**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).



**Figura 34 – Módulos solares em funcionamento**



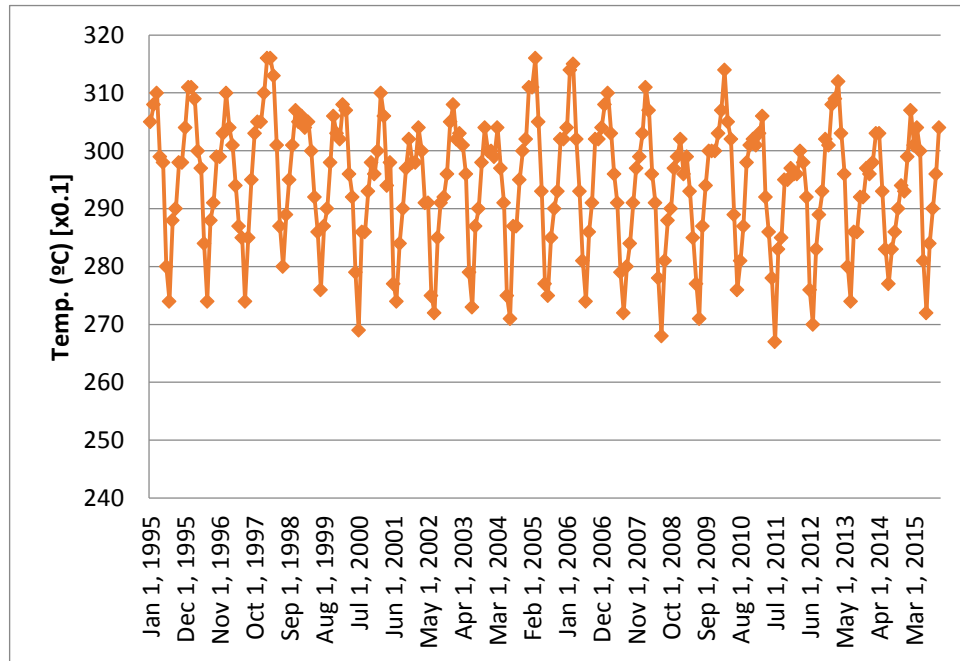
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Se os quatro módulos estão conectados em paralelo, temos:

- Como as correntes se somam, teríamos;
- $5A \times 4(\text{módulos}) = 20A$  tensão constante ainda 12v;
- Desta forma, este arranjo nos fornece uma potência total de  $20A \times 12v$  igual a **240W**.

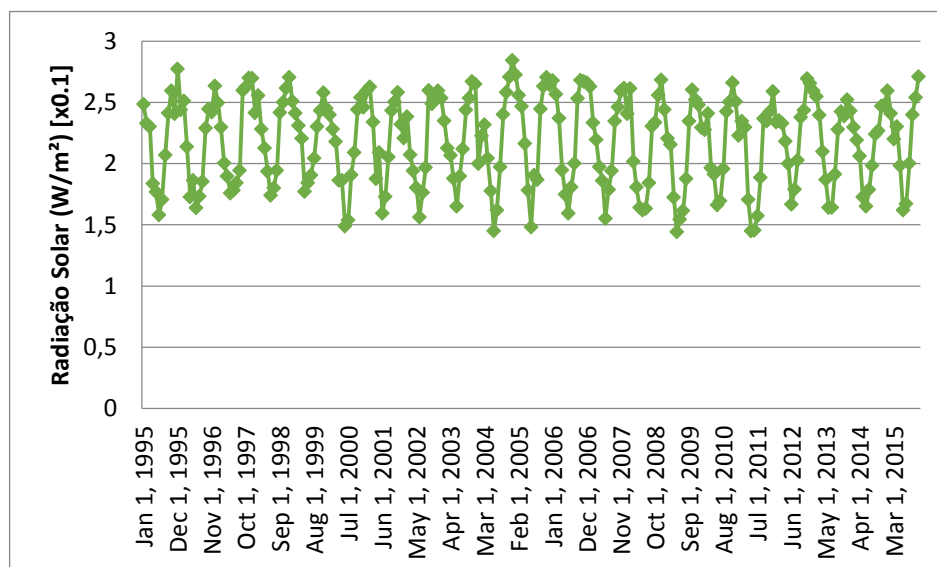
Quanto ao estudo de previsão da potência do sistema solar, este foi realizado utilizando dados de radiação solar das mesmas coordenadas de latitude e longitude referentes ao Campus da UFPB, centro de ciências da natureza- CCEN, no PRODEMA. Os dados relativos aos anos de 1985 a 2015 foram extraídos e processados do mesmo banco de imagens de satélite utilizando linguagem Java . A parte inicial permaneceu sem modificações sendo necessário apenas mudar o filtro de seleção de dados para a tabela de radiação solar

**Figura 35 – Variação da temperatura em João Pessoa (1995-2015)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 36 – Variação da radiação solar de ondas curtas em João Pessoa (1995-2015)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Quadro 1 – Dados obtidos pelo google Earth engine**

Mês/Ano	W/m <sup>2</sup>
Jan 1, 1995	2,485
Feb 1, 1995	2,327
Mar 1, 1995	2,301
Apr 1, 1995	1,836
May 1, 1995	1,768
Jun 1, 1995	1,58
Jul 1, 1995	1,707
Aug 1, 1995	2,07
Sep 1, 1995	2,413
Oct 1, 1995	2,595
Nov 1, 1995	2,406
Dec 1, 1995	2,773
Jan 1, 1996	2,438
Feb 1, 1996	2,51
Mar 1, 1996	2,137
Apr 1, 1996	1,726
May 1, 1996	1,863
Jun 1, 1996	1,639
Jul 1, 1996	1,733
Aug 1, 1996	1,852

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Esses dados se referem a variação da radiação solar de ondas curtas em João Pessoa no período de 1995 até 2015.

## 6 CONCLUSÃO

Os painéis fotovoltaicos foram montados com êxito, de acordo com o explanado no trabalho, as baterias foram elaboradas também atingindo o objetivo de armazenar energia , chegando a um funcionamento de 30 minutos das lâmpadas LED sem alimentação solar.

Os dados e estudo de disponibilidade de energia solar no local foi feito, os dados foram expostos com isso foi possível entender que existe uma disponibilidade prévia suficiente no local.

Por fim todo o sistema apresentou um funcionamento satisfatório, sendo possível a ligação de vários aparelhos elétricos diversos que utilizam energia elétrica a 12 volts, para os testes foi usado lâmpadas de LED, as quais tiveram uma eficiência muito boa ao serem ligadas no sistema.

As baterias cumpriram o papel desejado armazenando e servindo de suporte para a alimentação elétrica durante o funcionamento dos aparelhos eletrônicos, portanto é um sistema autossuficiente do sistema público distribuído pelas redes públicas de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

BRAGA, Renata Pereira. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Departamento de Energia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Constituição Brasileira. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: ago. 2019.

BRASIL. Constituição Brasileira. **LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2002/L10438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10438.htm). Acesso em: ago. 2019.

BRASIL. **Constituição Federal**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades sustentáveis**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>:. Acesso em: ago. 2019.

GOETZE, Felipe. **Projeto de microgeração fotovoltaica residencial: estudo de caso**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia Elétrica, 2017.

GOOGLE Earth Engine. Disponível em: <https://earthengine.google.com>. Acesso em: ago. 2019.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sergio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3.

MACEDO, Luziene Dantas de. **Produção de energia elétrica por fonte eólica no Brasil e aspectos de seu impacto na região Nordeste e Rio Grande do Norte.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico), Unicamp, Campinas, SP, 2015.

MICHELINI, Aldo. **Baterias recarregáveis: para equipamentos portáteis.** S.T.A. Sistemas e Tecnologia Aplicada Ind. Com. Ltda. Disponível em: [www.sta-eletronica.com.br](http://www.sta-eletronica.com.br). Acesso em: jun. 2019.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica.** Lavras - Minas Gerais: 2004. TCC (Pós-Graduação *Lato-Sensu* Departamento do curso de em fontes alternativas de energia Engenharia) Universidade Federal de Lavras, 2004. (A-PDF Merger Demo).

PORTAL Energia - Energias Renováveis. **Energia fotovoltaica.** Manual sobre tecnologia, projecto e instalação. Disponível em: [www.portal.energia.com](http://www.portal.energia.com). Acesso em: ago. 2019.

RIBEIRO, Uirê Guimarães Vieira. **Estudo de viabilidade econômica de instalação de fontes de energia renováveis baseadas em células fotovoltaicas para uso residencial.** Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em sistemas de Energia e Automação) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

SANTOS, Marcos de Oliveira; REIS, Igor Adriano de Oliveira; MENEZES JUNIOR, Raimundo Aprigio de. **Estudo da produção energética de um sistema de energia híbrida eólico fotovoltaico utilizando modelos de previsão de potência a partir de dados de imageamento geoespacial da *earth engine platform*.** (artigo em fase de publicação).

SOUZA, José Ricardo Patrício da Silva. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações para o ensino médio.** Souza - Pará: UFPA / IF, 2016. Dissertação (mestrado) – UFPA / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.