

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
DANIEL GOMES QUINTAS
WALLACE CLEITON BRITO DAS DORES**

**REFRIGERADOR PORTÁTIL ACIONADO POR MEIO
DE PAINEL FOTOVOLTÁICO**

**Taubaté - SP
2019**

**DANIEL GOMES QUINTAS
WALLACE CLEITON BRITO DAS DORES**

REFRIGERADOR PORTÁTIL ACIONADO POR MEIO DE PAINEL FOTOVOLTAICO

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof^ª. Me. Maria Regina
Hidalgo de Oliveira Lindgren

Coorientador: Prof. Me. Paulo Cesar
Corrêa Lindgren

**Taubaté – SP
2019**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas /

Q7 Quintas, Daniel Gomes
Refrigerador portátil acionado por meio de painel fotovoltaico
/ Daniel Gomes Quintas, Wallace Cleiton Brito das Dores. --
2019.
41 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.
Orientação: Prof. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira
Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.
Coorientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren,

1. Energia renovável. 2. Painel fotovoltaico. 3. Radiação solar. 4.
Refrigeração. 5. Troca de calor. I. Título. II. Graduação em
Engenharia Mecânica. III. Dores, Wallace Cleiton Brito das.

CDD – 333.792

UNITAU

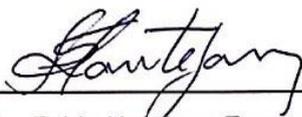
Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

DANIEL GOMES QUINTAS
WALLACE CLEITON BRITO DAS DORES

REFRIGERADOR PORTÁTIL ACIONADO ATRAVÉS DE PAINEL
FOTOVOLTAÍCO

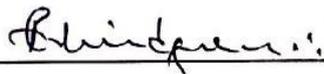
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM
ENGENHARIA MECANICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Me. Fabio Henrique Fonseca Santejani
Coordenador de Trabalho de Graduação

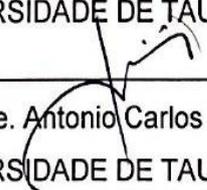
BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Antonio Carlos Tonini
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Taubaté – SP
2019

DEDICATÓRIA

Dedicatória do Daniel

Dedico este trabalho aos meus pais, Daniel e Ana Cristina, meus maiores apoiadores para realização deste curso tão sonhado por mim.

Dedicatória do Wallace

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria de Jesus Brito de Souza (*in memorian*) e José Décio das Dores, meus queridos familiares, aos inestimáveis amigos e aos professores que foram essenciais na minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos do Daniel

Agradeço primeiramente a Deus por ter-me resguardado das inconseqüências da minha idade no passado e possibilitado a conquista deste aprendizado nesta fase de minha vida.

Aos meus pais Daniel e Ana Cristina, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

À minha orientadora, Profª. Me. Maria Regina Hidalgo Lindgren por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados.

A minha amada namorada Huda Lourena e meu irmão Mateus, que me apoiaram, me respeitaram e que pela curiosidade e aparente orgulho a me ver estudando, me forçaram a ser mais dedicado.

Agradecimentos do Wallace

Em especial, Dedico todo meu esforço a minha querida e amada mãe, Maria de Jesus Brito de Souza, por tudo que ela me ensinou, ela não teve a oportunidade de presenciar a concretização deste sonho, mas tenho certeza que ajudou, apoiou e torce de onde ela está, para que alcance e tenha sucesso nesta nova jornada.

Não poderia deixar de agradecer ao meu pai, José Décio das Dores, por me auxiliar nesta caminhada, em que sempre me apoiou na medida do possível e dentro das suas condições financeiras e por incentivar e acreditar no meu potencial.

A minha orientadora Profª. Me. Maria Regina Hidalgo Lindgren, por toda a paciência e esforço dedicado a este trabalho.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados.

Aos meus amigos, Flavio, Pedro e Jonathas pela amizade, carinho e confiança. No momento em que mais precisei vocês estiveram ao meu lado, serei eternamente grato. E a todos os meus amigos e familiares que foram de extrema importância para que eu pudesse alcançar esse tão sonhado objetivo.

“Deixe o futuro dizer a verdade, e avaliar cada um de acordo com seus trabalhos e suas conquistas”.
(Nikola Tesla)

RESUMO

O projeto tem como objetivo o estudo bibliográfico, pesquisa técnica e análise de viabilidade da produção de um refrigerador/geladeira de pequeno porte com funcionamento gerado com energia renovável.

Segundo Pinho e Galdino (2014), energia renovável provém de recursos naturais, tais como sol, ventos, chuvas e marés. Em nosso estudo, será utilizado a luz solar como energia renovável, denominado painel fotovoltaico, para acionamento do refrigerador.

O Painel fotovoltaico tem como mecanismo a captação de radiação solar para gerar energia elétrica. Como a energia só é gerada com a luz do sol, o que a torna totalmente livre de poluentes (PINHO E GALDINO, 2014).

O projeto visará o estudo de uma caixa refrigeradora onde ocorrerá a troca de calor do meio interno com o meio externo, fazendo com que o interior da caixa esteja com baixa temperatura para possibilitar o armazenamento de alimentos, bebidas e até mesmo materiais hospitalar, de acordo com as normas necessárias. O acionamento dessa caixa será feita por meio de um painel fotovoltaico na parte superior, fazendo com que haja troca de calor e a mesma seja resfriada.

A inspiração deste estudo, apesar de seu alto custo, é mostrar diversos benefícios, como: baixa manutenção, não há poluição sonora, fonte inesgotável, baixo impacto ambiental e oriundo de energia limpa.

Palavras-chave: Refrigeração, Troca de Calor, Energia Renovável, Painel Fotovoltaico, Radiação Solar.

ABSTRACT

The project has the objective of bibliographical study, technical research and feasibility analysis of the production of a small refrigerator / refrigerator with operation generated by renewable energy.

According to Pinho and Galdino (2014), renewable energy comes from natural resources such as sun, wind, rain and tides. In our study, sunlight will be used as renewable energy, called the photovoltaic system, to drive the refrigerator.

A photovoltaic system employs solar panels, each comprising a number of solar cells, which generate electrical power. As energy is only generated with sunlight, which makes it totally free of pollutants (PINHO and GALDINO, 2014).

The project will aim at the study of a refrigerator box where the heat exchange between the internal environment and the external environment will take place, causing the interior of the box to be low temperature to allow the storage of food, beverages and even hospital materials, according to with the necessary standards. The activation of this box will be done through a photovoltaic panel at the top, causing heat to be exchanged and cooled.

The inspiration of this study, despite its high cost, is to show several benefits, such as: low maintenance, no noise pollution, inexhaustible source, low environmental impact and come from clean energy.

KEYWORDS: Refrigeration, Heat Exchange, Renewable Energy, Photovoltaic Panel, Solar Radiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geradores de energia eólica.....	18
Figura 2 - O custo das células fotovoltaicas em função do tempo.	19
Figura 3 - Painel fotovoltaico para geração de energia instalada em uma residência.	20
Figura 4 - Usina solar fotovoltaica.	21
Figura 5 - Estrutura de bandas de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes.....	24
Figura 6 - Esquema de absorção de radiação solar em um painel fotovoltaico.	27
Figura 7 - Esquema básico de refrigeração por adsorção, utilizando um fluido térmico como vetor energético.....	29
Figura 8 - Protótipo do refrigerador portátil.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica.
AFE	Autorização de Funcionamento de Empresa.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.

LISTA DE SÍMBOLOS

m-Si	Silício Monocristalino
p-Si	Silício Policristalino
a-Si	Silício Amorfo
°C	Graus Celsius
K	Kelvin
Kg	Kilograma
mm	Milimetro
Km ²	Kilometro Quadrado
MW	Megawatt
GW	Gigawatt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivo específico	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	15
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	16
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 ENERGIA RENOVÁVEL	17
2.1.1 Energia eólica	17
2.1.2 Energia Solar	19
2.2 PAINEL FOTOVOLTAICO	21
2.2.1 Informações técnicas das células fotovoltaicas	23
2.2.2 Equipamentos Auxiliares	25
2.2.3 Controladores de carga	25
2.2.4 Baterias	25
2.2.5 Inversores	26
2.3 REFRIGERAÇÃO	27
2.3.1 Sistema de Refrigeração por Adsorção	28
2.3.2 Ciclo de Refrigeração por Adsorção	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 TIPOS DE PESQUISA	30
3.2 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	31
4 DESENVOLVIMENTO	33
4.1 POPULAÇÃO RIBEIRINHA	33
4.2 TRANSPORTE HOSPITALAR	34
4.3 REFRIGERADOR	35
4.4 PAINEL FOTOVOLTAICO	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de graduação tem como objetivo o estudo bibliográfico, pesquisa técnica para a produção de um refrigerador de pequeno porte com funcionamento gerado através da energia renovável.

O estudo visa uma caixa refrigeradora onde ocorre a troca de calor do meio interno com o meio ambiente, fazendo com que o interior da caixa esteja com baixa temperatura para possibilitar o armazenamento de alimentos, bebidas e até mesmo materiais hospitalar, de acordo com as normas necessárias. O acionamento dessa caixa será feito através de um painel fotovoltaico na parte superior, transformando a energia solar em energia elétrica.

A inspiração desse estudo, apesar de seu alto custo, é mostrar diversos benefícios, como: baixa manutenção, fonte inesgotável, baixo impacto ambiental e oriundo de energia limpa.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho será apresentar um estudo bibliográfico realizado para a produção de um refrigerador que seja acionado e abastecido por energia renovável – painel fotovoltaico.

1.1.2 Objetivo específico

O objetivo específico é a utilização de energia solar para a troca de calor realizada dentro do refrigerador, mantendo assim o seu interior em baixa temperatura e constante.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho será delimitado apenas a uma caixa térmica – refrigerador para transporte de material hospitalar no qual é necessário estar refrigerado.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O estudo desse trabalho de graduação é relevante pois tende a verificar a importância do refrigerador com energia fotovoltaica para o transporte de itens hospitalares, além de qualquer outro produto com necessidades de baixas temperaturas.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esse trabalho está estruturado em cinco capítulos:

No primeiro capítulo apresenta-se a Introdução, contendo o objetivo geral, objetivo específico, delimitação do tema, relevância do estudo e organização do trabalho.

No segundo capítulo, denominado de Revisão de Literatura, são contextualizados o conceito de refrigeração e o princípio de energia renovável e painel fotovoltaico.

No terceiro capítulo, tem-se a Metodologia aplicada para que este trabalho pudesse ser desenvolvido.

No quarto e quinto capítulos são abordados os Resultados e as Conclusões, respectivamente, e por fim, as Referências Bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIA RENOVÁVEL

De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2003), o aumento da demanda de energia e a crescente preocupação ambiental abrem espaço para a inserção de fontes mais limpas e renováveis na matriz energética mundial. Entre as alternativas existentes, destaca-se a energia solar, originária de uma fonte praticamente inesgotável e cuja utilização tem se acentuado nos últimos anos em função de grandes avanços tecnológicos. No Brasil, além do alto índice de radiação solar, o histórico de aumento de eficiência, a queda dos custos e a regulação favorável à instalação de sistemas fotovoltaicos, tanto em centros urbanos quanto no meio rural, têm impulsionado instituições públicas e privadas interessadas no desenvolvimento do setor.

As energias renováveis aumentaram paulatinamente sua taxa no mercado, com um crescimento rápido e sustentado de 2006 a 2011. Estima-se que no final de 2011 os 5360GW de capacidade instalada com energia renováveis constituam 25% da capacidade global de geração, fornecendo 20.3% da eletricidade global. A energia solar fotovoltaica cresceu de um modo mais rápido do que outras fontes de energias renováveis durante este período, com uma taxa média de crescimento de 58% anual. Dados retirados do documento “*Renewables 2012 Global Status Report*” elaborado pela REN21 (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*).

Define-se energia renovável pelo fato de sua fonte de energia provir de recursos e processos naturais. Dentre eles, a energia solar, a energia eólica, a energia híbrida e diversas fontes de biomassa para fornecer energia.

2.1.1 Energia eólica

Segundo ANEEL (2002), a energia eólica veio à tona com a crise do petróleo, nos anos 70. Um pouco por toda a Europa foi-se sentindo medo devido à escassez do petróleo, o que levou a procurar outras fontes de energia. No entanto, a origem da energia eólica não se situa exatamente na década de 70.

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente,

uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica (ANEEL, 2002).

Embora ainda haja divergências entre especialistas e instituições na estimativa do potencial eólico brasileiro, vários estudos indicam valores extremamente consideráveis. Até poucos anos, as estimativas eram da ordem de 20.000 MW. Hoje a maioria dos estudos indica valores maiores que 60.000 MW. Essas divergências decorrem principalmente da falta de informações (dados de superfície) e das diferentes metodologias empregadas (ANEEL, 2002).

O aproveitamento da força dos ventos é feito pela conversão da energia cinética, através do giro das pás de uma turbina eólica, em um sistema constituído por vários componentes. A mensuração das condições climáticas, localização e destinação, propiciam um melhor rendimento final (ABEEÓLICA, 2003).

A Figura 1 apresenta turbinas de geração de energia eólica na costa marítima.

Figura 1 - Geradores de energia eólica.



Fonte: www.portal-energia.com

Segundo a ABEEÓLICA (Associação Brasileira de Energia Eólica), para a região do nordeste do Brasil, compara-se que cada MW (Megawatt) gerado de energia eólica tem um potencial de gerar também 200 novos postos de trabalho, o que é um potencial para um aumento de renda e na sua distribuição.

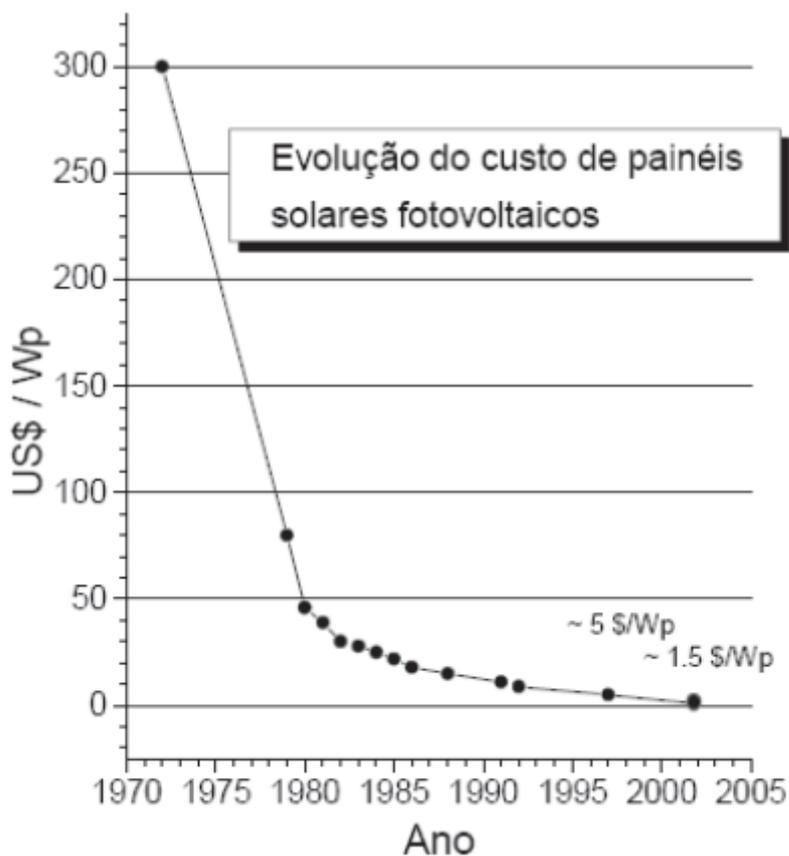
2.1.2 Energia Solar

Segundo Pinho e Galdino (2014), a energia solar é usada desde as mais antigas civilizações, Arquimedes fez uso de espelhos para manipular raios solares e atacar inimigos em 212 a.C. Ainda no século V a.C, tem-se registros da utilização da energia solar para fins de refrigeração de habitações, utilizando princípios básicos de arquitetura solar.

Em 1959 nos Estados Unidos, iniciou-se o aproveitamento da energia solar como fonte alternativa de energia o objetivo principal era gerar a energia elétrica por meio da energia solar para alimentar satélites. No entanto, os preços das células solares caíram mais de 1000%. Ainda sim, elas continuam relativamente caras.

De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2003) ocorreram consideráveis avanços no desenvolvimento de materiais fotovoltaicos de baixo custo e de eficácia de quase 30% foram alcançados. A figura 2 apresenta a evolução do custo de painéis solares fotovoltaicos.

Figura 2 - O custo das células fotovoltaicas em função do tempo.



Fonte: Ruther (2004).

Segundo Villalva (2015), a energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que se resume na conversão direta da energia solar em energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos tem a função de coletar diretamente a radiação solar e produzir corrente elétrica, correntes estas que serão armazenadas em baterias ou utilizadas diretamente em sistemas conectados à rede elétrica.

Para Pinho e Galdino (2014), os painéis fotovoltaicos podem ser instalados em telhado e fachadas de residências e até mesmo em prédios, indústrias, com o intuito de atender a necessidade de energia e também podem ser adotados em usinas geradoras de eletricidade.

Figura 3 - Painel fotovoltaico para geração de energia instalada em uma residência.



Fonte: www.solstar.com.br

Figura 4 - Usina solar fotovoltaica.



Fonte: www.portalsolar.com.br

2.2 PAINEL FOTOVOLTAICO

A energia fotovoltaica é a fonte de energia limpa com maior crescimento no mundo. Se utilizando de materiais semicondutores como o silício cristalino, que converte a luz solar em energia fotovoltaica. A energia fotovoltaica está em desenvolvimento a mais de 100 anos, sendo hoje utilizada para gerar energia elétrica para milhares de residências e indústrias. As células fotovoltaicas precisam ser montadas no interior de um painel, visando proteção e durabilidade, e este painel é conectado a outros painéis. O sistema fotovoltaico é composto basicamente por: painéis solares, inversor solar, sistema de fixação das placas solares, cabeamentos, conectores e outros materiais elétricos padrões (FERREIRA E SILVA, 2009).

Segundo Pinho e Galdino (2014), a energia solar fotovoltaica é a energia obtida pela conversão direta da luz em eletricidade, sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão.

Existem várias formas de tecnologias aplicadas na produção das células. Dentre elas, estão: o silício monocristalino (m-Si), o silício policristalino (p-Si), silício amorfo (a-Si), entre outros.

O fundamento da conversão da energia do sol em energia elétrica está no Efeito Fotovoltaico, descoberto por Becquerel em 1839 ao observar que certos materiais, ao serem expostos à luz, eram capazes de produzir uma corrente elétrica. No entanto, somente em 1954 foi produzida a primeira célula fotovoltaica com uma eficiência de conversão aceitável (CHAPIN, 1954). Nos anos 1950-70 iniciaram-se as pesquisas intensivas nesta área, especialmente para aplicações espaciais. A grande mudança foi produzida a partir dos anos 70, motivada em parte pela primeira crise energética internacional, que fomentou uma tentativa de diversificação das fontes energéticas e promoveu a pesquisa e o desenvolvimento da energia fotovoltaica como fonte energética.

O elemento fundamental na conversão fotovoltaica é a Célula solar. Em determinados materiais semicondutores, os fótons da radiação solar são capazes de transmitir sua energia aos elétrons de valência do semicondutor, tornando possível romper suas ligações de modo que fiquem livres e possam movimentar-se no material. A ausência de um elétron devido ao rompimento de uma ligação se chama lacuna, e também pode mover-se através do semicondutor. Portanto, as propriedades de condução elétrica de um semicondutor devem-se tanto ao movimento dos elétrons, quanto ao movimento das lacunas, denominando-se ambos, de maneira genérica, portadores de carga.

De acordo com Pinho e Galdino (2014), o movimento dos elétrons e lacunas em direções opostas gera uma corrente elétrica no semicondutor, que seria aproveitável por um circuito externo. A fim de separar as lacunas elétrons para que a ligação não se reestabeleça utiliza-se um campo elétrico que obriga a circulação de ambas as cargas em sentidos opostos. Uma célula solar não é mais do que um semicondutor preparado de maneira que seja possível extrair a circulação de corrente do mesmo até um circuito externo. Em seguida descreveremos a estrutura convencional da célula solar e as diferentes tecnologias existentes atualmente.

2.2.1 Informações técnicas das células fotovoltaicas

Há um crescente aumento da demanda energética no mundo, provocado principalmente pelo crescimento populacional e pelo desenvolvimento tecnológico e industrial da sociedade. A matriz energética, composta principalmente por fontes primárias, dentre as quais se destacam petróleo, gás natural, carvão mineral, urânio, energia hidráulica, energia solar, energia eólica e biomassa, tem passado por profundas alterações nos últimos anos.

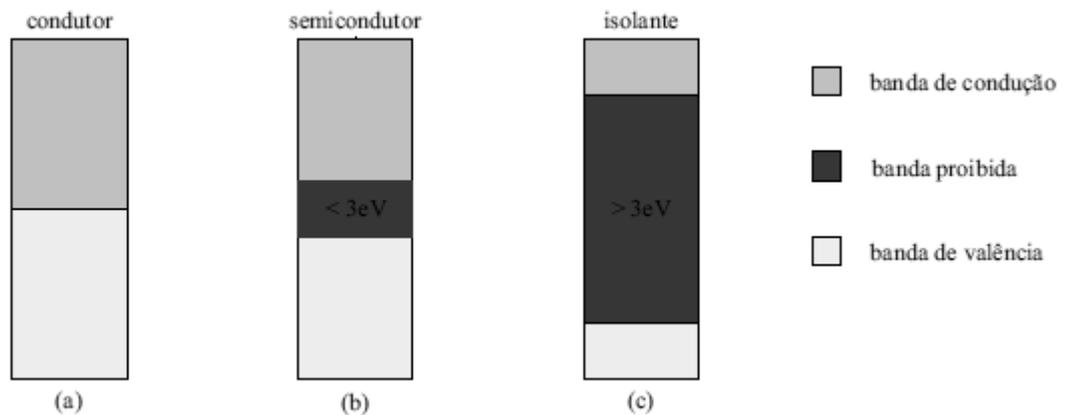
A predominância do consumo dos combustíveis fósseis vem sendo profundamente questionada, não apenas por ser um recurso esgotável, mas também pelas preocupações ambientais. O aumento da emissão de gases de efeito estufa e da poluição do ar, que causam danos à qualidade de vida, aumento de doenças respiratórias e gastos públicos com saúde, são alguns dos fatores que contribuíram para a busca por alternativas energéticas baseadas em fontes menos agressivas e menos poluentes.

A energia solar fotovoltaica aparece como promissora entre as alternativas, por não emitir poluentes no processo de geração e por ser uma fonte praticamente inesgotável e acessível em todos os pontos do mundo. Além disso, a cadeia produtiva de módulos fotovoltaicos é igualmente de baixo impacto ambiental, pois o descarte correto dos rejeitos químicos decorrentes de sua produção evita efeitos negativos. As emissões de gases de efeito estufa resultantes do processo de fabricação dos geradores fotovoltaicos são extremamente baixas e a energia empregada em sua produção é compensada em poucos anos de funcionamento.

Os materiais mais utilizados em dispositivos semicondutores eram o germânio e o silício. Para construções ópticas, os materiais semicondutores permitem uma modulação direta do feixe de luz. Esses materiais possuem uma banda de valência completamente preenchida por elétrons e uma banda de condução sem elétrons na temperatura zero absoluto (0 K), comportando-se assim como um isolante.

Ao separar duas bandas de valência dos materiais semicondutores, tem-se um *gap* (banda proibida – representando por E_g) que pode atingir até três eV (elétron-volt). A Figura 5 mostra a diferença de do semicondutor com os materiais isolantes e condutores (PINHO E GALDINO, 2014).

Figura 5 - Estrutura de bandas de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes.



Fonte: Pinho e Galdino (2014, p.105).

Ao aumentar a temperatura dos semicondutores, há um aumento de condutividade pela existência de bandas de energia. Portanto, para temperaturas superiores a 0 K (Kelvin), há elétrons ocupando a banda de condução e o mesmo número de lacunas na banda de valência.

Embora haja geração térmica, prótons e nêutrons são gerados por meio de energia cinética de partículas, chamado de ionização por impacto. Portanto, ao incidir fótons no material, permite-se a fabricação de células fotovoltaicas.

Os elétrons e lacunas gerados pelo efeito fotocondutivo precisam de uma “dopagem”, ou seja, que acrescente impurezas no semicondutor para maior aproveitamento de corrente e tensão elétrica por meio da chamada junção *pn* (VIEIRA E SANTOS, 2012).

No entanto, segundo Vieira e Santos (2012), existem vários fatores que influenciam na capacidade de conversão das células. E que os fótons apresentam dificuldades de formar pares de elétron-lacuna e por este motivo acabam sendo refletidos, e a junção *pn* pode não ser separada pelo campo elétrico.

2.2.2 Equipamentos Auxiliares

Para que um sistema fotovoltaico funcione é necessária à instalação de equipamentos auxiliares em conjunto com os módulos. Estes componentes que irão atuar armazenando e distribuindo a energia elétrica gerada, sendo caracterizado de acordo com o tipo de sistema estabelecido, se *on grid* ou *off grid*.

2.2.3 Controladores de carga

Também conhecido por regulador de carga, este componente é, comumente, usado em sistemas *off grid*, ou seja, que empregam a utilização de baterias para o armazenamento de energia.

De acordo com Pereira & Oliveira (2011), os controladores de carga têm como função primária a proteção dos acumuladores, ou seja, as baterias de sobrecargas do sistema. Além do mais, se bem regulados, asseguram que o sistema execute sua função em máxima eficiência.

Messenger & Ventre (2010) concluem que, os equipamentos ajustados corretamente, irão garantir um melhor desempenho do sistema de baterias sob inúmeras condições (carga, descarga e variações de temperatura).

O princípio de funcionamento, da proteção da bateria por meio dos controladores de carga, consiste em garantir que ela não sofra sobrecarga de tensão e prevenir que ela seja descarregada de maneira completa. As duas situações acarretam desgaste e, em consequência, encurtam a vida útil da bateria, por isso devem ser controladas (PINHO & GALDINO, 2014).

2.2.4 Baterias

De acordo com Dazcal & Mello (2008), a bateria é um dispositivo responsável pelo armazenamento da energia elétrica gerada pelos módulos fotovoltaicos, utilizado para suprir a ausência de energia solar. Os acumuladores de energia, entre outros sistemas, são mais utilizados em rede elétrica isoladas, ou seja, *off grid*.

Por isso, sua presença é de extrema importância, já que temos ausência de energia solar no período da noite e reduzida em dias nublados. Devido à eficiência

da bateria, ela é ainda utilizada em maior escala, mesmo tendo outros equipamentos capazes de armazenar energia elétrica.

Para PINHO & GALDINO (2014): (...) um conjunto de células ou vasos eletroquímicos, conectados em série e/ou paralelo, capazes de armazenar energia elétrica na forma de energia química por meio de um processo eletroquímico de oxidação e redução que ocorre em seu interior.

Segundo Messenger & Ventre (2010), as baterias mais utilizadas em sistemas fotovoltaicos, são de chumbo-ácido, pois são as mais viáveis economicamente de todos os modelos. Diante de diferentes tipos de baterias existentes, analisa-se como empregam as células, o que interfere diretamente na eficiência do equipamento.

A mesma é definida como: “a bateria para aplicações FV deve apresentar como principais características: capacidade de ciclagem, alta eficiência energética, longa vida útil, pouca manutenção e baixo custo.” (COPETTI & MACAGNAN, 2007, p.8).

2.2.5 Inversores

A transformação de energia elétrica em corrente alternada para fonte de energia elétrica em corrente contínua são dispositivos chamados inversores (PINHO & GALDINO, 2014).

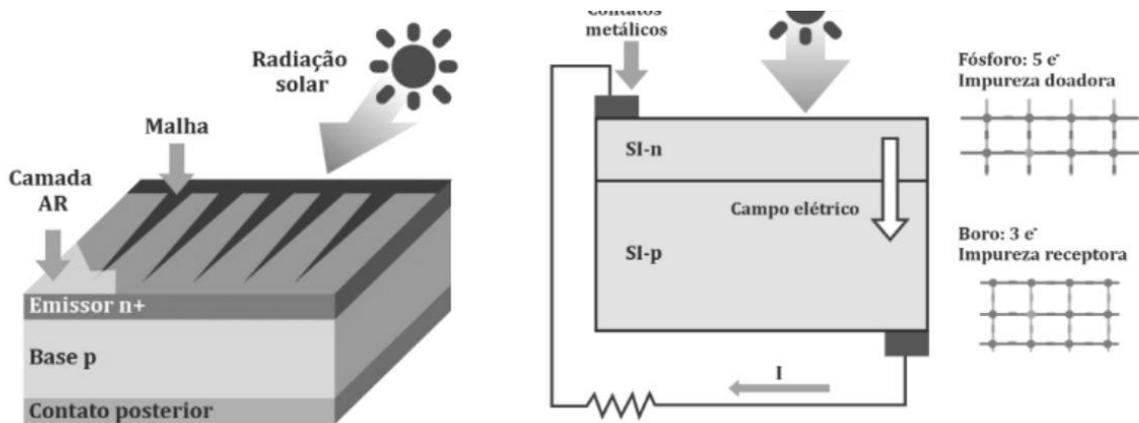
Segundo Pereira & Oliveira (2011), a saída do painel fotovoltaico fornece energia elétrica em corrente contínua. Entretanto, impossibilitam a aplicação em máquinas que operam apenas em corrente alternada. Para isso, o inversor se faz necessário, realizando a conversão de tensão contínua para tensão de corrente alternada.

Para avaliar o nível de tensão gerada, o inversor é capaz de ajustar sua frequência. Com isso, a rede pública precisa ser conectada, *on grid* de acordo com as normas estabelecidas pela ANEEL.

De acordo com Messenger & Ventre (2010), a forma de onda da carga e a eficiência do próprio do inversor são os requisitos de escolha do equipamento adequado para um sistema fotovoltaico.

A Figura 6 apresenta como o painel fotovoltaico absorve energia solar e seu funcionamento para transferência e gerar energia elétrica.

Figura 6 - Esquema de absorção de radiação solar em um painel fotovoltaico.



Fonte: Onudi (2015).

2.3 REFRIGERAÇÃO

Dentre as alternativas para se obter ambientes refrigerados sem a energia elétrica, pode-se citar os sistemas de refrigeração por adsorção, os sistemas de refrigeração por sais, os sistemas de refrigeração com hidretos de metal e os sistemas com refrigeração por absorção.

Os sistemas de absorção exigem uma fonte de energia que forneça calor com temperaturas mais altas do que o sistema de refrigeração por adsorção, para uma mesma situação.

Segundo Mühle (1998), para um sistema de absorção trabalhar com temperatura de evaporação de -10°C , é essencial uma fonte de aquecimento de no mínimo 120°C . Contudo, Wang *et al.* (1998) alcançou uma temperatura de evaporação de -15°C em um sistema por adsorção de metanol e carvão ativado do qual a fonte de aquecimento forneceu calor com temperatura de aproximadamente 100°C .

O maior dos problemas dos sistemas que fazem uso de hidretos de metal é que estes hidretos são pirofóricos, ou seja, entram em combustão quando em contato com o ar. De acordo com Suda (1993), essa característica dificulta a sua utilização no meio comercial.

No que se refere aos sistemas que utilizam sais, Spinner (1993) aponta que os sais amplificam seu volume durante a reação de síntese e isto causa uma compactação do sal e como consequência diminui a permeabilidade do refrigerante de maneira significativa. Fujjoka *et al.* (2002) diz que a taxa dos sais abaixa com o tempo, por conta da formação de multicamadas sobre o sal, assim podendo parar totalmente a reação.

Os sistemas por adsorção foram o foco principal deste trabalho, por ser simples e poder refrigerar utilizando diretamente a radiação solar.

2.3.1 Sistema de Refrigeração por Adsorção

Nos sistemas por adsorção, os processos equivalentes à “compressão do vapor” faz uso de uma máquina térmica e utilizam o calor como fonte de energia. Quanto à transferência de calor para o gerador ou adsorvedor, os resfriadores por sorção podem ter aquecimento direto ou indireto. No aquecimento direto, o calor é transferido diretamente da fonte para o gerador ou adsorvedor, através da queima de um gás. No aquecimento indireto, um fluido de trabalho é usado para transportar o calor da fonte até o gerador ou adsorvedor.

2.3.2 Ciclo de Refrigeração por Adsorção

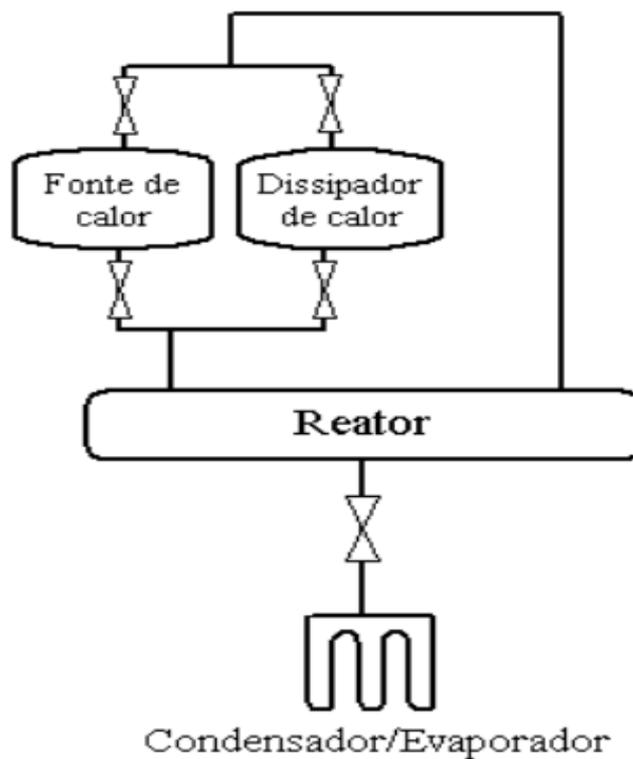
O equipamento de refrigeração por adsorção é formado por três partes: evaporador, condensador e adsorvedor. O ciclo por adsorção funciona em regime intermitente e é descrito por duas fases: uma de resfriamento (adsorção) e outra de aquecimento (dessorção).

A fase de resfriamento acontece com a evaporação em parte do adsorbato (fluido refrigerante) que contem no evaporador, por conta da retirada de calor da vizinhança. Quando evaporado, o adsorbato flui do evaporador para o adsorvedor e é adsorvido (ficado) nas cavidades porosas do material adsorvente, devido às forças intermoleculares formadas entre o adsorbato e o adsorvente (sólido poroso). Com a evaporação, o líquido que forneceu calor (resfriado) no evaporador pode ser usado em refrigeração e/ou condicionamento de ar.

Um sistema básico de refrigeração por adsorção, alimentado por um fluido térmico, de acordo com a Figura 7, de um reator, onde ocorrem os fenômenos de

dessorção e adsorção, e um trocador de calor que na etapa de dessorção é usado como condensador e na etapa de adsorção tem o cargo de evaporador. Também se faz necessário o uso de uma fonte e um dissipador de calor conectado ao reator, tubos e acessórios para interligar os equipamentos do sistema.

Figura 7 - Esquema básico de refrigeração por adsorção, utilizando um fluido térmico como vetor energético.



Fonte: Próprio Autor

3 METODOLOGIA

O objetivo principal desse trabalho é proporcionar informações necessárias para a produção de um refrigerador portátil autossuficiente através de tecnologias disponíveis para obtenção de energia com painel fotovoltaico.

Define-se método como o processo para se atingir um determinado fim ou para se chegar ao conhecimento. Já metodologia, é a área onde estudamos os melhores métodos praticados em determinada área para a produção do conhecimento.

3.1 TIPOS DE PESQUISA

Gil (2002) classifica os tipos de pesquisa conforme seus objetivos:

1) Pesquisas Exploratórias: Melhora ideias com o intuito de tornar o problema visível e construir estimativa a partir dele.

2) Esse tipo de pesquisa engloba pontos importantes que contribuem com a aplicação, que são: realizar pesquisa bibliográfica troca de informações com pessoas que são referencia no assunto e analise em outros produtos com a mesma finalidade do produto estudado.

3) Pesquisas Descritivas: Descreve características do caso e realiza estimativas a partir de pesquisas qualitativas relacionadas a características populacionais como sexo, nível de escolaridade, índice de desenvolvimento humano, entre outros.

4) Pesquisas Explicativas: Constata a causa do problema que será estudado, sendo assim, é o tipo de pesquisa que transmite maior veracidade nas suas informações, podendo ser mais passível ao erro.

Além disso, para Gil (2002) também podemos classificar as pesquisas conforme os procedimentos técnicos.

1) Pesquisas Bibliográficas: Apresenta-se a partir de obras já antes estudadas, como livros e artigos, o que garante ao pesquisador um campo de amplo acesso as informações, sendo assim, vantajoso esse tipo de pesquisa. Em compensação, deve-se atentar-se a autenticidade das informações contidas nas fontes.

2) Pesquisa Documental: É muito similar a pesquisa bibliográfica, entretanto, com fontes mais variadas, podem ser melhoradas com o tempo. Diante disso, temos informações mais aprofundadas por existir a chance de renovar os dados. Em contrapartida, esse tipo de pesquisa recebe muitas críticas devido “a não representatividade e á subjetividade dos documentos.” (GIL, 2002).

3) Pesquisa Experimental: Fundamenta-se em apresentar experimentos a partir de um objeto alvo de estudo e dos fatores que possam influencia-lo, determinando maneiras de controle e observando as influencias sofridas.

Esse tipo de pesquisa apresenta três características que são: manipulação, controle e distribuição aleatória.

3.2 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

De acordo com Severino (2007), o estudo bibliográfico é realizado a partir de registro de outros materiais como, livros, artigos, teses, entre outros. Utilizam-se informações já estudadas por outros pesquisadores. Toma-se como base o auxilio de autores de estudos registrados anteriormente.

Para Gil (2002), o conhecimento amplo e detalhado de algum objeto é o que denomina a pesquisa de estudo de caso. Utilizam-se propósitos como: investigar situações reais, resguardar a individualidade do que está sendo estudado, detalhar o contexto na qual a investigação está inserida, formular hipóteses e teorias, elucidar as causas de algum fenômeno, os quais não permitem levantamentos e experimentos.

A primeira fase do estudo bibliográfico foi realizada com a identificação das fontes de energias renováveis e as literaturas publicadas sobre tal assunto, onde foram encontradas as fontes clássicas com os autores dos principais trabalhos relacionados à radiação solar como fonte geradora de energia. Além de uma busca sobre o assunto na Internet, pesquisando em sites acadêmicos e instituições relacionadas ao assunto referente.

Diante do estudo de radiação solar, fazendo-se uso de publicações como livros, dissertações, textos, artigos e teses, chegou-se ao painel fotovoltaico. A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos

de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão.

O estudo de painel fotovoltaico tem como objetivo a aplicação do material como fonte de energia para um refrigerador. Tem-se como definição de refrigerador, a troca de calor do meio ambiente para o meio interno do mesmo. Segundo as leis da termodinâmica, a parte interna (a qual é refrigerada) sofre perda de calor para o meio externo, o que faz com que a temperatura fique mais baixa.

Este trabalho, portanto, pode ser classificado como Pesquisa Exploratória e Explicativa, pois, as hipóteses, com relação ao problema existente, foram construídas em paralelo à identificação da causa desse mesmo problema, sendo possível realizar ações capazes de solucioná-lo. Este trabalho se constitui, ainda, em um estudo bibliográfico único, pois, envolve uma única unidade de estudo, não tendo a intenção de ser generalizado para outras unidades ou modalidades de negócio.

4 DESENVOLVIMENTO

O refrigerador tem a função de armazenar qualquer produto que necessite refrigeração e precise de baixa temperatura, para que não haja troca de calor do ambiente interno com ambiente externo. Um bom projeto de refrigeração se inicia com o dimensionamento correto do refrigerador. Além disso, se faz necessário considerar o efeito do sol (e da temperatura externa) na superfície do refrigerador, o que interfere na transferência de calor (onde não há painel fotovoltaico).

Para a viabilidade do projeto, é necessário caixa térmica, dissipador de calor (facilitar a troca de calor), um painel fotovoltaico de comprimento igual ou menor que a caixa e uma bateria.

Devido ao gasto energético do refrigerador, o acionamento feito com radiação solar, nos permite uma fonte limpa e econômica. O painel fotovoltaico tem como objetivo transformar a energia solar em eletricidade sem custos ou resíduo. Um painel fotovoltaico é geralmente formado por células fotovoltaicas, feita de materiais semicondutores como silício, que quando colidem com a luz solar movimentam os elétrons assim gerando a corrente elétrica.

As partículas de radiação solar, os fótons, em contato com as células fotovoltaicas faz com que os elétrons se desprendam, deixando espaço. Espaço que é preenchido por um novo elétron, esse processo, automaticamente será repetido diversas vezes durante o dia. Ou seja, enquanto houver luz solar, elétrons se movimentarão, gerando corrente elétrica.

Como não é possível aproveitar a energia solar o dia todo, utilizamos uma bateria para aperfeiçoar esse método. Essa bateria é carregada durante a condução de energia feita pelo painel fotovoltaico, sendo assim acumulada carga para utilização durante a noite ou em locais sem radiação solar.

4.1 POPULAÇÃO RIBEIRINHA

A população Ribeirinha da Amazônia é constituída por um misto de distintos grupos sociais (indígenas, nordestinos e migrantes de outras regiões). Essas pessoas vivem em áreas rurais as margens de rios e lagos na Amazônia brasileira, espalhando-se em uma área com cerca de 5.020.000 Km².

No estado do Amazonas estimou-se que em 2010, a população era de 3.483.985 habitantes e que 728.495 (20,1%) viviam em área rural.

A população ribeirinha traz consigo fortes influências dos povos indígenas, com hábitos alimentares bem distintos, uso de plantas medicinais e uma agricultura de subsistência.

No geral, essa população sofre com a precariedade na infraestrutura de saneamento básico, energia elétrica e serviços de saúde. A assistência na saúde é centralizada na Zona urbana dos municípios com eventuais visitas nas comunidades ribeirinhas. O Percurso até a zona Urbana costuma ser dificultoso, devido às condições financeiras dos ribeirinhos, especialmente pela distância que pode ir além dos 500 km, viagem que podem durar vários dias e podendo ser realizada apenas por vias fluviais.

Diante desse problema, o refrigerador portátil acionado por painel fotovoltaico é a solução para o transporte de materiais hospitalar para a população ribeirinha, pois este apresenta fácil transporte em meios fluviais (sendo fácil o transporte em pequenas embarcações).

4.2 TRANSPORTE HOSPITALAR

Para que se possa fazer o transporte de medicamentos, primeiramente, precisa-se obter um AFE (Autorização de Funcionamento de Empresa). Essa autorização é fornecida pela ANVISA e declara que o responsável pode transportar medicamentos comuns, ou seja, aqueles que não possuem substâncias de controle especial.

Entretanto, para medicamentos de controle especial, é necessário um AE (Autorização Especial), além da importância de um profissional da área farmacêutica estar presente durante a viagem.

É necessária também a criação de um Manual de Boas Práticas de Transporte. Esse material deve seguir as diretrizes de boas práticas e incluir informações sobre os processos internos da transportadora como macro fluxo de trabalho, manuseio, armazenamento e controle de temperatura e umidade. As informações contidas nesse manual, bem como os processos internos da transportadora, devem estar de acordo com as normas e a legislação vigente.

Cada medicamento tem sua peculiaridade, diante disso, tem-se a necessidade de autorizações particulares para cada tipo de material transportado. Nosso trabalho é restrito somente aos medicamentos nos quais são necessários baixas temperaturas e o refrigerador realizar sua função com máxima eficiência.

4.3 REFRIGERADOR

O refrigerador constitui-se na base do projeto, fazendo com que em todo o planejamento de espaço e produção seja utilizado o mesmo como referência. Define-se o projeto a partir do seu mecanismo, da sua capacidade volumétrica, do seu projeto físico para transporte e o acionamento do painel fotovoltaico ao mesmo.

A capacidade volumétrica é definida devido ao transporte em pequenas embarcações, não conseguindo assim, transportar grandes quantidades de materiais em um único traslado.

Diante desse fato, estipula-se que o volume total do refrigerador tem capacidade para até cinquenta litros. Seu formato é cúbico, acoplado com uma alça na parte superior no qual facilite o transporte. Além disso, contém quatro rodas na parte inferior para melhor transportar. Adota-se a parte externa do refrigerador de cor branca, exceto a parte de cima, pois é onde está localizado o painel fotovoltaico.

O refrigerador contém ainda um fluido no seu interior, denominado fluido refrigerante, o qual nada mais é que um produto químico usado em um ciclo térmico dentro do refrigerador que passa por uma mudança de fase líquida a gás, absorvendo calor e resfriando a parte interna do refrigerador.

Sua capacidade de refrigeração varia entre 0 a 5°C, seu design é moderno e de fácil transporte. O peso líquido do produto completo tem no mínimo 6 Kg e pode chegar até 10 Kg.

Seu formato é de uma caixa retangular com 600 mm de altura, 600 mm de largura e 600 mm de comprimento. Define-se o tamanho com embasamento de melhor manuseio e transporte, excepcionalmente em pequenas embarcações.

4.4 PAINEL FOTOVOLTAICO

A fonte de energia do refrigerador é abastecida por um painel encontrado no telhado do refrigerador, fazendo-se da captação de energia solar para transformar junto ao inversor em energia elétrica.

Essa energia elétrica se faz necessária na importância de manter o refrigerador gerando transferência de calor e fazendo sua função, através da mesma. Além de o painel fotovoltaico necessitar de um inversor, é fundamental a presença de uma bateria para melhor aproveitamento da energia solar, utilizando-se em horários noturnos.

Descreve-se fisicamente dois painéis fotovoltaicos com a largura de 600 mm, o comprimento de 600 mm e a espessura de 50 mm, presos na parte superior (telhado) do refrigerador, sendo eles retráteis para maior aproveitamento das radiações solares e melhor transporte.

Uma ilustração (Figura 8) do projeto do refrigerador com seus dois painéis fotovoltaicos acoplados na parte superior, define com alguns detalhes diferentes.

Figura 8 - Protótipo do refrigerador portátil.



Fonte: www.cosmosenergias.com.br

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se que o projeto do refrigerador com o painel fotovoltaico apresente resultados significativos, apesar das limitações físicas e energéticas, devido a grande massa do produto e ao grande consumo de energia. Entretanto, analisamos que, apesar de ser um material pesado, a mobilidade através de rodas na base junto com uma alça para carregar facilitará (seu uso) o processo. A utilização correta da caixa refrigeradora com painel fotovoltaico compensará o grande consumo energético exigido pelos motores refrigeradores, garantindo que o produto se mantenha em temperatura adequada. A finalidade principal do produto consiste no transporte hospitalar de materiais refrigerados. A partir disso, trabalhamos com o intuito de manter a temperatura do que precisamos transportar.

A principal vantagem da obtenção de energia por meio de células fotovoltaicas é por ser considerada uma fonte inesgotável e de energia renovável. Ao contrário dos combustíveis fósseis, esse processo de obtenção de energia não emite nenhum tipo de gás poluente com efeitos nocivos à saúde humana ou que contribuem com o aquecimento global, atendendo assim as necessidades da população ribeirinha.

5 CONCLUSÃO

Atualmente, estamos vivendo a era da sustentabilidade e fontes de energia renováveis é um dos fatores que mais crescem. A expectativa é que em breve, painéis solares sejam mais eficientes e de maior acesso, tornando-se grandes em capacidades de energia para refrigeração.

O Brasil é o local perfeito para estudos com energia solar, pois tem os principais ingredientes para isso: farta quantidade de silício e boa radiação solar. No entanto, não há mão de obra qualificada na área, fazendo com que os investimentos sejam escassos.

Conclui-se que um refrigerador portátil facilita o transporte de materiais com necessidades de baixa temperatura de forma eficaz e sustentável, utilizando-se a radiação solar com fonte de energia.

Este trabalho será executado com o intuito de melhorar o transporte de materiais com necessidades de baixa temperatura para armazenamento. A partir deste estudo, esperamos fazer testes contínuos para futuras melhorias.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL: “**Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE, Módulo 7 – Cálculo de Retorno**”. Rio de Janeiro, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (ANEEL). **Banco de Informações de Geração: BIG**. Disponível em: Acesso em: 01 maio 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (ANEEL); AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil) (ANP). **Perspectivas da termelétricidade no Brasil: relatório técnico**. Brasília, 2000

BURATTINI, M. P. T. C. **Energia: uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

ÇENGEL, YUNUS A.; BOLES, MICHAEL A. **Termodinâmica**. 5. ed. São Paulo (SP): McGraw-Hill, 2006.

COPETTI, J.; MACAGNAN, M. **Baterias em sistemas solares fotovoltaicos**. Abens – Associação Brasileira de Energia Solar. Fortaleza, 11, abr. 2007.10f. Cortez, 2007.

DAZCAL, R.; MELLO, A. **Estudo da Impementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em um edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie**.

Abenge – Associação Brasileira de Educação de Engenharia. Fortaleza, 2008.13f.

ECYCLE. **Energia solar**. Disponível em:<<https://www.ecycle.com.br/2890-energia-solar>>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

Fraxe TJP, Pereira HS, Witkoski AC. **Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Manaus: EDUA; 2007.

Fujioka, K., Yoshino, H., Inaba, H., Hirata, Y. **Investigation of Hydration Reaction of Calcium Chloride for Developing Multipurpose Chemical Heat Pumps**. In: International Sorption Heat Pump Conference. Proceedings...Science Press, 2002, pp. 431-437.

GASPAR, Alberto. **Física: Ondas - Óptica - Termodinâmica**. São Paulo: Editora Alica, 2003. 520 p.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES), **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro. 1 ed. Editora Ediouro, 2004.

HINRICHS, R.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2003. 543 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cadastro de municípios localizados na Amazônia Legal**. Disponível

em:<<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/amazonialegal.shtm?c=2>>.

Acesso em: 03 Mai. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do censo demográfico de 2010**. Disponível

em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=10&uf=00>>. Acesso em: 03 Mai. 2019.

MESSENGER, R.; VENTRE, J. **Photovoltaic Systems Engineering**. Boca Raton: CRC Press, 2010.

Mühle, I. N. **Instalação Frigorífica a Absorção**. In: Estudos Técnicos e Economia de Energia em Refrigeração, Aplicações da Amônia, Ed. da Univ. do Amazonas, Manaus, 1998.

ONUDI. Energia Solar Fotovoltaica. **Programa de Capacitação em Energias Renováveis**: Observatório de Energias Renováveis Para América Latina e Caribe, 2015.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. 530 p.

PIRANI, Marcelo. **Refrigeração e ar condicionado**. Disponível em: <http://www.daem.ufba.br/paginas/refrigeracao_ar_condicionado.htm>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

PORTAL SOLAR. **Tipos de painel fotovoltaico**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 17 Ago. 2018.

PORTAL SOLAR. **Tipos de painel fotovoltaico**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/curiosidades-sobre-energia-solar/arcondicionado-movido-a-energia-solar--mito-ou-verdade-.html>>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

Renewables 2012 Global Status Report – REN21- **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century**. Disponível em: <<https://www.ren21.net>>. Acessado em: 06 Mai. 2019.

Ruther, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1a ed. Florianópolis: UFSC, 2004.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23ª ed. São Paulo e Cortez, 2007.

Sousa IS. **As condições de vida e saneamento nas comunidades da área de influência do gasoduto Coari-Manaus em Manacapuru - AM**. Hygeia (Uberlândia) 2009; 5:88-98.

Spinner, B. **Ammonia-Based Thermochemical Transformers**. Heat Recovery Systems & CHP, v. 13, pp. 301-307, 1993.

Suda, S. **What is Required for Commercialization of Metal Hydride Refrigerators and Heat Pumps**. Heat Recovery Systems & CHP, v. 13, pp. 309-314, 1993.

VASCONCELLOS, L. EletrobrasProcel (Org.). **Energia solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da EletrobrasProcel e Parceiros**. Rio de Janeiro: EletrobrasProcel, 2012. 241 p.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações**. 2ª Ed. São Paulo: Érica, 2015.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Érica, 2012. 221 p.

Wang, R. Z., Wu, J. Y., Xu, Y. X., Teng, Y., Shi, W. **Experiment on a Continuous Heat Regenerative Adsorption Refrigerator Using Spiral Plate Heat Exchanger as Adsorbers**. Applied Thermal Engineering, v. 18, pp. 13-23, 1998.