

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Politécnica PECE – Programa de Educação Continuada
Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética

**Proposta de um canteiro de obras autossustentável para a realização de obras
em regiões isoladas**

Rodrigo Costa Franco

**São Paulo
2020**

RODRIGO COSTA FRANCO

**Projeto de um canteiro de obras autossustentável para a realização de obras
em regiões isoladas**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Andrade Barreto

São Paulo
2020

Dedico este trabalho à Deus e a minha família.

AGRADECIMENTOS

Em meio a uma pandemia mundial, agradeço primeiramente a Deus pela minha saúde, por ter me dado força, paciência e sabedoria para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram em todos os momentos da minha vida e que ajudaram na conquista deste trabalho.

À minha namorada Daniela Sousa, por estar ao meu lado nos momentos de dificuldade, pela paciência, pelo carinho, pelo amor e pela compreensão nessa caminhada. Te amo.

A todos os meus familiares que estiveram comigo nessa caminhada, os quais pude compartilhar momentos de alegria e de grande

A todos os meus amigos que estiveram comigo nessa caminhada e aos que conquistei durante as aulas, os quais pude compartilhar bons momentos.

À instituição PECE – Programa de educação continuada - USP e aos grandes professores e colaboradores que proporcionaram grande contribuição em minha formação acadêmica.

“Aprendi que coragem não é a ausência de medo, mas o triunfo sobre ele. O homem corajoso não é aquele que não sente medo, mas o que conquista esse medo”.

Mandela,Nelson.

RESUMO

Com o desenvolvimento da construção civil, tem-se elevado o grau de complexidade dos empreendimentos, permitindo reduzir prazos de execução ao mesmo tempo em que se precisa otimizar recursos devido aos orçamentos mais restritos. Os profissionais precisam buscar alternativas para atingir esses objetivos e, nos dias de hoje, um grande desafio para o setor é a realização de obras em locais mais remotos. Isso ocorre, pois, a construção nesses ambientes tende a apresentar um custo mais elevado pela falta de infraestrutura. É imprescindível buscar formas de permitir que as empresas possam criar maneiras de construir em locais remotos de forma segura e com menor impacto ao meio ambiente. Uma forma de atingir isso pode ser seguir o modelo de habitações autossustentáveis. Este trabalho teve como objetivo propor a criação de um canteiro de obras autossustentável que permita o desenvolvimento de atividades em campo com maior independência energética. Realizou-se uma pesquisa de campo, em que foram coletadas informações sobre como desenvolver esse novo conceito. Os resultados mostram que há a possibilidade de criar um canteiro de obras autossustentáveis, para tal, é preciso compreender adequadamente as necessidades do projeto, além de trabalhar questões como a geração de energia elétrica por meio do sol, a utilização de sistemas fotovoltaicos, entre outras coisas. Assim, foi possível constatar que é possível construir um canteiro de obras autossustentável, sendo imprescindível que as empresas adotem esse instrumento para se diferenciarem dos seus concorrentes.

Palavras-chave: Canteiro de Obras. Autossustentável. Construção Civil.

ABSTRACT

With the development of civil construction, the level of complexity of the undertakings increases, with this, it reduces the execution time and the same time in which it is necessary to optimize the resources due to the more restricted budgets. Thus, professionals need to seek alternatives to achieve these objectives and, today, a major challenge for the sector is the execution of works in more remote locations. This occurs, therefore, a construction in these environments has a higher cost due to the lack of infrastructure. In this scenario, it is impossible to look for ways to allow companies to create ways to create remote locations safely and with less impact on the environment. One way to achieve this can be the self-sustainable housing model. Therefore, this work aimed to propose the creation of a self-sustainable construction site that allows the development of activities in the field with a minimum of dependence on civilization. For this, a field research is carried out, in which information was collected on how to develop this new concept. The results show that there is the possibility of creating a self-sustainable construction site, for this, it is necessary to use the use as the project activities, in addition to working on issues such as generating electricity through the sun, using photovoltaic systems to heat water, among other things. Thus, it was possible to verify that it is possible to build a self-sustainable construction site, and it is essential that companies adopt this instrument to differentiate their stakeholders.

Keywords: Construction Site. Self-sustainable. Construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Insolação anual média no Brasil	18
Figura 2 – <i>Ranking</i> dos 10 países com maior capacidade anual instalada	19
Figura 3 – Matriz elétrica brasileira: potência instalada em operação (MW)	20
Figura 4 – Regiões em que se tem maior potencial agregado de geração de energia, bem como a os principais projetos relacionados à energia solar no Brasil	21
Figura 5 – Geração de energia solar no Brasil em 2020	22
Figura 6 – Célula fotovoltaica de silício amorfo	23
Figura 7 – Célula fotovoltaica de silício policristalino	24
Figura 8 – Célula fotovoltaica de silício monocristalino	25
Figura 9 – Construção de uma bateria do tipo chumbo ácido	26
Figura 10 – Coletor plano	28
Figura 11 – Tubo a vácuo.....	29
Figura 12 – Esquema de funcionamento de um aquecedor de alta pressão	30
Figura 13 – Boiler com capacidade para 100 litros	31
Figura 14 – Mini cisterna que pode ser empregada para a captação da água das chuvas.....	33
Figura 15 – Principais características que um isolamento térmico deve apresentar .	35
Figura 16 – Sistema a ser instalado no canteiro de obras	45
Figura 17 – Precipitação para o ano de 2020 em São Paulo	48
Figura 18 – Miniestação de tratamento de esgoto	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo diário no canteiro de obras em W	41
Tabela 2 – Potência disponível por dia e área para coleta.....	42
Tabela 3 – Cálculo da quantidade de placas a ser utilizada	42
Tabela 4 – Consumo diário de água por pessoa segundo a norma ABNT 15.569 ...	44
Tabela 5 – Consumo diário de água no canteiro de obras.....	44
Tabela 6 – Parâmetros de cálculo para isolamento térmico do canteiro de obras	46
Tabela 7 – Investimento requerido para o canteiro de obras sustentável	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Propriedades, vantagens e sustentabilidade de se utilizar EPS.....47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EPS	Poliestireno Expandido
SIN	Sistema Interligado Nacional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	17
2.2 DIMENSIONAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO	22
2.2.1 Painéis solares	22
2.2.2 As baterias.....	25
2.3 AQUECIMENTO SOLAR	27
2.4 SISTEMA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS CHUVAS.....	31
2.5 SISTEMA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS SUSTENTÁVEIS.....	33
2.6 ISOLAMENTO TÉRMICO	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1 TIPO DE PESQUISA ADOTADA NA PESQUISA.....	36
3.2 ETAPAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	37
3.2.1 Coleta dos dados da pesquisa em campo.....	37
3.2.2 Dimensionamento do canteiro de obras	38
3.2.3 Estudo da viabilidade financeira de implementação dos itens requeridos para o canteiro de obras	38
3.2.4 Cálculos	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 PROPOSTA DO SISTEMA de ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	41
4.2 PROPOSTA DAS BATERIAS	43
4.3 PROPOSTA DO SISTEMA PARA GERAR ENERGIA TÉRMICA	43
4.4 ESCOLHA do ISOLAMENTO TÉRMICO	45
4.5 INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA PARA CAPTAR ÁGUA DE CHUVAS	47
4.6 SISTEMA PRÓPRIO PARA TRATAR ÁGUA E ESGOTO	48
4.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DO CANTEIRO DE OBRAS SUSTENTÁVEL	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução dos métodos de fabricação, bem como a implementação de empreendimentos e grandes obras em superfícies terrestres tem sido possível realizar obras em vários locais, que são, normalmente, habitados. No entanto, quando se deseja executar construções em ambientes com difícil acesso ou mais remotos como em áreas isoladas, florestas fechadas, entre outras coisas, começar as obras pode ser um problema.

Não há infraestrutura suficiente para começar os trabalhos, necessitando que as empresas invistam em várias questões como implementação de condições sanitárias, desenvolvimento de acessos, entre outras coisas que acabam elevando o valor do empreendimento. Buscar formas de garantir que as obras sejam desenvolvidas em locais remotos a custos mais baixos é uma necessidade.

Emerge o conceito de construção sustentável, em que se pode desenvolver instalações autossustentáveis, que são semelhantes a uma casa portátil, esses ambientes podem se sustentar de forma independente. Exportar esse conceito para a construção civil é algo necessário e que pode contribuir para reduzir os custos de empreendimentos em locais mais afastados.

É interessante buscar desenvolver um canteiro de obras que seja autossustentável, ou seja, que tenha a capacidade de produzir sua própria energia, de tratar seu esgoto, de reutilizar a água, por exemplo. Os canteiros de obras são locais de trabalho fixos ou temporários em que se desenvolvem operações de execução e apoio à construção. Este trabalho buscou estudar o seguinte problema, que está apresentado em forma de uma pergunta, que é, como desenvolver um canteiro de obras que seja autossustentável para a construção em locais remotos?

Para responder a essa pergunta o objetivo geral foi criar um canteiro de obras com maior autonomia energética que permita o desenvolvimento de atividades em campo com maior autonomia energética. Já o objetivo específico foi desenvolver um canteiro de obras utilizando formas de aproveitar, gerar e armazenar energias e recursos naturais.

Este trabalho se justifica, uma vez que, permitiu um avanço em um importante campo de estudo na construção civil. Será possível desenvolver um canteiro de obras que apresenta maior autonomia energética, permitindo aumentar a autonomia energética. Portanto, a instituição que adotar esse empreendimento adquire um

diferencial competitivo, pois estará habilitada para trabalhar nos mais variados terrenos. O impacto ambiental será menor com esse tipo de construção, o que também irá favorecer o seu uso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

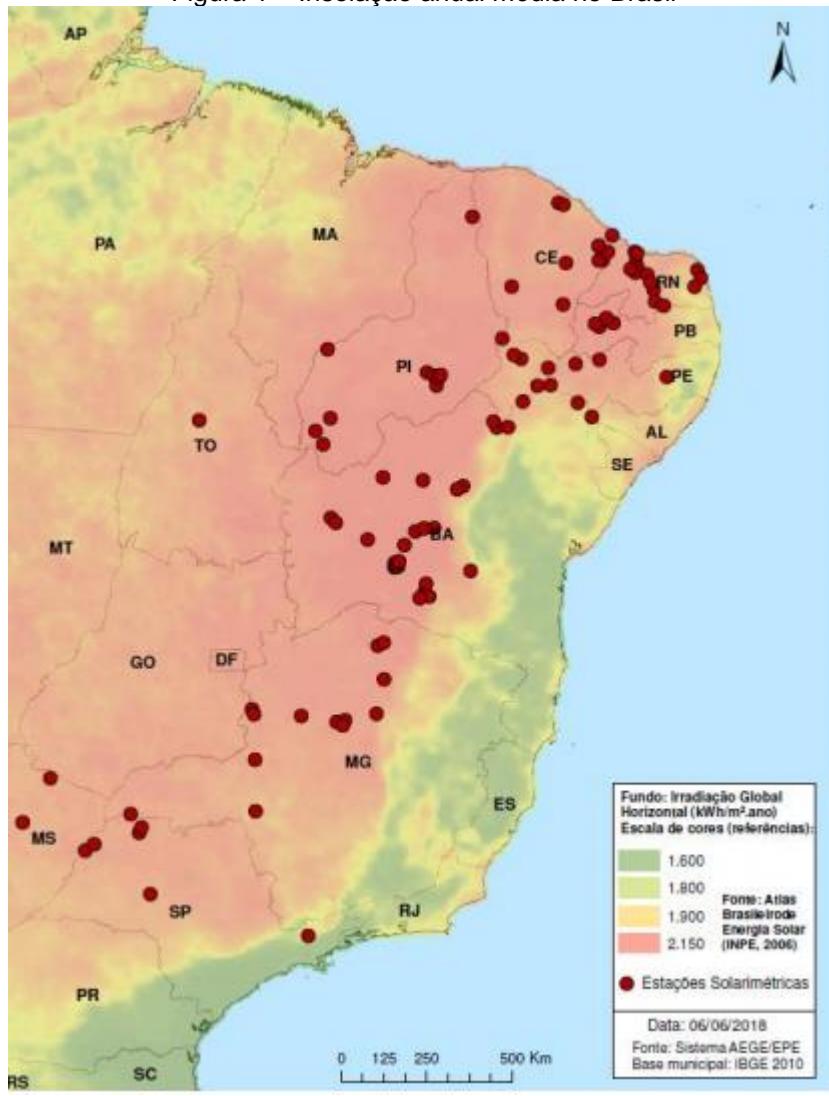
2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

É importante mencionar que grande parte das fontes de energia que existem no planeta Terra podem ser consideradas como sendo fontes de energia solar indireta, entre as quais destacam-se a energia hidráulica, a biomassa, a energia eólica, entre outras. A energia solar ou dos raios solares é mais empregada quando se deseja aquecer água, isto é, para gerar energia térmica e também para gerar energia elétrica (MAIA, 2018).

Outra questão importante referente à energia solar, é o fato de o Brasil contar com esse recurso em abundância, uma vez que, o país se encontra situado na região intertropical do planeta. As variações existentes na energia total incidente na crosta terrestre tendem a ser mais amenas nas várias estações do ano no país. É importante apontar ainda que vários estados brasileiros se encontram próximo da Linha do Equador, que é uma região na qual a variação da energia solar durante o ano também é mínima (MATHYAS, 2015).

Para ilustrar o potencial de geração de energia solar anual brasileiro, pode-se observar a figura 1, que apresenta a média de insolação anual no Brasil. O que se nota na imagem é que os estados da região nordeste são aqueles que tendem a ter uma incidência de radiação solar mais elevada. A principal causa disso está relacionada com o fato de esses estados estarem situados mais perto da Linha do Equador quando comparados com os demais estados brasileiros (MIRANDA, 2013).

Figura 1 – Insolação anual média no Brasil



Fonte: EPE (2020)

O que acontece na prática é que a radiação solar incidente no solo é fracionada durante o seu percurso até a superfície terrestre, os raios solares passam por diversos obstáculos como as nuvens, por exemplo. Outro fenômeno que ocorre é que uma pequena parte deles tende a ser refratada ou absorvida pela atmosfera (CRUZ, 2015). Um elemento que pode interferir na radiação solar são as nuvens, ao interagir com esses elementos, os raios tendem a ser difratados, impedindo, por exemplo, que estes alcancem a superfície (CHITOLINA, 2017).

Mesmo com esse cenário promissor, percebe-se que o Brasil tem muito a evoluir quando o assunto é energia solar fotovoltaica. E isso pode ser observado no ranking que aponta os principais países com maior capacidade instalada, que é apresentado na figura 2. Percebe-se que o país não figurava no ranking mencionado no ano de 2017, porém, o Chile é o único país da América do Sul que apareceu na

lista ocupando a décima posição com uma capacidade anual instalada de 0,7 giga-Watts.

Figura 2 – Ranking dos 10 países com maior capacidade anual instalada

1		China	34,5 GW
2		USA	14,7 GW
3		Japan	8,6 GW
4		India	4 GW
5		UK	2 GW
6		Germany	1,5 GW
7		Korea	0,9 GW
8		Australia	0,8 GW
9		Philippines	0,8 GW
10		Chile	0,7 GW

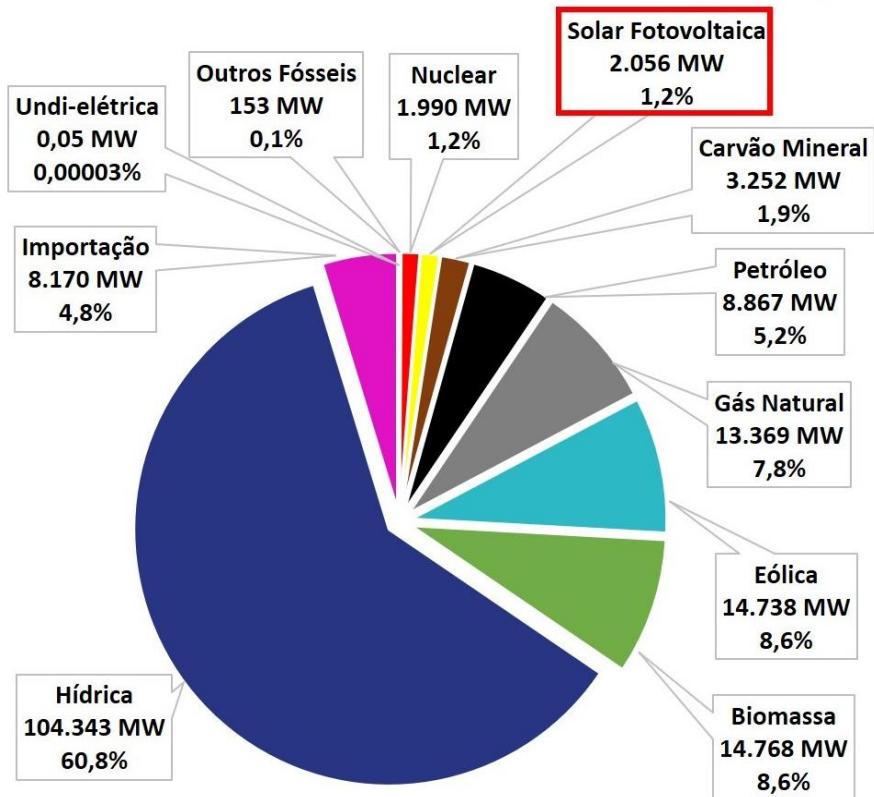
Fonte: ABSOLAR (2017)

Os incentivos estatais têm promovido a redução dos preços da energia gerada utilizando esse recurso. Observa-se que, em muitos casos, a geração de energia empregando a fonte solar tem sido menor quando comparada com outros tipos de recursos renováveis como a biomassa e também as pequenas centrais hidrelétricas (ANEEL/ABSOLAR, 2019). Para se ter uma ideia, em 2020, a energia gerada pela radiação solar alcançou um nível histórico. Tal marco se deu, pois, foram superados os 3 mil MW de potência operacional em sistemas centralizados de geração de energia solar fotovoltaica, que são as usinas interligadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (PORTAL SOLAR, 2020)

Em 2019, foram gerados cerca de 2.056 MW de capacidade instalada por meio da fonte solar. É importante apontar que esse total de energia gerada foi alcançado graças ao sistema fotovoltaico que tem como base a conversão direta da radiação solar na energia elétrica. Esse tipo de energia, mais limpa, sustentável e renovável tem conquistado seu espaço, se tornando mais competitiva, sendo que ela equivale a cerca de 1,2% da matriz energética elétrica que existe no Brasil. Essa fonte de energia alcançou a sétima posição no ranking nacional dos maiores produtores de energia elétrica, deixando para trás a energia nuclear, por exemplo (ANEEL/ABSOLAR, 2019). A figura 3 mostra os dados referentes à matriz elétrica do

Brasil no ano de 2019.

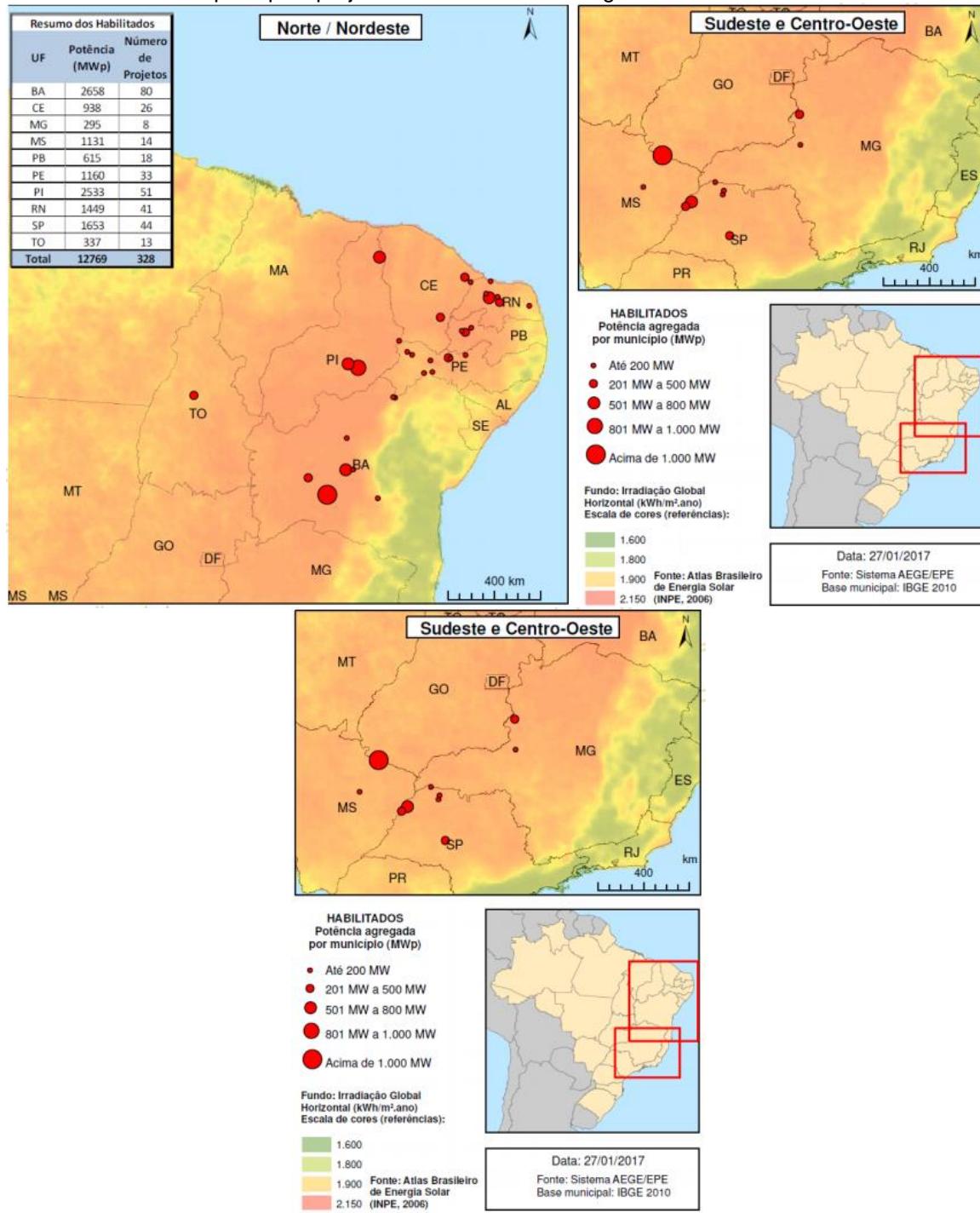
Figura 3 – Matriz elétrica brasileira: potência instalada em operação (MW)



Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2019)

Já a figura 4 aponta as principais regiões brasileiras que apresentam maior potencial agregado na geração de energia, assim como os projetos associados à geração de energia solar no Brasil. Percebe-se que grande parte dos estados localizados no nordeste do país, além do Tocantins e de Minas Gerais, são as regiões que tem um maior potencial para gerar energia solar fotovoltaica.

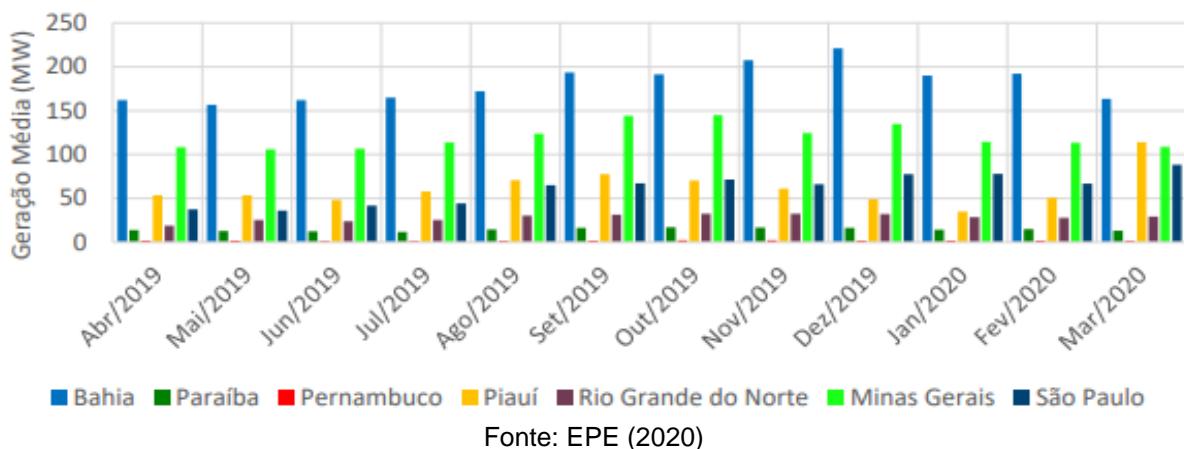
Figura 4 – Regiões em que se tem maior potencial agregado de geração de energia, bem como a os principais projetos relacionados à energia solar no Brasil



Fonte: EPE (2020)

A figura 5, por sua vez, aponta a geração de energia solar média por estado brasileiro em 2019. Percebe-se nos meses, o estado da Bahia e de Minas Gerais foram os que geraram mais energia solar.

Figura 5 – Geração de energia solar no Brasil em 2020



Fonte: EPE (2020)

2.2 DIMENSIONAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO

Para dimensionar um sistema de energia solar fotovoltaico é preciso considerar vários elementos. A seguir são apresentados alguns desses elementos que são os painéis e as baterias.

2.2.1 Painéis solares

Os painéis solares são formados por células fotovoltaicas, que são componentes empregados para converter diretamente a radiação do sol em energia elétrica por meio do fenômeno denominado efeito fotoelétrico. Quando surgiram, os painéis solares apresentavam altos custos devido à alta tecnologia requerida para fabricá-los, sendo que o valor era de aproximadamente US\$ 600 a cada Watt gerado. Com o passar dos anos e com a evolução tecnológica tem sido possível fabricar células a custos mais baixos, cerca de US\$ 6 a cada Watt (de pico instalado) e com maiores rendimentos (SANTOS, 2018).

Carneiro (2009) afirma que a escolha do melhor tipo de painel deve ser feita considerando vários fatores, o principal deles é a capacidade de geração. Para calcular a capacidade de geração de um sistema satisfatoriamente é preciso seguir os passos elencados a seguir:

- Calcular qual é a potência necessária para os equipamentos utilizados, obtido em Watts.
- Após isso, deve-se multiplicar a potência de cada um dos dispositivos e/ou ainda o uso diário médio para que se possa alcançar a potência consumida

- em Watts-hora por dia.
- c) Calcular qual é a potência total, feito por meio da soma de todos os valores que foram obtidos na etapa anterior.
 - d) Depois, deve-se dividir a potência calculada anteriormente pela tensão do sistema com o intuito de se determinar qual a corrente necessária para o funcionamento em amperes-hora por dia.
 - e) Em seguida, divide-se a corrente calculada (C/s) no item anterior pelo menor valor médio de insolação diária (W/m^2), desse modo, é possível estabelecer a corrente requerida em ampere-hora.
 - f) E, por fim, escolhe-se o painel mais adequado, sendo que ele precisa apresentar uma capacidade de geração superior ao valor calculado.

As células fotovoltaicas são materiais fabricados empregando semicondutores, sendo o silício o principal deles. O silício é dividido em três grupos principais, que variam em função de sua estrutura molecular, sendo eles divididos em três grupos principais, que são os amorfos, os policristalinos e os monocristalinos (KALOGIROU, 2016).

As células de silício amorfo apresentam uma estrutura com alto nível de desordem estrutural, o que resulta em excelentes propriedades para a geração de energia solar. É importante mencionar que esses materiais apresentam uma série de beneficiamentos, que passam pelo processo de fabricação e vão até a suas propriedades elétricas (BALFOUR *et al.*, 2016). A figura 6 mostra uma célula constituída de silício amorfo.

Figura 6 – Célula fotovoltaica de silício amorfo



Fonte: Martins (2020)

Zilles *et al.* (2012) afirma que as células fabricadas utilizando silício amorfo podem ser obtidas de várias maneiras, sendo que a principal delas é a deposição de substratos. Consegue-se absorver radiação solar no espectro do visível, o que contribui para que esse sistema permita a obtenção de painéis mais baratos. No entanto, as células de silício amorfo têm dois problemas, que são:

- a) A rápida degradação que resulta na diminuição da sua eficiência.
- b) O baixo poder de conversão quando se compara esse elemento com os outros tipos de células cristalinas.

Esse tipo de material apresenta diversos benefícios, entre os quais, pode-se mencionar os baixos custos de fabricação, a simplicidade, a probabilidade de se obter células com áreas maiores e o baixo consumo de energia em sua produção (MOREIRA, 2017).

As células de silício multicristalino ou cristalino apresentam um custo de fabricação menor quando comparado com as células fabricadas em silício monocristalino. No primeiro caso, requer-se processos de preparação das placas mais flexíveis. Esse material apresenta uma eficiência mais baixa do que as células de silício monocristalino, aproximadamente 16% (silício cristalino), contra 22,2% (silício monocristalino) (SANTOS, 2018).

Figura 7 – Célula fotovoltaica de silício policristalino



Fonte: Portal Solar (2020)

Seguel (2009) aponta que há várias formas para a obtenção de células de silício monocristalino, entre as mais comuns, pode-se mencionar:

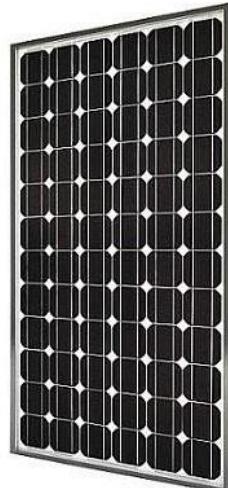
- a) O corte das fitas.
- b) O corte dos lingotes.

c) A deposição de filmes de substrato.

A diferença é que essas técnicas tendem a formar cristais que apresentam propriedades específicas. Outras questões importantes podem ser influenciadas por cada um desses processos, sendo que as principais delas são o teor de impurezas e ainda a morfologia e o tamanho das partículas. Esse processo é capaz de produzir células com uma eficiência teórica de cerca de 27%, mas, os produtos comercializados apresentam uma eficiência que oscila entre 15 e 18% (GAZOLI, 2018).

As células de silício monocristalino são as mais empregadas e as mais vendidas quando se deseja realizar a conversão direta de energia solar em energia elétrica. A principal razão é o seu processo de fabricação, que é mais consolidado quando comparado com os outros tipos (SILVA, 2015). A figura 8 mostra uma célula fotovoltaica de silício monocristalino.

Figura 8 – Célula fotovoltaica de silício monocristalino



Fonte: Portal Solar (2020)

As placas constituídas de células constituídas de silício monocristalino são aquelas que apresentam maior eficiência entre todas as células fabricadas usando silício como o semicondutor base. Essas células podem atingir facilmente 15% de eficiência.

2.2.2 As baterias

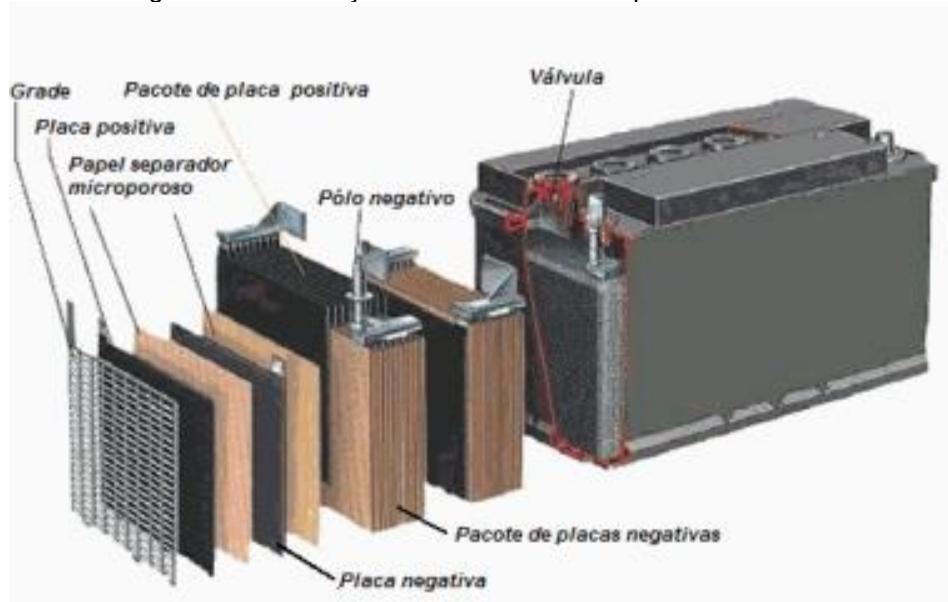
As baterias, por sua vez, são elementos que tem como objetivo armazenar a energia que é gerada no sistema fotovoltaico. As baterias são responsáveis ainda

por estabilizar a corrente e a tensão durante o processo de alimentação de cargas elétricas, evitam-se quaisquer transitórios que possam ocorrer durante a geração (KALOGIROU, 2016).

As baterias são empregadas também para potencializar a intensidade da corrente que um sistema fotovoltaico entrega para o sistema. Para ilustrar esse fenômeno, pode-se mencionar os motores de arranque, que são elementos que precisam de uma corrente de 4 a 6 vezes maior do que a sua corrente nominal (GAZOLI, 2018).

As baterias de chumbo-ácido são aqueles instrumentos formados por uma solução aquosa (eletrólito) constituída de ácido sulfúrico, sendo que a matéria ativa é o chumbo. Esse tipo de bateria é constituído de um conjunto de elementos e células formados por duas placas de polaridade opostas e isoladas entre si, mas, as duas são banhadas pela solução aquosa de ácido sulfúrico. Esses elementos estão interligados no interior da bateria, o que auxilia na determinação da sua tensão e de sua capacidade nominal (MONTEIRO, 2017). A figura 9 ilustra como uma bateria chumbo-ácido é construída.

Figura 9 – Construção de uma bateria do tipo chumbo ácido



Fonte: UFRGS (2020)

As baterias constituídas de níquel-cadmio, por sua vez, também são empregadas para armazenar energia em sistemas de geração de energia fotovoltaica. É importante destacar que a sua estrutura interna é semelhante à das

baterias constituídas de chumbo-ácido. A diferença entre esses elementos diz respeito ao eletrólito e a matéria ativa, sendo que nas de níquel-cádmio utiliza-se hidróxido de níquel nas placas positivas e o óxido de cádmio nas placas negativas e o eletrólito é de hidróxido de potássio (BALFOUR *et al.*, 2016).

Gazoli (2018) acredita que as baterias de chumbo apresentam diversas vantagens sobre as de níquel-cádmio, o que faz com que elas sejam mais empregadas nos sistemas de geração de energia solar fotovoltaica. As principais vantagens das baterias de chumbo são:

- a) A baixa manutenibilidade.
- b) A maior capacidade de reter temperaturas menores.
- c) O maior tempo de vida.
- d) A boa resistência a sobrecargas.
- e) Não requer tensão para que se tenha a regulação de cargas.

Gazoli (2018) destaca que os principais inconvenientes das baterias de níquel-cádmio são:

- a) Os custos mais altos.
- b) E a limitação quanto ao uso da bateria quando comparado com as baterias constituídas de chumbo.

Para dimensionar as baterias deve-se optar por utilizar as que suportam descarga profunda ou reduzir a profundidade de descarga pelo aumento de capacidade do banco de baterias. Outro elemento que afeta a escolha desse tipo de bateria está relacionado com a sua vida útil, que é mais alta quando se analisa as baterias comumente usadas em automóveis. E, por fim, para dimensionar o melhor banco de baterias é preciso multiplicar por três a corrente diária que é consumida pela instalação (KALOGIROU, 2016). O dimensionamento das placas e das baterias é apresentado com mais detalhes na metodologia, em que se detalham as equações empregadas, bem como os parâmetros utilizados para os cálculos.

2.3 AQUECIMENTO SOLAR

Os aquecedores solares são elementos responsáveis por aquecer a água com o auxílio da energia solar, o que contribui para preservar o meio ambiente, pois, a sua fonte de geração energética é uma fonte gratuita, ecológica e natural. Esse recurso é inesgotável e não impacta o meio ambiente. Em 2013, contava-se com

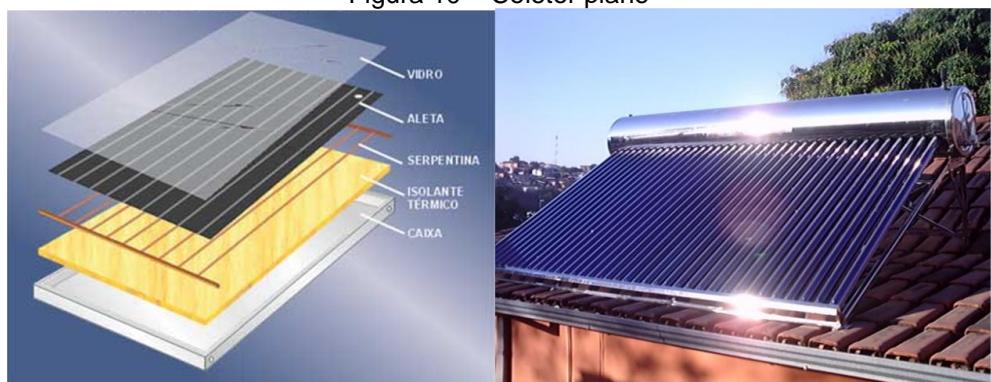
uma área de cerca de 8,4 milhões de metros quadrados instaladas no que se refere a coletores térmicos instalados. O Brasil, por sua vez, figurava nesse *ranking*, ocupando a quinta posição no que tange ao uso da energia térmica solar (MIYAZATO, 2016).

É importante destacar que existem dois tipos principais de aquecedores solares, sendo este os planos fechados e abertos, que são construídos e vendidos no país desde o começo dos anos de 1980. Pode-se apontar que o Brasil evoluiu consideravelmente no desenvolvimento dessa tecnologia, o que contribuiu ainda para que esses componentes integrassem o Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro (ROSA, 2010).

Existem dois tipos de coletores solares, sendo que cada um deles apresenta uma aplicação específica. é imprescindível levar em consideração que os modelos mais caros nem sempre são aqueles mais eficientes e econômicos em qualquer situação. Tal evento se dá, pois, há uma forma de tecnologia que é apropriada para cada particularidade e nível de temperatura de trabalho (SOARES, 2019).

O coletor plano, que é dotado de uma superfície plana responsável por receber a radiação e, posteriormente, transmitir o calor gerado por ela para o fluido contido no interior do coletor. Existem ainda os coletores solares abertos, que são aqueles modelos que não contam com uma cobertura transparente e há também os fechados, que são aqueles modelos montados em uma caixa com tampa de vidro (KALOGIROU, 2016). A figura 10 ilustra um coletor plano.

Figura 10 – Coletor plano



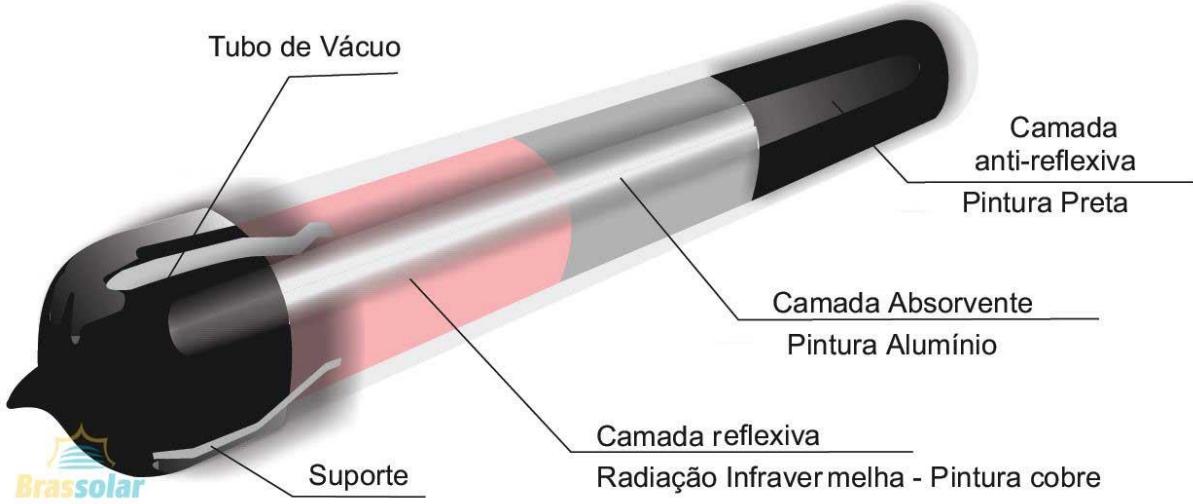
Fonte: Silva (2013)

O coletor do tipo plano e sem cobertura é o modelo mais simples existente, sendo esse material empregado para promover o aquecimento dos fluidos entre 10 e 15°C acima da temperatura do ambiente no qual está instalado. No Brasil, por

exemplo, pode-se utilizar os coletores sem cobertura quando se deseja uma temperatura de cerca de 35°C. Para aquecer líquidos, utilizam-se materiais poliméricos, conferindo-lhes menor custo e uma resistência à corrosão mais elevada.

O principal elemento integrante dos coletores solares a vácuo são os tubos de vidro dotados de paredes duplas com vácuo entre elas. Esses materiais apresentam uma estrutura que é formada pela associação de dois tubos transparentes e concêntricos construídos utilizando borossilicato. Tais elementos são capazes de resistir ao choque de pedras de granizo com no máximo vinte e cinco milímetros de diâmetros, além das altas temperaturas. Os tubos são revestidos com camadas de materiais específicos responsáveis por absorver e converter a quantidade máxima de luz infravermelha e radiação solar em calor ao mesmo tempo em que se tem menores emissões externas (LOPO, 2010). A figura 11 mostra um tubo coletor a vácuo.

Figura 11 – Tubo a vácuo



Fonte: Franca (2017)

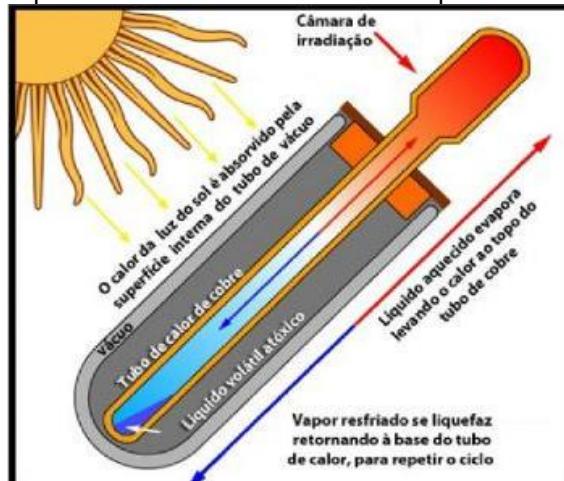
Os tubos a vácuo podem ser de baixa pressão ou de alta pressão, que são escolhidos em função da pressão do líquido que se quer aquecer. Os aquecedores de baixa pressão são aqueles mais empregados para aquecer a água com a energia solar, sendo este elemento amplamente versátil, indo desde uma utilização em ambientes domésticos, até em locais maiores como hotéis, por exemplo. As principais vantagens desse elemento são a sua facilidade de instalação e o menor preço, o que permite a sua utilização em qualquer ambiente (GEORGI, 2015).

Seu princípio de funcionamento é relativamente simples, a água é aquecida

em tubos a vácuo e, por meio de um princípio denominado termo sifão, há a transmissão do fluido para o reservatório térmico. Esse aquecedor pode ser combinado, o que lhe confere uma maior capacidade, ao mesmo tempo em que se mantém uma boa eficiência (CARREIRA JUNIOR, 2015). Um exemplo de aquecedor de baixa pressão pode ser observado na figura 10.

Os aquecedores de alta pressão, por sua vez, utilizam tubos de cobre – *Heat Pipes* – para promover o aquecimento do fluido a radiação absorvida pelos tubos é diretamente convertida em calor, o que resulta no aquecimento dos tubos de cobre que existem no interior dos tubos a vácuo. O líquido que existe no interior dos conduítes de cobre evapora e se concentra no bulbo superior, promovendo o aquecimento da água que circula no interior do tubo de cobre principal com líquido em alta pressão (GEORGI, 2015). A figura 12 ilustra o esquema de funcionamento de um aquecedor de alta pressão.

Figura 12 – Esquema de funcionamento de um aquecedor de alta pressão



Fonte: E Cycle (2020)

Após o aquecimento do fluido é preciso armazená-lo utilizando um ponto de acumulação ou a central de acumulação. Esses dispositivos são elementos que tem como principal finalidade manter a água aquecida, ao mesmo tempo em que ela é armazenada. Esse reservatório pode ser chamado ainda de Boiler, como mostra a figura 13 que ilustra um Boiler com capacidade para 100 litros (SOARES, 2019).

Figura 13 – Boiler com capacidade para 100 litros



Fonte: Pratosol (2020)

Os Boilers são dotados de isolamento térmico e sua capacidade de armazenamento pode oscilar entre 100 e 5 mil litros. É possível instalar esses sistemas no nível ou abaixo do nível da caixa de água, que irá variar de acordo com o sistema de circulação empregado (ROSA, 2010).

2.4 SISTEMA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS CHUVAS

Um importante conceito relacionado com a sustentabilidade no século XXI e que tem sido amplamente utilizado nos empreendimentos é a captação e o reaproveitamento da água das chuvas. A constante necessidade de se buscar alternativas para minimizar o consumo de energia e aproveitar os recursos disponíveis fez com que diversas maneiras de se empregar os recursos naturais fossem reavaliadas, especialmente o uso da água proveniente das chuvas (BARBOSA *et al.*, 2017).

Durante as chuvas, toda a água incidente nas edificações é coletada com o auxílio de calhas, que posteriormente direciona esse elemento para o sistema pluvial (GUERRA, 2016). Caso a edificação opte por instalar reservatórios e filtros antes do descarte da água, esta pode ser reutilizada. A água não potável pode ser empregada para o uso em jardins, para lavar automóveis, em descargas, por exemplo. Existem casos nos quais esses elementos podem ser usados como água potável, para tal, é preciso adotar sistemas de purificação e filtragem (REZENDE; TECEDOR, 2017).

A água doce é facilmente encontrada em várias regiões do planeta, no entanto, existem regiões em que esse recurso já está em escassez, fruto da evolução da urbanização e o crescimento populacional. É necessário buscar formas de adotar novas técnicas para aproveitar melhor esse importante recurso natural, especialmente no Brasil, que é um país que tem uma grande abundância de recursos hídricos (CAVALCANTI *et al.*, 1999).

Para se ter uma ideia, a disponibilidade hídrica estimada no Brasil é de aproximadamente 35.732 m³ por habitante ao ano, o que faz com que o país seja considerado como sendo rico em água. Outro ponto que merece destaque é o fato de o país contar com cerca de 12% de toda a água doce disponível no mundo, o que é algo importante para o país (MEDEIROS *et al.*, 2012).

Para Morais (2016), a água das chuvas pode ser armazenada ou captada de várias formas, que são feitas considerando as capacidades das instalações, independentemente da maneira, é preciso assegurar a qualidade das águas. Para garantir esse parâmetro é importante seguir quatro etapas básicas, que são:

- a) Avaliar a qualidade da água antes que ela caia no solo.
- b) Depois, analisa-se a qualidade da chuva após a sua precipitação na área impermeabilizada ou no telhado.
- c) Já a terceira é analisar a água armazenada no reservatório, pois, é preciso deixá-la em repouso para que os elementos sólidos contidos na água decantem e se depositem no fundo do reservatório.
- d) E, por fim, no ponto de consumo.

O emprego de superfícies coletoras também pode impactar suas características naturais. Existe também o fenômeno da deposição seca, que ocorre quando há a sedimentação gravitacional e a interceptação de partículas ou a absorção dos gases na superfície dos compostos da atmosfera. Esse fenômeno ocorre, normalmente, em períodos de estiagem (SILVA *et al.*, 2020).

A qualidade da água coletada tende a diminuir à medida que ela passa pela superfície de captação, como isso, recomenda-se que a primeira água captada seja descartada. Assim, tem-se o processo que é denominado autolimpeza, que nada mais é do que descartar o primeiro volume de água da chuva coletada. Por meio dessa medida é possível eliminar problemas de contaminação por óleo combustível, fezes de animais, entre outras coisas (COSTA *et al.*, 2020).

A água proveniente das chuvas pode ser coletada de várias maneiras dentre

as mais comuns tem-se os telhados, as malhas de dreno e as calhas. Após isso, é preciso armazená-la em cisternas ou caixas d'água, sendo recomendado que esses ambientes sejam protegidos do calor e da luz a fim de evitar a propagação de bactérias (GUERRA, 2016). A figura 14 ilustra uma mini cisterna que pode ser empregada para a captação da água das chuvas.

Figura 14 – Mini cisterna que pode ser empregada para a captação da água das chuvas



Fonte: E Cycle (2020)

Para captar a água das chuvas é preciso atender a alguns critérios determinados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas na norma CEET – 00.001.77, que foi publicada no ano de 2007. Essa norma é responsável por determinar questões como tipos de sistemas de filtragem, os valores mínimos dos reservatórios, entre outras coisas (BARBOSA *et al.*, 2017). Assim, no canteiro de obras dimensionado neste estudo tem duas finalidades principais, que é o uso para descarga de sanitários, para a lavagem das mãos e para a lavagem de roupas (devendo passar por um tratamento prévio).

2.5 SISTEMA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS SUSTENTÁVEIS

Para que se desenvolvesse um canteiro de obras que apresentasse maior autonomia, este trabalho buscou uma forma de tratar do esgoto gerado no empreendimento. Esse espaço deve ter condições de oferecer e abrir os colaboradores em locais mais remotos sem impactar o meio ambiente no qual ele

está. Existem algumas formas alternativas de se tratar esgotos em regiões em que não se tem nem um saneamento básico adequado, o canteiro de obras partiu desse princípio para a escolha de um sistema de tratamento de resíduos.

A ausência de saneamento básico é um problema que acomete uma série de países subdesenvolvidos, especialmente os situados no continente Africano. Existem novas alternativas para solucionar esses problemas. Uma forma de se resolver isso é por meio da biorremediação vegetal ou fossa verde, que é uma técnica eficiente que busca tratar efluentes domésticos com o intuito de garantir uma melhor qualidade de vida para a população. Tal ferramenta permite que haja o plantio de várias espécies frutíferas, o que propicia a melhoria do tratamento e eleva a saúde das pessoas que ali residem (COELHO *et al.*, 2018).

Atualmente, existe uma série de soluções e de pesquisas que buscam desenvolver soluções alternativas e mais eficientes para tratar os esgotos de maneira mais eficiente em regiões muito populosas. Um exemplo são as tecnologias anaeróbias, que pode ser empregada em países subdesenvolvidos devido ao baixo custo. Essa alternativa também pode ser usada nos países desenvolvidos, pois há um espaço reduzido nos grandes centros urbanos (LEONETI *et al.*, 2011).

Diante do maior investimento nas indústrias e o avanço tecnológico, tem-se buscado ainda formas sustentáveis para satisfazer as necessidades das empresas e do ser humano. Surgiram vários equipamentos portáteis que tem a capacidade de purificar a água, ao mesmo tempo em que trata o esgoto, o que permite o seu reuso em várias atividades cotidianas (LIRA; CANDIDO, 2013).

Esses dispositivos são chamados de miniestações de tratamento de esgoto, que são equipamentos construídos de plástico reciclável, leve e atóxico. Consegue-se atender locais afastados e ainda que não contam com sistemas de tratamento de esgoto, evitando a contaminação de lençol freático, do solo, entre outros devido à ausência de tratamento correto do esgoto (CORNELLI, 2014).

As miniestações de tratamento de esgoto contam com ação com caráter biológico, ou seja, a água servida tem seu tratamento baseado em microrganismos benéficos e eficientes, que atuam se multiplicando e, consequentemente, removendo a carga orgânica dos efluentes. Eliminam-se coliformes fecais e totais e bactérias, reduzindo assim a probabilidade do surgimento de doenças originárias pela falta de saneamento básico (LEMOS, 2011).

2.6 ISOLAMENTO TÉRMICO

Para assegurar conforto térmico no canteiro de obras ao longo do seu uso simulou-se as condições internas de temperatura que serviu de base para a aplicação de conceitos ligados ao isolamento térmico a fim de melhorar tal parâmetro no empreendimento. O conforto térmico, que consiste em um estado de espírito no qual um indivíduo está confortável com o ambiente que o circunda. O ser humano só irá se sentir conforto térmico quando o balanço das trocas de calor nas quais ele está sujeito for nulo, ao mesmo tempo em que o suor e a temperatura da pele se enquadrem de certos limites (SILVA; VASCONCELOS, 2017).

Esse conceito é subjetivo, uma vez que existem várias questões e variáveis que podem impactar no bem-estar térmico do ser humano no meio que ele está. Existem vários pesquisadores que estudam esse tema, sendo que a maior parte deles tentam simplificar tal conceito a fim de melhorar sua compreensão, no entanto, as definições tendem a várias de acordo com cada um deles (OLIVEIRA *et al.*, 2000). A figura 15 mostra as principais características que um isolamento térmico deve apresentar.

Figura 15 – Principais características que um isolamento térmico deve apresentar

	CONDUÇÃO	CONVEÇÃO	RADIAÇÃO	EVAPORAÇÃO
INVERNO	Promover ganhos		Promover ganho de calor solar	
	Resistir às perdas	Minimizar fluxos de calor por condução	Minimizar fluxo de ar externo Minimizar infiltração de ar	
VERÃO	Resistir aos ganhos	Minimizar fluxos de calor por condução	Minimizar infiltração de ar	Minimizar ganho solar Promover resfriamento evaporativo
	Promover Perdas	Promover resfriamento através do solo	Promover ventilação	Promover resfriamento radiativo

Fonte: Lamberts *et al.* (2014)

Existe uma outra questão que impacta no fluxo de calor, que é a condutividade térmica do material usado. A condutividade térmica é a capacidade que o material tem de conduzir uma menor ou maior quantidade de calor em um tempo específicos. Assim, materiais como lã de vidro, isopor, concreto celular, entre outros atuam como um excelente isolante térmico (MARTINS, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As pesquisas científicas são instrumentos que permitem realizar um estudo minucioso acerca de um dado problema. Em função desse problema, define-se a melhor metodologia para conduzir uma investigação. Esse instrumento permite que se encontrem respostas para questões relevantes por meio da aplicação de um método científico. As pesquisas sempre devem ter como ponto de partida um problema, que, normalmente, é apresentado em forma de uma pergunta (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Essa pergunta precisa preencher as lacunas existentes sobre uma determinada área, isto é, deve-se buscar conhecimento sobre algo que ainda não se tem respostas corretas. É essencial levantar hipóteses, que podem ser refutadas ou confirmadas durante a execução da pesquisa. É importante apontar que qualquer pesquisa precisa ter como base a teoria, que irá atuar como o ponto de partida para a realização da investigação.

Assim, a pesquisa é um componente que deve integrar as práticas de uma vida acadêmica. Isso ocorre, pois ela permite estimular espíritos investigativos, auxiliando a solucionar problemas e trabalhos sugeridos por profissionais especializados como orientadores e professores (MARCONI; LAKATOS, 2018).

3.1 TIPO DE PESQUISA ADOTADA NA PESQUISA

Esta pesquisa, no que se refere aos objetivos, é explicativa. Gil (2010) afirma que ao se adotar o método explicativo, os pesquisadores buscam explicar questões como as causas e os porquês de um dado problema. Para tal, utilizam-se instrumentos como interpretações, classificações, análises e registros dos fenômenos que foram observados. Essas pesquisas buscam apontar quais são os principais fatores que contribuem ou determinam a ocorrência de fenômenos, o que permite ampliar o conhecimento da realidade.

As pesquisas explicativas são instrumentos mais complexos, uma vez que, busca-se identificar fatores dominantes, além da interpretação, da classificação, da análise e do registro dos fenômenos estudados. Outro ponto que merece atenção é o fato de que, esse tipo de pesquisa, está mais sujeito a erros devido ao fato de se aprofundar mais na busca da compreensão da realidade. Portanto, os

pesquisadores devem estar atentos a essa questão a fim de evitar a ocorrência de problemas que podem interferir nos resultados.

Quanto ao tipo de abordagem, este trabalho pode ser denominado quantitativo, uma vez que, foram utilizados fórmulas, variáveis e números que permitiram analisar e classificar os dados coletados. De acordo com Marconi e Lakatos (2017), esse tipo de abordagem é utilizada em diversos tipos de trabalhos acadêmicos, especialmente em pesquisas descritivas. Busca-se traçar uma relação de causa e efeitos entre os fenômenos, além de reduzir a complexidade de traduzir um problema ou uma hipótese, interpretar as necessidades sobre as atitudes e os comportamentos dos sujeitos. Consegue-se ainda formar ou criar opiniões em um grupo, classificar e compreender processos dinâmicos nos quais grupos sociais experimentam e analisar como determinadas variáveis interagem.

3.2 ETAPAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A seguir, são apresentadas as principais etapas de desenvolvimento desta pesquisa.

3.2.1 Coleta dos dados da pesquisa em campo

O problema observado surgiu quando o pesquisador, durante o curso e também por meio de várias leituras de trabalhos acadêmicos, percebeu a carência das instalações dos canteiros de obras brasileiros. Com isso, colaboradores ficam expostos a vários riscos, além de terem infraestrutura precária durante seu período de trabalho e permanência nesse tipo de instalação.

Percebeu-se a ausência de instalações que permitem a execução de trabalhos em locais remotos, uma vez que, esses ambientes não oferecem condições propícias para a sobrevivência dos colaboradores da obra. Os profissionais precisam ir e voltar desses ambientes diariamente, implicando em altos tempos de deslocamento, que poderiam ser facilmente convertidos em trabalho, agilizando a entrega dos empreendimentos e, consequentemente, os lucros da empresa.

Quando os colaboradores permanecem nas regiões remotas, o tempo de reabastecimento de suprimentos, de água, entre outras coisas é frequente. Este

estudo buscou solucionar esses problemas observados a fim de assegurar que as obras possam ser executadas em qualquer local, além de aumentar a periodicidade de abastecimento desses ambientes.

3.2.2 Dimensionamento do canteiro de obras

O canteiro de obras proposto neste trabalho foi projetado para ser construído em madeira, sendo que nas áreas molhadas deve ser empregado alvenaria como disposto na norma NR 18. Esse espaço foi pensado para ter uma lotação máxima de 30 pessoas, sendo que sua área total, que engloba a área a ser construída e as instalações é de 760 metros quadrados. As instalações do canteiro foram dimensionadas para ter cerca de 210 metros quadrados, sendo estas divididas em:

- a) Vestiário com 50 metros quadrados.
- b) Sanitários com 20 metros quadrados
- c) Refeitório com 40 metros quadrados.
- d) Alojamento com 75 metros quadrados.
- e) Cozinha com 15 metros quadrados.
- f) Lavanderia com 10 metros quadrados.

Buscou-se desenvolver soluções alternativas para que essa instalação seja sustentável, aproveitando a energia solar, por exemplo. É importante destacar que esses valores foram determinados com o auxílio de profissionais da área, que acreditam que, dependendo do tipo da obra, esse número é suficiente. Caso a obra seja maior, pode-se adaptar o canteiro às necessidades da empresa, fornecendo assim um atendimento personalizado.

3.2.3 Estudo da viabilidade financeira de implementação dos itens requeridos para o canteiro de obras

A viabilidade financeira da implantação dos itens requeridos para o canteiro de obras foi estudada com a ajuda de profissionais que atuam em áreas específicas como o setor de energia térmica e energia solar. A ajuda desses profissionais foi de grande valia para a execução da pesquisa, uma vez que, esses sujeitos forneceram as melhores soluções para otimizar o empreendimento ao mesmo tempo em que se agrega uma boa relação custo *versus* benefício.

3.2.4 Cálculos

Por meio de equações específicas foram realizados alguns cálculos considerando os principais dados técnicos, permitindo assim que o autor projetasse os sistemas do canteiro de obras com maior autonomia energética. A seguir, são apresentadas as equações adotadas para o dimensionamento dos sistemas a serem adotados no canteiro de obras.

A área coletora do aquecedor solar pode ser obtida por meio da equação 1:

$$E * A * \mu = M * \gamma * \Delta T \quad (1)$$

Em que:

- a) E equivale à intensidade da radiação solar média, dada em kWh/m².
- b) A equivale à área coletora do aquecedor em m².
- c) μ equivale ao rendimento do aquecedor solar, que é um parâmetro adimensional.
- d) M equivale à quantidade de água em litros.
- e) γ equivale ao calor específico da água, que é 4.180 J/kgC.
- f) ΔT equivale à diferença de temperatura existente na entrada e na saída do coletores.

Para calcular o armazenamento de baterias adotou-se a equação 2

$$At = Et / U / \mu \quad (2)$$

Em que o At é a capacidade da bateria em ampere, já Et equivale à energia diária de consumo em Watts por hora, U é a tensão da bateria e μ equivale à eficiência da bateria.

Para calcular as taxas de transferência de calor, pode-se utilizar as equações 3, 4, 5, 6 e 7.

$$R = L/\lambda \quad (3)$$

Em que R equivale à resistência térmica do material utilizado em $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, L é a espessura do material em metros e λ é a condutividade térmica do material empregado em W/mK .

$$U = 1/R \quad (4)$$

O U é a transmitância térmica do material $\text{W/m}^2\text{K}$ e R equivale à resistência térmica do material utilizado em $\text{W/m}^2\text{K}$.

$$q = U * \Delta T \quad (5)$$

O U é a transmitância térmica do material $\text{W/m}^2\text{K}$ e o ΔT equivale à diferença entre a temperatura interna e externa do material em K e q é a densidade do fluxo de calor, que é dado em W/m^2 .

$$q = U * (t_{sol-ar} + t_{ext.} - t_{int.}) \quad (6)$$

O U é a transmitância térmica do material $\text{W/m}^2\text{K}$, o q é a densidade do fluxo de calor, que é dado em W/m^2 e t_{sol-ar} é a temperatura considerando o sol direto em K.

$$t_{sol-ar} = a * I * Rse \quad (7)$$

Em que t_{sol-ar} é a temperatura considerando o sol direto em K, a equivale à absorvidade da superfície externa em W/m^2 , I é a radiação solar que incide no local em W/m^2 e Rse é a resistência superficial externa do material em $\text{W/m}^2\text{K}$.

Com o conhecimento das propriedades dos materiais empregados na construção civil foi possível aplicar as equações mencionadas anteriormente. Com isso, conseguiu-se determinar qual foi a taxa de calor que é transmitida para dentro do canteiro de obras, isto é, a temperatura interna na qual os usuários dos ambientes podem mensurar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados obtidos após a aplicação dos métodos retratados na metodologia. É importante mencionar que para cada item estudado, realizou-se cálculos detalhados que estão apresentados de forma resumida a seguir.

4.1 PROPOSTA DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O dimensionamento do sistema de geração de energia foi feito levando em conta o uso simultâneo de utensílios e equipamentos eletrônicos durante o dia, na hora de trabalho e também no período noturno, que se refere ao descanso dos trabalhadores. A tabela 1 mostra o consumo diário de energia elétrica no canteiro de obras.

Tabela 1 – Consumo diário no canteiro de obras em W

Equipamento	Quantidade	Consumo do canteiro em Watts (W)		Horas de uso por dia	Consumo diário (W)
		Consumo (W) Unitário	Total		
Lâmpadas	20	6	120	8	960
Geladeira	2	1.900	3.800	24	91.200
Forno Micro-ondas	2	1.200	2.400	0,25	600
Computador	7	300	2.100	10	21.000
Ventilador	7	100	700	12	8.400
Ar-condicionado	2	1.000	2.000	8	16.000
Televisor	2	80	160	4	640
Máquina de lavar	4	500	2.000	4	8.000
Total consumido Wh por dia					147.100

Fonte: Autor (2020)

Para construir o sistema de geração de energia solar fotovoltaica foi selecionada a placa policristalina da fabricante Canadian Solar modelo CS6X-320P com uma potência de 320 W. A eficiência de cada placa é de 16,68%, enquanto que suas dimensões (largura, altura e peso) são 1,95 metros, 0,98 metros e 22 quilogramas.

A área de insolação útil do painel é de 1,91 metros quadrados. Considerou-se a construção do canteiro de obras em quatro capitais do sudeste brasileiro (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória). As empresas que adquirirem esse

instrumento terão um diferencial competitivo e poderão se destacar dos seus concorrentes. A tabela 2 mostra a insolação média nas capitais, que foram obtidos no site Global Solar Atlas¹ e também a área de coleta, que foi obtida dividindo a eficiência do sistema pela insolação diária de cada região.

Tabela 2 – Potência disponível por dia e área para coleta

Área de coleta em metros quadrados por capital				
Capital	São Paulo	Rio de Janeiro	Belo Horizonte	Vitória
Potência disponível por dia em (kWh/m ²)	3,985	4,003	4,485	4,223
Área para coleta em m ²	21,33	21,23	18,95	20,13

Fonte: Autor (2020)

Foi possível determinar a quantidade de placas a serem utilizadas para suprir a demanda de energia elétrica do canteiro de obras, para tal, dividiu-se a potência total consumida pela potência da placa e pela potência disponível por dia na capital. Esses dados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo da quantidade de placas a ser utilizada

Área de coleta em metros quadrados por capital				
Capital	São Paulo	Rio de Janeiro	Belo Horizonte	Vitória
Número de placas	115	114	102	108

Fonte: Autor (2020)

Considerando a opção com menor tempo de insolação diário, que é São Paulo, será preciso de 115 placas para gerar a potência necessária que suprirá a demanda energética do canteiro de obras em um dia de funcionamento. Para este cálculo, considerou-se a utilização de todos os equipamentos, inclusive do ar condicionado, por 8 horas. Outro ponto que merece destaque é o fato de que é preciso posicionar adequadamente os painéis para que eles possam ser aproveitados ao máximo, isto é, captar a maior quantidade de radiação solar disponível.

¹ GLOBAL SOLAR ATLAS. **Global Solar Atlas**. 2020. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-22.885664,-43.340378,11&s=-22.928674,-43.424835&m=site>. Acesso em 01 jul. 2020.

4.2 PROPOSTA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Usando a equação de dimensionamento das baterias (equação 2) é possível projetar esse componente. Escolheu-se trabalhar com baterias convencionais de chumbo, que apresentam uma eficiência de 60%. Para suprir a potência o dimensionamento deverá atender a potência diária do sistema, ou seja, cerca de 147,1 kW/dia, sendo necessário cálculo específico para suprir a demanda desse sistema de acordo com a aplicação de associação de baterias.

O esforço da Tesla, que é uma das principais produtoras de carros elétricos do mundo. Essa empresa lançou uma bateria inteligente que tem como objetivo administrar e armazenar a energia solar em empresas, residências e também em organizações que fornecem energia. Como mencionado anteriormente, essa tecnologia tem um alto custo, sendo que o seu custo inicial é de US\$ 3 mil, na configuração de 7kWh. Em contrapartida, os kits das baterias compostas de íon-lítio recarregáveis podem ser acondicionados em garagens, demonstrando assim a sua compacidade (BULMAN, 2016).

Com essas baterias da Tesla, consegue-se solucionar uma grande barreira para o desenvolvimento da energia solar no mundo, que é o que fazer quando não se tem sol. E a solução para isso foi possível graças à interconectividade, uma vez que, as baterias fabricadas pela empresa podem ser conectadas à internet, além de poderem ser associadas em conjuntos de nove baterias. Consegue-se armazenar maiores quantidades de energia, além de facilitar o monitoramento e a administração pela Tesla. Assim, esses dados permitirão à empresa auxiliar seus usuários a melhorar o consumo de energia, além de contribuir para que a empresa desenvolva ainda mais a sua tecnologia (TRUONG *et al.*, 2014).

4.3 PROPOSTA DO SISTEMA PARA GERAR ENERGIA TÉRMICA

O projeto do sistema para geração da energia térmica do canteiro de obras foi feito considerando o consumo dos 30 ocupantes, isto é, a capacidade máxima deste ambiente. Isso foi projetado a fim de evitar que falte água nesse local, permitiu ainda estimar também, por exemplo, o consumo desta instalação por um período de tempo determinado. É possível dar autonomia para que o canteiro funcione

ininterruptamente, podendo este ser um diferencial competitivo deste empreendimento que apresenta maior autonomia energética.

Segundo a ABNT (2008) na norma 15.569 elenca o consumo de água quente diário para uma edificação. Esses dados podem ser observados na tabela 4, eles serviram de base para o dimensionamento do sistema de geração de energia térmica neste trabalho.

Tabela 4 – Consumo diário de água por pessoa segundo a norma ABNT 15.569

Local	Consumo por dia
Ducha	70 a 90 litros por pessoa
Lavatório	5 a 7 litros por pessoa
Cozinha	20 a 30 litros por pessoa
Lavanderia	8 a 15 litros a cada 15 quilogramas de roupa seca
Lavabo	5 a 7 litros por pessoa

Fonte: Adaptado de ABNT (2008)

Diante da tabela mencionada anteriormente foi possível estimar o consumo de água por dia considerando os diversos locais/pontos de consumo da empresa. Neste trabalho foram consideradas as situações mais críticas, trabalhou-se com os valores máximos de consumo, como mostra na tabela 5.

Tabela 5 – Consumo diário de água no canteiro de obras

Local	Consumo por dia por pessoa	Total consumido por 30 pessoas
Ducha	90 litros	2700 litros
Lavatório	7 litros	210 litros
Cozinha	30 litros	900 litros
Lavanderia	15 litros a cada 15 kg de roupa seca	150 litros
Lavabo	7 litros	210 litros
Total		4.170 litros

Fonte: Autor (2020)

Tomando como base a equação 1 consegue-se calcular a área do coletor, considerou-se os valores da irradiação solar para a cidade de São Paulo, uma vez que, este município é o que apresenta a menor potência disponível por dia. Considerou-se ainda o volume de água do reservatório de 4.200 litros. A intensidade da radiação solar média utilizada então foi de 3,985 kWh/m², o rendimento adotado foi de 69,8%, a quantidade de água foi de 4.200 litros, o calor específico da água foi de 4180 J/kg°C e a variação de temperatura de 30°C.

A área de coleta foi de 42 metros quadrados, uma solução viável para o canteiro é a utilização de um coletor de baixa pressão, neste projeto é possível utilizar um coletor de 20 tubos conforme o modelo comercializado pela Maxsun, que tem uma área coletora de 14 m². Para atingir tal parâmetro, é imprescindível usar 3 coletores, com isso, será possível obter cerca de 13.500 litros de água, que é responsável por abastecer a instalação de forma autônoma por três dias. O sistema a ser instalado é semelhante ao mostrado na figura 16.

Figura 16 – Sistema a ser instalado no canteiro de obras



Fonte: Maxsun (2020)

4.4 ESCOLHA DO ISOLAMENTO TÉRMICO

A escolha do isolamento térmico do container foi feita considerando os dados climáticos de Belo Horizonte, que é a capital com maior potência disponível para a geração de energia solar. Considerou-se a temperatura máxima de 36,4°C no ano de 2019 como citado pelo Estado de Minas (2019). Considerou-se ainda uma densidade máxima de fluxo de calor igual a 6.000 W/m². Os dados empregados para o dimensionamento do sistema de isolamento térmico do canteiro de obras podem ser observados na tabela 6. É possível visualizar duas condições, que são sem o isolamento térmico, considerando que houve apenas a proteção da instalação com aço e outra em que se utilizou isopor para isolar termicamente os ambientes.

Tabela 6 – Parâmetros de cálculo para isolamento térmico do canteiro de obras

Parâmetros de cálculo para isolamento térmico do canteiro de obras						
Material	Espessura em metros	Condutividade térmica em W/mK	Absorvidade da superfície em a	Emissividade da superfície em a	Radiação solar externa (I) em W/m ²	Resistência superficial externa (R _{se}) em W/m ² K
Aço carbono com pintura	0,004	50	0,2	0,9	6000	2,857
Isopor	0,1	0,035	NA	NA	NA	NA
Total						

Fonte: Autor (2020)

O material empregado para revestir algumas partes do canteiro de obras (alojamentos, por exemplo) e isolar os ambientes foi o Poliestireno Expandido (EPS) com uma espessura de 100 milímetros. Esse material é facilmente encontrado em empresas que vendem materiais de construção. Esse material é popularmente conhecido no Brasil com o nome Isopor, que é uma marca registrada de propriedade da Knauf Isopor Ltda.

O EPS foi descoberto pelos químicos Karl Buchholz e Fritz Stastny no ano de 1949. Esse material consiste em uma espuma sólida, que apresenta algumas propriedades que favorecem seu uso na construção civil, especialmente em isolamentos térmicos. Entre essas propriedades pode-se mencionar a boa processabilidade, a boa durabilidade, o bom isolamento (térmico e acústico) e a leveza (NAVROSKI *et al.*, 2010).

Esse material é formado por um plástico celular rígido, que é obtido através da polimerização de estireno em água. Para que se tenha a transformação de EPS, adota-se como agente expansor o elemento pentano, que é um hidrocarboneto que tende a se deteriorar de modo rápido quando há uma reação fotoquímica, proveniente dos raios solares. É importante mencionar que essa reação não impacta o meio ambiente, mesmo sua principal matéria-prima sendo o petróleo (OLIVEIRA, 2018).

Pode-se afirmar que a leveza do material ocorre devido à sua composição, que consiste em cerca de 98% de ar, portanto 2% de poliestireno resulta em um material com as propriedades mencionadas anteriormente. Assim, em cerca de um metro cúbico de EPS, encontram-se facilmente de 3 a 6 bilhões de células cheias de

ar e fechadas (SOUZA; ASSIS, 2014). O quadro 1 mostra as propriedades, as vantagens e a sustentabilidade de se utilizar EPS.

Quadro 1 – Propriedades, vantagens e sustentabilidade de se utilizar EPS

PROPRIEDADES	VANTAGENS	SUSTENTABILIDADE
Baixa condutividade térmica	A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao isopor um grande poder isolante	Conforto térmico e acústico, redução do consumo de energia
Baixo peso	As densidades do isopor variam de 10-30kg/m ³ , permitindo uma redução substancial do peso das construções quando utilizado como sistema construtivo	Redução do uso de materiais em canteiro
Resistência a intempéries	O EPS está ausente de qualquer valor nutritivo, por isso fungos ou microrganismos não podem crescer com EPS	Durabilidade do material
Resistência mecânica	Apesar de muito leve o isopor tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde essa característica é necessária	-
Baixa absorção de água	O isopor não é higroscópico, mesmo quando imerso em água o isopor absorve apenas pequenas quantidades de água. Tal propriedade garante que o isopor mantenha as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade.	Durabilidade do material; conforto hidrotérmico
Facilidade de manuseio	O baixo peso do isopor facilita o manuseamento do mesmo em obra.	-
Versatilidade	Flexibilidade na forma e facilmente cortado e moldado. Possui resistência química capaz de ser compatível com a maioria dos materiais usados na construção civil, tais como cimento, gesso, cal, água, entre outros	Integração no processo de produção da edificação; redução de desperdício e resíduos em canteiro de obras.

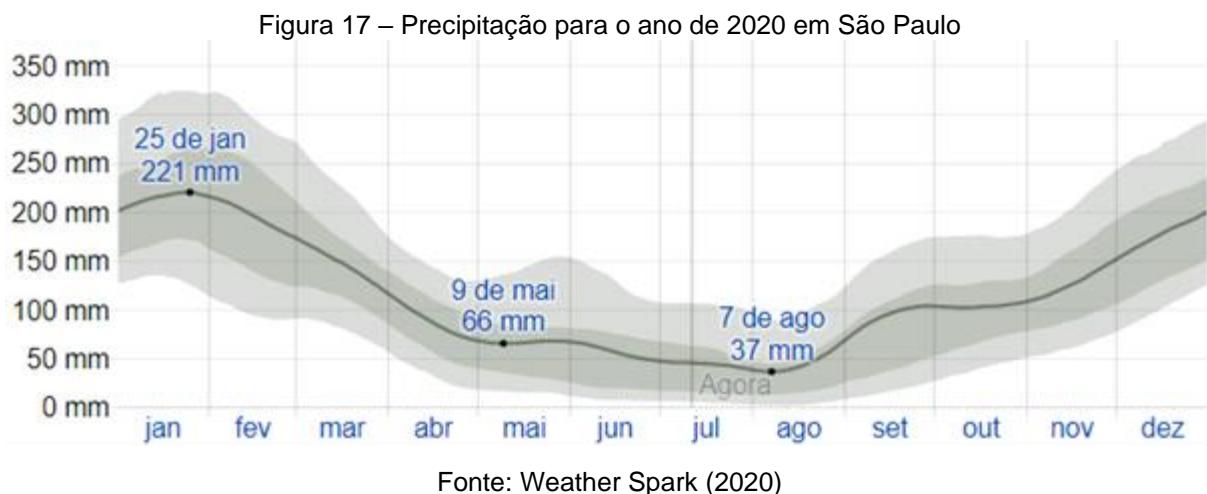
Fonte: Moraes e Brasil (2015)

Depois de aplicar as equações 3, 4, 5, 6 e 7, conseguiu-se compreender que o uso de painéis de EPS para revestir o teto e as paredes do canteiro de obras permite um bom isolamento térmico. Mesmo sofrendo uma troca térmica com a parte externa, as paredes tendem a apresentar uma temperatura média de 25°C em estações mais quentes. Os usuários podem desfrutar de um ambiente mais agradável, evitando, por exemplo, o uso demasiado de ar condicionado e de ventiladores. Assim, diminuem-se os gastos de energia elétrica, além de elevar ainda mais a autonomia do empreendimento.

4.5 INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA PARA CAPTAR ÁGUA DE CHUVAS

Este trabalho buscou potencializar a área para a coleta de energia solar fotovoltaica, pode-se mencionar que essa área também foi aproveitada a fim de que

se instalasse um sistema para captação de água das chuvas. Tomou-se como base a cidade de São Paulo devido ao maior volume de precipitação entre as capitais estudadas (volume mais crítico para os reservatórios). De acordo com os dados fornecidos pelo Weather Spark, foi possível obter a precipitação até julho de 2020 e ter uma estimativa para a precipitação entre agosto e dezembro de 2020 na cidade de São Paulo. A figura 17 mostra a precipitação para o ano de 2020 em São Paulo.



Uma média mensal de cerca de 115 milímetros irá incidir em uma área de 210 m² (que é a área disponível para coleta de água, resultando em 24.150 litros de água armazenados durante um mês para o consumo dos colaboradores do canteiro. É importante destacar que um milímetro de precipitação equivale a um litro de água em um metro quadrado.

Ao se analisar a quantidade mínima de água para um usuário considerando a norma ABNT 15.569, pode-se afirmar que esse volume de água coletado seria suficiente para abastecer 13 usuários por 30 dias considerando que esses indivíduos irão tomar um banho por dia. Para coletar água será utilizado de calhas de aço galvanizado, que irão conduzir a água, com o auxílio de canos de PVC, para caixas de água localizadas abaixo do nível do telhado e próximo ao canteiro.

4.6 SISTEMA PRÓPRIO PARA TRATAR ÁGUA E ESGOTO

Para tornar o canteiro mais sustentável e assegurar o seu uso em locais mais afastados (o que pode ser uma vantagem competitiva para quem construi-lo/adquiri-lo), recomenda-se empregar uma miniestação para o tratamento do esgoto e da

água captada da chuva. Sugere-se, então a utilização de um sistema de tratamento proposto pela Águas Claras Engenharia devido à sua versatilidade e boa capacidade de tratamento. Esse sistema tem a capacidade de tratar cerca de 4.300 litros de água por dia, o que atende ao consumo de água diário da instalação em sua lotação máxima. A miniestação de tratamento de esgotos a ser empregada no canteiro de obras pode ser observada na figura 18.

Figura 18 – Miniestação de tratamento de esgoto



Fonte: Águas Claras Engenharia (2020)

Já quanto ao tratamento de água, este precisa ser realizado na água da chuva coletada na região do telhado e, posteriormente, armazenada nas caixas de água. Na caixa de água devem ser instalados filtros, tanto na entrada, como na saída de água a fim de permitir que ela seja reutilizada no canteiro de obras como água não potável.

Para movimentar a água filtrada não potável para uma região superior a fim de que se possa gerar uma diferença de pressão para seu uso no chuveiro, por exemplo, deve-se utilizar uma bomba centrífuga que realiza o bombeamento para um ponto superior (caixas de águas posicionadas no telhado do empreendimento). Outra solução sustentável seria bombear somente quando tiver sol, tal dispositivo irá funcionar apenas quando houver carga nas baterias ou quando precisar de encher as caixas.

4.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DO CANTEIRO DE OBRAS SUSTENTÁVEL

Levando em consideração que a construção do canteiro de obras sustentável não tem fins lucrativos, este trabalho não realizou o cálculo do tempo de investimento, mas uma grande parte do sistema poderia ser reaproveitado em outras obras, visto a vida útil dos equipamentos X o tempo de obra. Aqui, buscou-se permitir que esse canteiro seja instalado em locais remotos, podendo este ser um diferencial competitivo para as organizações, pois, estas passam a abastecer menos os canteiros. Reduz-se gastos com transportes, além de dar maior autonomia para o trabalho em campo. A tabela 7 representa os investimentos (aproximados) requeridos para a criação do projeto piloto.

Tabela 7 – Investimento requerido para o canteiro de obras sustentável

Fase	Investimento requerido (R\$)
Detalhamento do projeto	14.000,00
Compra dos elementos para construção do canteiro (madeira e demais acessórios)	10.000,00
Compra do sistema fotovoltaico	98.000,00
Instalação do sistema de energia fotovoltaica	7.000,00
Compra de sistema solar térmico	21.000,00
Instalação de sistema solar térmico	7.000,00
Compra do sistema para coletar água	14.000,00
Instalação do sistema para coletar água	14.000,00
Compra da miniestação de tratamento de esgotos	19.000,00
Instalação da miniestação de tratamento de esgotos	2.000,00
Compra do sistema de isolamento térmico	7.000,00
Instalação do sistema de isolamento térmico	7.000,00
Pintura	21.000,00
Documentos	21.000,00
Total	262.000,00

Fonte: Autor (2020)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de desenvolver este trabalho e dimensionar os sistemas empregados no canteiro de obras mais sustentável, percebeu-se que esse tipo de construção pode agregar ao mesmo tempo a funcionalidade e o conforto para os seus ocupantes. Consegue-se atender de forma satisfatória as dificuldades encontradas na construção civil e também no cotidiano das obras nacionais. Tal evento se dá, pois, o empreendimento criado neste trabalho tem maior autonomia energética, o que permite assegurar o funcionamento de equipamentos básicos ao cotidiano dos usuários e também gerar a sua própria energia.

O canteiro de obras desenvolvido como estudo de caso pode ser uma alternativa viável para o uso em estruturas temporárias de apoio em diversos segmentos como forças tarefas, campanhas, entre outras coisas. As particularidades construtivas do canteiro de obras permitem o seu transporte e instalação em ambientes mais afastados.

Esse projeto não apresentou fins lucrativos, o investimento para a criação do canteiro pode ser atrativo a médio e longo prazo. Isso ocorre, pois, o canteiro de obras permite o rápido início das obras, além de economizar recursos e energia no seu processo de uso. Assim, como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o cálculo do *payback*, para avaliar o tempo de retorno do investimento em mais localidades e climas.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica:** panorama, oportunidades e desafios. 2017.
- ANEEL/ABSOLAR. **Fonte solar fotovoltaica assume 7ª posição na matriz elétrica brasileira e ultrapassa nucleares.** 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15569:** Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008.
- ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Biosmart 4300 - mini estação de tratamento de esgoto residencial 4.300 l/dia.** 2020.
- BALFOUR, J. et al. **Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos.** 1. ed. São Paulo: LTC, 2016.
- BARBOSA, R. K. et al. Projeto de aproveitamento da água de chuva para o uso não potável domiciliar. **Percorso Acadêmico**, v. 7, n. 13, 2017.
- BULMAN, P. Tesla's Powerwall battery production requires 'super-charged' supply chain. **Renewable Energy Focus**, v. 16, n. 5, 2015.
- CARNEIRO, J. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.** 2009. 37 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Minho, Guimarães, 2009.
- CARREIRA JUNIOR, E. F. **Utilização de sistemas de aquecimento solar de água em processos industriais.** 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Paulista, São Paulo, 2015.
- CAVALCANTI, J. B. et al. Avaliação do uso de técnicas de captação de água de chuva na região semi-árida do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, 1999.
- CHITOLINA, R. A. **Metodologia para dimensionamento de sistema fotovoltaico na modalidade de autoconsumo remoto – estudo de caso Florianópolis.** 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- COELHO, C. F. et al. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, 2018.
- CORNELLI, R. **Análise e seleção de alternativas sustentáveis de esgotamento sanitário.** 2014. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- COSTA, C. A. D. et al. Influência do tipo de telhado na qualidade da água de chuva coletada em comunidades ribeirinhas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, 2020.

CRUZ, D. T. **Micro e minigeração eólica e solar no Brasil:** proposta para desenvolvimento do setor. 2015. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

E CYCLE. **Aquecimento solar de água:** entenda variações e funcionalidades dos tipos de sistema. 2020.

_____. **Captação de água da chuva:** conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Projetos fotovoltaicos nos leilões de energia.** 2020.

ESTADO DE MINAS. **BH tem dia mais quente da primavera e segunda maior temperatura de 2019.** 2019.

FRANCA, S. **Aquecedor solar a vácuo:** simples e com a máxima eficiência. 2017.

GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica:** conceitos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.

GEORGI, A. L. V. **Aquecimento solar de água – desempenho e racionalização de materiais e energia alternativa fundamental para o desenvolvimento sustentável.** 2015. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Global Solar Atlas.** 2020. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-22.885664,-43.340378,11&s=-22.928674,-43.424835&m=site>. Acesso em 01 jul. 2020.

GUERRA, B. B. Uso da água como fonte renovável em edificações. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 5, n. 2, 2016.

KALOGIROU, S. **Engenharia de energia solar:** Processos e Sistemas. 1. Ed. São Paulo: GEN LTC, 2016.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência Energética na Arquitetura,** 3. ed. São Paulo: LTC, 2014.

LEONETI, A. B. et al. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, 2011.

LEMOS, M. **Sistema modular para tratamento de esgoto doméstico em assentamento rural e reúso para produção de girassol ornamental.** 2011. 172 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

- LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G.A. **Gestão sustentável dos recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013.
- LOPO, A. B. **Análise do desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar de baixo custo**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- MAIA, R. S. **Energia solar**: o desenvolvimento de um novo mercado. 2018. 87 f. Monografia (Especialização em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**: Planejamento e Execução de Pesquisas, Amostragens e Técnicas de Pesquisas, Elaboração, Análise e Interpretação de Dados. 8 ed., São Paulo: Atlas, 2017.
- MARTINS, M. A. G. Envelhecimento térmico do papel isolante de transformadores. Investigação experimental. Modelos de degradação. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, v. 22, n. 1, 2010.
- MARTINS, B. G. **Energia solar**. 2020.
- MATHYAS, A. M. et al. **Mecanismos de suporte para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**: modelos e sugestão para uma transição acelerada. 1. ed. Brasília: WWF Brasil, 2015.
- MAXSUN. **Portfólio**. 2020.
- MEDEIROS, G. A. et al. Potencialidades do reuso da água: estudos de caso no setor sucroalcooleiro e universitário. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 1, 2012.
- MIRANDA, R. F. C. **Análise da inserção de geração distribuída de energia solar fotovoltaica no setor residencial brasileiro**. 2013. 309 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- MIYAZATO, T. **Aquecimento solar residencial**: diretrizes para implantação. 1. ed. São Paulo: Appris, 2016.
- MONTEIRO, D. F. C. S. **Dimensionamento de um Sistema de Armazenamento de Energia para Edifícios Residenciais Utilizando Energia Solar Fotovoltaica**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2017.
- MORAES, C. B.; BRASIL, P. C. Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental. In: SEMINARIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 4., 2015, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: SNCS, 2015.

MORAIS, G. F. O. **Cisternas domiciliares**: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais no semiárido sergipano. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MOREIRA, J. R. S. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. 1. ed. São Paulo: LTC, 2017.

NAVROSKI, M. C. *et al.* Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. **Ciência da madeira**, v. 1, n. 1, 2010.

OLIVEIRA, J. E. *et al.* Efeito do Isolamento Térmico de Telhado Sobre o Desempenho de Frangos de Corte Alojados em Diferentes Densidades. **Rev. bras. zootec.**, v. 29, n. 5, 2000.

OLIVEIRA, K. A. **Aproveitamento de resíduos sólidos industriais para produção de compósitos termoacústicos**. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2018.

PORTAL SOLAR. **Tipos de Painel Solar Fotovoltaico**. 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html#ancora4>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PORTAL SOLAR. **Geração distribuída atinge 3 gigawatts no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/geracao-distribuida-atinge-3-gigawatts-no-brasil.html>. Acesso em: 11 set. 2020.

PRATOSOL. **Boiler Para Aquecedor Solar 100 litros – Baixa Pressão Nível/Desnível**. 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527. **Revista Ambiente & Água**, v. 16, n. 6, 2017.

ROSA, A. B. **Sistema de Aquecimento Solar de Água**. 1. ed. Rio de Janeiro: Viena, 2010.

SANTOS, A. P. **Energia fotovoltaica**: aspectos técnicos e econômicos. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SEBRAE. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Brasília: Sebrae, 2018.

SEGUEL, J. I. L. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento**

de energia usando técnica MPPT e controle digital. 2009. 222 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, V. **Coletor solar.** 2013.

SILVA, E. A. **Técnicas de estimativa de parâmetros de módulos fotovoltaicos.** 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SILVA, D. G. M.; VASCONCELOS, W. L. Isolante térmico fibroso: motivos de sua utilização como revestimentos de trabalho em equipamentos industriais que operam em altas temperaturas - revisão da literatura. **Cerâmica**, v. 63, 2017.

SILVA, J. P. *et al.* Avaliação da qualidade da água armazenada em cisternas no semiárido cearense. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 14, n. 1, 2020.

SOARES, C. N. S. **Sustentabilidade Da Energia Solar.** Rio de Janeiro: Lumen, 2019.

SOBREIRA, L. P. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede, proposta de mecanismo de fomento para o desenvolvimento do mercado nacional.** 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2015.

SOUZA, L. M.; ASSIS, C. D. Placas para alvenaria de vedação com uso de espuma de poliestireno expandido (EPS). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 2, 2014.

TRUONG, C. N. *et al.* Economics of Residential Photovoltaic Battery Systems in Germany: The Case of Tesla's Powerwall. **Batteries**, v. 2, n. 2, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). **Processo de reciclagem do chumbo.** 2020.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de São Paulo.** 2020.

ZILLES, R. *et al.* **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.** 1. ed. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2012.