



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

NATÁLIA DOS SANTOS MOTA

**APLICAÇÃO DE MATERIAIS DA TECNOLOGIA SOLAR NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA PERSPECTIVA DE
SUSTENTABILIDADE**

**BALSAS-MA
2021**

Natália dos Santos Mota

Aplicação de materiais da tecnologia solar na construção civil: uma perspectiva de sustentabilidade

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dra. Regina Maria Mendes Oliveira.

Coorientador: Prof.^o Me. Vinicius Farias de Albuquerque.

Balsas-MA
2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

dos Santos Mota, Natália.

APLICAÇÃO DE MATERIAIS DA TECNOLOGIA SOLAR NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE /
Natália dos Santos Mota. - 2021.
59 f.

Coorientador(a): Vinicius Farias de Albuquerque.

Orientador(a): Regina Maria Mendes Oliveira.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2021.

1. Construção civil. 2. Sustentabilidade. 3.
Tecnologia solar. I. Farias de Albuquerque, Vinicius. II.
Mendes Oliveira, Regina Maria. III. Título.

Natália dos Santos Mota

Aplicação de materiais da tecnologia solar na construção civil: uma perspectiva de sustentabilidade

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 17/09/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Regina Maria Mendes Oliveira- Orientadora

Prof. Me. Vinicius Farias de Albuquerque – Coorientador

Prof. Me. Leandro Gomes Domingos - Examinador Interno

Prof. Esp. Willame Braga Lima - Examinador Interno

Balsas-MA
2021

RESUMO

A energia é uma parte fundamental do desenvolvimento técnico socioeconômico em todo o mundo e a tendência mundial é a procura por fontes mais sustentáveis. Este trabalho objetiva analisar as tecnologias de geração de energia solar utilizadas na construção civil e avaliar as vantagens econômicas, sociais e ambientais deste sistema para a região administrativa dos Gerais de Balsas - MA. Considerando que a descentralização da geração de energia e a utilização de materiais abundantes e renováveis podem contribuir com a produção de serviços e riquezas, além de combater a exclusão e o isolamento tecnológico de algumas regiões e que há poucos estudos no âmbito regional relacionados à energia solar, esta pesquisa visa criar conhecimento e informações para a comunidade civil e a profissionais da área. Para tanto foram realizadas pesquisas bibliográficas; foram feitos levantamento de dados de índices de radiação anuais e foram aplicados questionários para verificação da percepção da população e profissionais da construção quanto ao conhecimento sobre as tecnologias solares; além de um estudo de caso para avaliar a viabilidade econômica regional para a instalação desses sistemas, onde foram feitas entrevistas e a simulação de um orçamento de uma unidade residencial. Os resultados encontrados permitiram verificar os altos índices de irradiação solar da região, quanto à simulação do orçamento residencial com estimativa de geração de 1000kWh/mês, a economia no consumo de energia constatada pela implantação desse tipo de sistema chega a ser maior que 80%. No que se refere à sustentabilidade ambiental, para o consumo anual de 11.400,00 kWh a redução de gás carbônico é estimada em 280,44 kg (CO₂). Considerando o impacto do setor da construção nos níveis de emissões de poluentes, as tecnologias fotovoltaicas, com sua abundância e possibilidades de aplicação em edificações se mostram como uma alternativa para construções mais sustentáveis, além disso, tem impacto social, na renda dos consumidores, e econômico, contribuindo para a geração de empregos na região.

Palavras-chave: Energia solar. Fotovoltaico. Construção civil. Gerais de Balsas.

ABSTRACT

Energy is a fundamental part of technical socio-economic development around the world and the global trend is to search for more sustainable sources. This work aims to analyze the solar energy generation technologies used in civil construction and assess the social and environmental benefits of this system for the administrative region of Gerais de Balsas - MA. Feel that the decentralization of energy generation and the use of abundant and renewable materials can contribute to the production of services and wealth, in addition to combating the exclusion and technological isolation of some regions and that there are few regional studies related to solar energy, this research aims to create knowledge and information for the civil community and professionals in the field. For that, bibliographical researches were carried out; surveys of science radiation data were carried out and questionnaires were used to verify the perception of the population and construction professionals regarding knowledge about solar technologies; in addition to a case study to assess the regional economic feasibility of installing these systems, where they were found and the simulation of a budget for a residential unit. The results found allowed us to verify the high rates of solar irradiation in the region, regarding the budget simulation, the savings in energy consumption found by the implementation of this type of system can be greater than 80%. With regard to environmental sustainability, for the annual consumption of 11,400.00 kWh, the reduction of carbon dioxide is estimated at 280.44 kg (CO₂e). Considering the impact of the construction sector on the levels of pollutant emissions, photovoltaic technologies, with their abundance and possibilities of application in buildings, show themselves as an alternative for more sustainable constructions, in addition, they have a social impact, on the income of consumers, and economic, contributing to the generation of jobs in the region.

Keywords: Solar energy. Photovoltaic. Construction. Gerais de Balsas.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 7 |
| 2 | JUSTIFICATIVA | 9 |
| 3 | OBJETIVOS | 11 |
| 3.1 | Objetivo geral | 11 |
| 3.2 | Objetivos específicos | 11 |
| 4 | REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 4.1 | Energia solar e sustentabilidade | 12 |
| 4.2 | Tipos de energia solar | 13 |
| 4.3 | Tecnologias solares integradas a edificações | 14 |
| 4.3.1 | Sustentabilidade na construção civil | 15 |
| 4.3.2 | Célula solar na construção civil | 16 |
| 4.3.2.1 | Conceitos de BAVP e BIVP | 17 |
| 5 | METODOLOGIA | 19 |
| 5.1 | Área do estudo | 19 |
| 5.2 | Estudo de caso | 20 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 22 |
| 6.1 | Dispositivos solares para geração elétrica | 22 |
| 6.2 | Tecnologias solares disponíveis no mercado | 23 |
| 6.3 | Viabilidade Regional | 26 |
| 6.3.1 | Simulação de sistema fotovoltaico on-grid | 28 |
| 6.4 | Percepção moradores dos Gerais de Balsas | 30 |
| 6.5 | Percepção profissionais da construção | 35 |
| 6.6 | Dificuldades de popularização das tecnologias solares | 37 |
| 7 | CONCLUSÕES | 39 |
| | REFERÊNCIAS | 40 |
| | APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO CONSUMIDORES | 46 |
| | APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO GESTOR | 46 |
| | APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE | 47 |
| | APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO POPULAÇÃO | 49 |
| | APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PROFISSIONAIS | 55 |

1 INTRODUÇÃO

Nas civilizações mais antigas o processo de emancipação foi marcado pela apropriação do uso do fogo, o homem descobriu como produzir essa energia natural que contribuiu para a satisfação de suas necessidades básicas de alimentação, proteção e construção de instrumentos (AMBONI, 2019).

Com o passar do tempo e devido à necessidade de otimização das tarefas, o homem aprendeu a aliar o fogo com outros materiais de modo a desenvolver maiores fontes de energia. Na Revolução Industrial, com a expansão das indústrias e a melhoria dos padrões de vida nos países em desenvolvimento, houve também o aumento progressivo do uso da energia e a exploração dos recursos naturais, tornando a questão energética um grande desafio para sociedade (ZANETTI, 2014).

No cenário mundial atual o uso dos combustíveis fósseis ainda é predominante na matriz energética, pois de acordo com os dados da Agência Internacional de Energia (IEA) um percentual de 81,2% da oferta mundial de energia no ano de 2018 foi proveniente de combustíveis fósseis e apenas 14% de fontes renováveis (IEA, 2020a). Isto chama a atenção para questões relacionadas à preocupação com as mudanças climáticas e as consequências mundiais da dependência da energia oriunda de combustíveis não renováveis. Ressalta-se que, embora o combustível fóssil seja um recurso natural de energia, é limitado já que leva milhões de anos para se formar e, por isso, é considerado “não renovável”.

O Brasil apresenta uma matriz energética distinta do restante do mundo, pois ainda que 48,4% das fontes de energia sejam representadas pelo uso de combustíveis fósseis, o país consome mais fontes renováveis quando comparado ao cenário mundial, um total de 46,2%, próximo da metade da matriz energética (EPE, 2018). Cabe ainda destacar que o Brasil é um país abundante em recursos naturais e possui características que favorecem diversas fontes de energia. Embora tenha maior presença de fontes renováveis quando comparada à matriz mundial, ainda tem um grande desafio relacionado à diversificação da matriz energética; sua maior fonte de energia elétrica vem de usinas hidrelétricas que, apesar de ser uma fonte renovável trazem muitos prejuízos às áreas em que serão inseridas.

No contexto das energias renováveis, segundo a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, do inglês: *International Renewable Energy Agency*), a energia solar vem liderando como a fonte que apresenta a maior expansão de capacidade de geração instalada anualmente no mundo (IRENA, 2020) e estudos, realizados por Moreira Junior e Souza (2020), sobre o aproveitamento fotovoltaico, mostram que o Brasil tem potencial promissor.

Diante disso, o país já conta com regulamentos para o setor via Resolução 482 de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e, sua versão atualizada, Resolução 687 de 2015.

Ressalta-se que a região dos Gerais de Balsas - MA faz parte do Nordeste do Brasil, a qual, de acordo com os dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar, possui os maiores níveis de irradiação solar do país (PEREIRA *et al.*, 2017), o que pode ser aproveitado para o avanço no setor energético renovável.

Portanto, este trabalho objetiva analisar as tecnologias de geração de energia solar utilizadas na construção civil e avaliar as vantagens econômicas, sociais e ambientais deste sistema para a Região dos Gerais de Balsas - MA, no estado do Maranhão. Para tanto: foram realizadas pesquisas bibliográficas; foram feitos levantamento de dados de índices de radiação anuais e verificação da percepção da população (especialmente profissionais da área da engenharia civil e arquitetura) quanto ao conhecimento sobre as tecnologias solares; além de um estudo de caso para avaliar a viabilidade econômica regional para a instalação desses sistemas.

2 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil tem um papel fundamental na economia do país, tanto na aquisição de materiais como na contratação de mão de obra e serviços. Em 2019, o setor movimentou o valor de R\$ 288,00 bilhões (duzentos e oitenta e oito bilhões de reais) em obras, serviços e/ou incorporações de imóveis e pagou cerca de 1,9 milhão de pessoas totalizando o valor de R\$ 56,8 bilhões (cinquenta e seis bilhões e oitocentos milhões de reais) (IBGE, 2020).

No entanto, cerca de 50% do consumo de energia elétrica no Brasil é no setor da construção civil (EPE, 2018). Sabe-se que a energia é uma parte essencial do desenvolvimento técnico socioeconômico em todo o mundo e que a tendência mundial é a procura por fontes mais sustentáveis. Nesse contexto, um dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), para até o ano 2030, está relacionado à disponibilização de energia limpa e acessível às pessoas, cujo ODS7 pontua em sua quarta meta (meta 7.a) a necessidade de se promover pesquisas e desenvolver infraestruturas e tecnologias nessa área (ONU, 2015).

A região Nordeste é a que apresenta a maior disponibilidade energética, cujo potencial de irradiação solar global horizontal média diária é de 5,48 kWh/m² (PEREITA *et al.*, 2017), devido à localização mais próxima à linha do Equador, a qual é a região geográfica da Terra com maior incidência de radiação solar e possui o regime energético solar sazonal mais homogêneo.

Nesse sentido, este estudo fornece dados quanto ao potencial solar local, cuja informação é importante para consumidores, para quem pretende investir, aos investidores e aos profissionais da área de construção. Além disso, a análise sobre acessibilidade permite diagnosticar os fatores impeditivos de aquisição de uma tecnologia energética renovável e econômica, a longo prazo, em comparação à geração de eletricidade convencional. Segundo Silva *et al.* (2019), embora o investimento inicial seja de alto custo, o sistema solar fotovoltaico se paga em poucos anos e, a partir disso, os gastos do consumidor com o consumo de energia são drasticamente reduzidos, chegando a ser considerado autossuficiente neste sentido.

Cabe ainda mencionar a contribuição na disseminação de informações sobre os sistemas Fotovoltaicos Aplicados à Construção (BAPV, do inglês: *Building Applied Photovoltaic*) que podem ser aplicados sobre a estrutura de construções já existentes, sistemas Fotovoltaicos Integrados à Construção (BIPV, do inglês: *Building Integrated Photovoltaic*), que podem substituir materiais funcionais da construção. A integração de tecnologias solares

em partes construtivas das construções ainda é pouco explorada na Região dos Gerais Balsas, existindo somente alguns poucos projetos de estacionamentos solares em estabelecimentos comerciais na cidade. Desta forma, trazer informações sobre essa temática pode despertar um maior interesse dos profissionais em estudar a aplicação de técnicas e os materiais construtivos já existentes que possibilitem maximizar a integração dessas tecnologias na construção civil.

Portanto, considerando que: i) há poucos estudos no âmbito regional com relação a um dos temas mais discutidos na atualidade, que é a energia solar; ii) que a região possui municípios com atividade econômica em ascensão como Balsas, que tem o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) do Estado do Maranhão (IBGE, 2018), e que estão entre os principais contribuintes no cenário agrícola brasileiro, fazendo parte da divisa agrícola MATOPIBA; iii) que a região conta com um recém-criado (com cerca de quatro anos) curso de graduação em Engenharia Civil, cujo compartilhamento de informações relacionadas ao tema tratado neste projeto também é importante; então, esta pesquisa se justifica pela criação de conhecimento e informações que podem auxiliar consumidores, investidores e profissionais da construção nas tomadas de decisões relacionadas ao investimento em tecnologias solares na região. Além disso, a descentralização da geração de energia e a utilização de materiais abundantes e renováveis pode contribuir sistematicamente com a produção de serviços e riquezas, além de combater a exclusão e o isolamento tecnológico de algumas regiões.

3 OBJETIVOS

Nesta seção são abordados os objetivos propostos para a realização do estudo.

3.1 Objetivo geral

Analisar os tipos, as características e a disponibilidade das tecnologias de geração de energia elétrica a partir da radiação solar utilizadas na construção civil e avaliar as vantagens econômicas, sociais e ambientais deste sistema para a região dos Gerais de Balsas-MA.

3.2 Objetivos específicos

Como forma de atender ao objetivo supracitado, os objetivos específicos são os seguintes:

- a) realizar pesquisa bibliográfica sobre os diferentes tipos de dispositivos solares quanto aos materiais, tecnologias e eficiência de conversão em energia elétrica;
- b) identificar os tipos de tecnologia solar disponíveis no mercado e os níveis de uso na construção civil tanto no país como na região;
- c) avaliar a viabilidade econômica regional a partir de um estudo de caso, quanto à disponibilidade de radiação solar anual e serviços especializados, e comparação em termos de custos e eficiência do uso da energia convencional com a energia fotovoltaica;
- d) identificar as principais dificuldades para a popularização das tecnologias solares geradoras de eletricidade.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados os estudos teóricos relacionados ao tema.

4.1 Energia solar e sustentabilidade

A definição de sustentabilidade tem sua origem na biologia que estuda a natureza e está sendo aplicado pelas ciências que estudam a sociedade. Na biologia ele é utilizado para se entender a natureza dos ciclos naturais e medir a resistência de um ambiente a mudanças. Essa definição foi adaptada para as ciências sociais trazendo a ideia de que a sociedade deve se desenvolver sem exceder a capacidade de sustentação do ambiente (SERRÃO; ALMEIDA; CARESTIANO, 2020).

Com a propagação do conceito de sustentabilidade, foi criado na década de 1990, a partir da visão do empresário John Elkington, o termo “Tripé da Sustentabilidade”, que compreende a interação entre sociedade, economia e meio ambiente. Essas dimensões conquistaram reconhecimento e atuam como pilares de sustentação para o desenvolvimento sustentável, conforme Figura 1 (LIMA *et al.*, 2019).

Figura 1- Tripé da Sustentabilidade.



Fonte: Lima (2017).

Dentro dessa perspectiva, os discursos sobre desenvolvimento sustentável geram a busca por ações práticas de sustentabilidade. No contexto da eficiência energética, Freitas e Dathen (2013) pontuam que o desenvolvimento das sociedades aumentou a demanda por mais

recursos energéticos, o que trouxe consigo a geração de impactos ambientais que são objetos de discussão mundialmente.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) define as energias renováveis como sendo fontes alternativas de energias inexauríveis, que possuem a propriedade de se renovar ao longo do tempo (EPE, 2019).

Dentre as fontes alternativas de energia, a energia solar tem ganhado destaque. Ainda que cause impactos no processo de produção de insumos, a implantação de tecnologias solares contribui para a redução de custos e minimização de impactos ambientais. Pinho e Galdino (2014) a definem como a energia oriunda do sol, abundante em escala terrestre e de tempo como fonte geradora de luz e calor.

O Brasil está localizado numa região próxima a linha do equador, em que os raios solares incidem de maneira vertical. Condição esta que contribui para a incidência de altos índices de irradiação em praticamente todo o território nacional (TOLMASQUIM, 2016).

Um percentual de 75,5% da oferta de eletricidade do país é proveniente de recursos renováveis, no entanto 64% vêm da geração hidrelétrica, a qual depende da variação dos ciclos hidrológicos, impactando a geração de energia. Além disso, as hidrelétricas estão cada vez mais suscetíveis às mudanças climáticas, com um quadro de secas por vezes severas, ocasionando um cenário de insegurança. Segundo a Câmara Brasileira de Indústria da Construção (CBIC, 2017), é nesse contexto de incertezas que as tecnologias solares inserem-se no campo da diversificação da matriz energética dentro das dimensões da sustentabilidade.

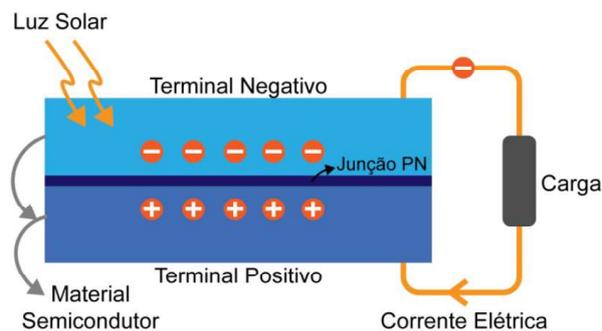
4.2 Tipos de energia solar

No âmbito da engenharia, pode-se falar de energia solar térmica ou fotovoltaica. A produção de eletricidade através da energia solar térmica é feita por meio do aquecimento de um fluido, são usados espelhos que convergem a luz solar para aquecer um fluido, produzindo vapor e fazendo girar as pás de uma turbina a vapor gerando eletricidade (PINTO *et al.*, 2015).

A energia solar fotovoltaica é a energia produzida por meio do efeito fotovoltaico, transformação da luz em eletricidade, em que a célula fotovoltaica, material formado por semicondutores, é a unidade responsável por esse processo de conversão (PINHO; GALDINO, 2014).

À medida que a luz solar incide na superfície da célula, surgem os elétrons livres, que se movimentam devido uma tensão resultante do efeito fotovoltaico. O circuito externo, que conecta a parte positiva a negativa, dá origem a corrente elétrica, esta é dependente da incidência da luz e da capacidade de absorção do material semicondutor. Um módulo fotovoltaico é formado pela junção de várias células, através dos módulos é feita a produção de energia elétrica (URBANETZ, 2019). Na Figura 2 é exemplificado o esquema de funcionamento simplificado de uma célula fotovoltaica de uma célula fotovoltaica.

Figura 2 - Esquema de funcionamento básico de uma célula fotovoltaica de silício.



Fonte: Moraes (2020).

A geração fotovoltaica se divide em dois grupos: *on grid* e *off grid*. O sistema *on grid* é composto por painéis, agrupamento de módulos fotovoltaicos, que realizam a conversão da energia solar em elétrica e inversores, que são responsáveis por converter a corrente contínua produzida pelos painéis em corrente alternada. Caso o sistema produza acima do seu consumo, os créditos são injetados na rede, ocasionando redução da fatura de energia, caso contrário o usuário faz uso da energia da rede e o excedente consumido para a concessionária (BORTOLOTO *et al.*, 2017).

Já os sistemas *off grid* são autônomos, neles a energia produzida pelos painéis é armazenada em baterias. Esse tipo de sistema requer maiores investimentos para gerar a mesma quantidade de kWh gasta por um edifício que fosse conectado nas concessionárias (BOSO; GABRIEL; GABRIEL FILHO, 2015).

4.3 Tecnologias solares integradas a edificações

A energia solar fotovoltaica apresenta as mais satisfatórias possibilidades de integração com o meio urbano dentre todas as outras fontes de eletricidade, é uma das

soluções tecnológicas em etapa de estudo mais usadas na eficiência energética dos edifícios (SANTOS, 2013).

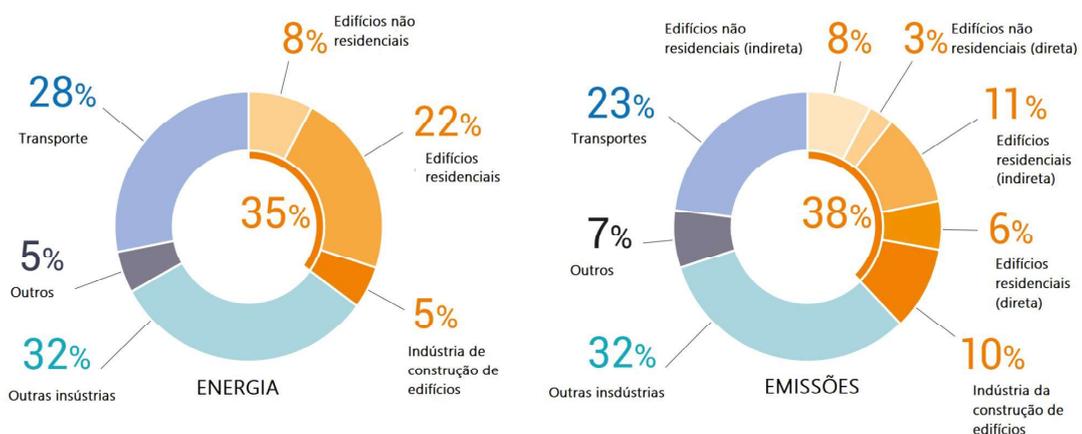
Pereira (2009) ressalta que, independente da classificação, os sistemas fotovoltaicos instalados em edifícios têm apresentado potencial crescente de aplicação em todo o mundo e que à medida que arquitetos e construtores percebem o potencial de tais sistemas, este mercado pode ser melhor explorado. O autor ainda comenta que esse tipo de sistema é adequado para a integração em edificações tendo em vista que conseguem suportar condições adversas e podem operar satisfatoriamente por 25 anos ou mais.

4.3.1 Sustentabilidade na construção civil

A construção civil apresentou grande crescimento dentro do setor da economia na última década, impulsionando o crescimento do PIB do país. O setor envolve a execução de pequenas e grandes obras, abrangendo a construção de casas, pontes, ferrovias, estradas, aeroportos, barragens e obras de infraestrutura. Sua cadeia de produção é distribuída em seis segmentos, são eles: construção de obras, indústria de fabricação e vendas de materiais, serviços, máquinas e equipamentos (CBIC, 2020).

Embora esse ramo seja de grande importância para o desenvolvimento do país, em escala mundial, somando a contribuição dos edifícios residenciais, não residenciais e da indústria da construção de edifícios, o setor consumiu 35% da produção total de energia e teve uma participação de 38% das emissões globais de CO₂, conforme é mostrado na Figura 3 (IEA, 2020b).

Figura 3 – Consumo de energia e emissões de CO₂ no setor da construção.



Fonte: Adaptado IEA (2020b).

Diante da necessidade da redução da emissão de gases poluentes, o conceito de construções zero emissão (ZEB, do inglês: *Zero Energy Building*) tornou-se muito importante e incentiva o estudo de novas tecnologias energéticas que possam se integrar a proposta de construções mais sustentáveis (CBIC, 2017).

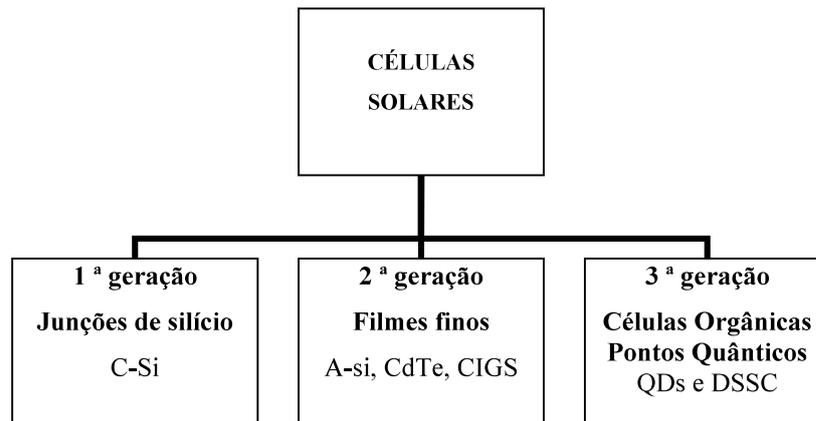
O desempenho energético dentro do contexto de sustentabilidade nas edificações requer a aplicação de estratégias arquitetônicas aliadas a tecnologias eficientes. Dentro dessa perspectiva se destaca o uso de materiais elaborados que utilizam irradiação solar como fonte de energia.

No contexto da energia solar térmica, a aplicação de tecnologias como os coletores solares é basicamente simples, eles podem ser usados em hotéis e residências para aquecimentos de ambientes, águas de pias, chuveiros ou piscinas (SCHERER *et al.*, 2015).

Na energia solar fotovoltaica a aplicação de módulos fotovoltaicos em materiais construtivos como vidros, plásticos e cerâmicos tem chamado atenção e possui diversas possibilidades de integração, desde o uso em revestimento de fachadas, janelas, claraboias e brises até a integração no entorno das edificações através dos pisos e estacionamentos solares ou até mesmo nos mobiliários urbanos como pontos de ônibus e placas de sinalização (VASCONCELOS, 2013).

4.3.2 Célula solar na construção civil

Basicamente, existem três gerações de células solares (Figura 4). A primeira geração é formada principalmente por ligações de silício, o tipo de tecnologia usada nestas células demandava uma grande energia para geração da energia elétrica, implicando altos custos. Nesse sentido foram desenvolvidas as células de segunda geração de filmes finos, que tem custos menores, porém apresentam menos eficiência. A terceira geração veio com o intuito de manter os custos e aumentar a eficiência (CARVALHO, 2010).

Figura 4 – Gerações de células solares.

Fonte: Adaptado de Vasconcelos (2021).

Segundo Vasconcelos (2013), as características das células da terceira geração (leveza, quase transparência e flexibilidade) como a célula solares sensibilizada com corante (DSSC, do inglês: *Dye Sensitized Solar Cells*) favorecem as aplicações em edificações de forma mais vasta que as gerações anteriores, pois além da possibilidade de produzir materiais em uma variedade de cores (RICHHARIYA *et al.*, 2017), também tem melhor desempenho em condições de baixa luminosidade, como céu nublado (HUG *et al.*, 2014).

4.3.2.1 Conceitos de BAVP e BIVP

De acordo com Didoné, Wagner e Pereira (2014), os sistemas fotovoltaicos podem ser aplicados nas edificações de duas formas diferentes: incorporados aos edifícios (BIPV) ou adicionados após a construção (BAPV).

Segundo Silva *et al.* (2018), o termo BAPV se refere a projetos em que os elementos fotovoltaicos se sobrepõem as edificações (Figura 5), de modo que o desempenho da geração de energia é prejudicado por conta da orientação não ideal. Nesse tipo de instalação os elementos fotovoltaicos instalados não substituem um material construtivo, sendo sobrepostos após construção da edificação, geralmente há a necessidade de estruturas adicionais de montagem para auxiliar na fixação dos elementos.

Figura 5 – Exemplo de BAVP (Painéis fotovoltaicos em telhado).



Fonte: Autora.

Por sua vez, os sistemas BIVP possuem os módulos integrados a elementos construtivos (Figura 6) que envelopam o edifício, o que contribui para a eficiência energética da edificação tendo em vista que fatores como sombreamento e inclinação ideal podem ser predefinidos nas etapas iniciais do projeto (FARIAS *et al.*, 2014). Chivelet e Solla (2010) ainda destacam as vantagens relacionadas à diminuição de material e de mão de obra desse tipo de instalação quando comparada ao BAPV.

Figura 6 – Exemplo de BIVP (Matrizes fotovoltaicas combinadas com telhado).



Fonte: Peng (2011).

Quanto às questões construtivas, os elementos fotovoltaicos nos sistemas BIPV irão exercer as mesmas funções que as coberturas, fachadas ou revestimentos convencionais. O que abrange fatores como: dimensão dos elementos de vedação, impermeabilidade, resistência a cargas, longevidade, manutenção e segurança (CHIVELET; SOLLA, 2010).

5 METODOLOGIA

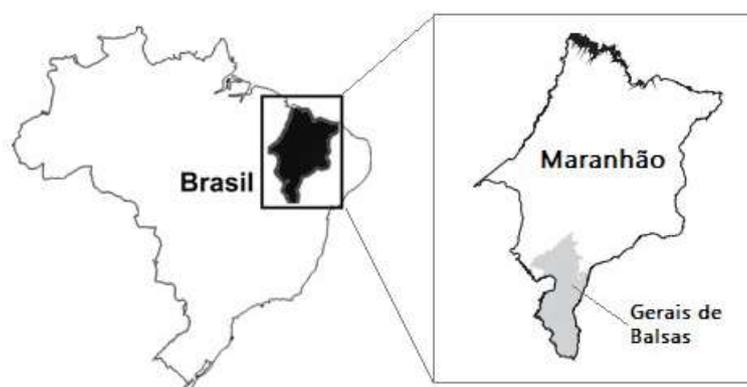
Essa pesquisa é do tipo exploratória de natureza qualitativa. Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica. Segundo Oliveira (2007), a pesquisa bibliográfica refere-se ao tipo de estudo e análise a partir de documentos científicos de domínio público. O acervo utilizado para este estudo constou de livros, artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, monografias, notas técnicas e documentos sobre o tema. As principais fontes foram as bases de dados dos Periódicos da Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), repositórios institucionais e sites especializados.

Em seguida foi realizado o levantamento dos diferentes tipos de dispositivos solares nos principais sites de empresas que comercializam esses materiais no Brasil. O levantamento não foi exaustivo e não contemplou todos os equipamentos solares comercializados a nível nacional. Por fim, foi feito um estudo de caso na região dos Gerais de Balsas a fim de se avaliar a viabilidade econômica do uso da energia solar, disponibilidade de radiação dos municípios, percepção da comunidade e a presença de serviços especializados.

5.1 Área do estudo

A região dos Gerais de Balsas é uma região de planejamento administrativa que fica localizada no Sul do Estado do Maranhão e engloba seis cidades, são elas: Alto Parnaíba, Balsas, Fortaleza dos Nogueiras, Nova Colinas, Riachão e Tasso Fragoso. A Figura 7 mostra a localização dessa Região no Estado do Maranhão (MARANHÃO, 2008).

Figura 7 – Localização da região dos Gerais de Balsas no Estado do Maranhão.



Fonte: Adaptado Maranhão (2008).

No Quadro 1, são mostrados os dados geográficos e sociais dos municípios dos Gerais de Balsas, o município de Balsas é o mais populoso e com maior extensão territorial dessa região.

Quadro 1 – Dados geográficos dos municípios da região dos Gerais de Balsas.

| Município | Área 2020 Km² | Latitude | Longitude | População 2010 |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| Alto Parnaíba | 11.127,384 | -9.1114 | -45.9305 | 11.2012 |
| Fortaleza dos Nogueiras | 1.853,406 | -6.9602 | -46.1788 | 11.646 |
| Balsas | 13.141,162 | -7.53292 | -46.035 | 83.528 |
| Nova Colinas | 743,085 | -7.116389 | -46.257222 | 4.885 |
| Riachão | 6.402,830 | -7.36012 | -46.6146 | 20.209 |
| Tasso Fragoso | 4.369,159 | -8.46798 | -45.7573 | 7.796 |

Fonte: Adaptado IBGE (2010; 2020).

5.2 Estudo de caso

Segundo Eisenhardt (1989) e Yin (2009), o estudo de caso é um método de pesquisa que, em geral, baseia-se em dados qualitativos obtidos a partir de situações reais, visando explicar, explorar ou descrever fenômenos relacionados ao contexto na atualidade.

Quanto à disponibilidade de radiação solar, as irradiações globais horizontais, no plano inclinado e difusa foram obtidas a partir do banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

As demais coletas de dados foram feitas por meio de pesquisa de campo através da realização de entrevistas semiestruturadas com dois consumidores (APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA CONSUMIDORES) e o gestor de uma empresa local fornecedora de serviços de venda e instalação de sistemas fotovoltaicos consumidores (APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PARA GESTOR) na qual a autora dessa pesquisa trabalhou. Ressalta-se que o Termo de Consentimento Livre foi apresentado antes da realização das entrevistas (APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE). Com os resultados obtidos, foi possível conhecer a relação custo-benefício da utilização da tecnologia solar sob a perspectiva dos consumidores; os equipamentos solares instalados pelas empresas que atuam na região; os

principais benefícios do uso da energia solar para essas localidades e os fatores contribuem para dificuldades de popularização desses dispositivos na perspectiva dos gestores.

Também foi analisado um orçamento para a implantação de um sistema fotovoltaico junto à prestadora de serviços com consumo de 950 kW e capacidade de geração estimada de 1000kWh por mês. A partir dos resultados foi possível constatar a partir de quanto tempo o usuário obterá o retorno financeiro do investimento simulado.

Por fim, foram aplicados questionários *online* pela plataforma “Formulários *Google Docs*” para a população geral e profissionais da construção (arquitetos e engenheiros civis) da região dos Gerais Balsas no período 20 de julho a 15 de agosto de 2021 (APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO POPULAÇÃO; APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PROFISSIONAIS). A divulgação do *link* virtual foi feita com ajuda de representantes da comunidade e redes sociais. As questões contemplaram a percepção sobre a energia solar. Além dos profissionais da construção o público alvo incluiu as comunidades acadêmicas (discentes e docentes) da Universidade Federal do Maranhão (Campus de Balsas), civil. Com base nos dados coletados foi possível identificar a percepção das pessoas sobre essas tecnologias, o nível de interesse em adquirir sistemas de energia solar, o conhecimento e experiência dos arquitetos e engenheiros sobre esses sistemas e os fatores que dificultam a acessibilidade desses dispositivos no ponto de vista da população dos Gerais de Balsas.

Ressalta-se que, os sujeitos do estudo foram selecionados por acessibilidade e as informações levantadas em campo foram organizadas e analisadas por meio de análise de conteúdo a fim de se consolidar conclusões sobre o estudo de caso. Os resultados obtidos por meio dos questionários foram organizados em formato tabular, o que contribuiu para a geração de gráficos e tabelas, possibilitando melhor discussão dos resultados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão expostos os diferentes dispositivos solares usados para geração de energia elétrica, as tecnologias disponíveis no mercado e os resultados do estudo de caso na região dos Gerais de Balsas.

6.1 Dispositivos solares para geração de energia elétrica

A tecnologia que possui maior representatividade no mercado global atualmente, cerca de 84%, é a que se baseia no uso do silício cristalino, que é subdividido em duas categorias de fabricação: monocristalino (m-Si) e policristalino (p-Si). Esses dispositivos são chamados de primeira geração por serem as primeiras tecnologias de células solares a serem comercializadas mundialmente, conhecidas como “geração *wafers*” devido ao formato que os blocos de silício são cortados após a solidificação (BÜHLER; SANTOS; GABE, 2018).

As células de m-Si, embora apresentem maior custo, são as que possuem maior eficiência de conversão em energia elétrica, com eficiência máxima de laboratório de 26,7% (FRAUNHOFER ISE, 2019). No processo de produção desses dispositivos as células são formadas por um único cristal, o que favorece o fluxo de elétrons, resultando em maior eficiência. Porém, ainda existem alguns obstáculos a serem ultrapassados, como: alto custo, grande quantidade de material envolvido e energia presente no processo de fabricação (TORRES *et al.*, 2019). Já o silício policristalino, possui um processo de produção mais simples, que ocorre por meio da formação de diversos cristais, resultando em menores custos. No entanto, as células são menos eficientes que as m-Si, apresentando eficiência máxima em laboratório de 24,4% (FRAUNHOFER ISE, 2019).

De forma simplificada, a diferença de eficiência de conversão em energia elétrica entre as células de primeira geração está relacionada à uniformidade da estrutura molecular e ao nível de pureza do silício. O processo de purificação das células p-Si é menos complexo e os cristais formados não são uniformes, fatores esses que justificam a menor eficiência.

A segunda geração corresponde aos filmes finos comerciais, a tecnologia leva esse nome por dar origem às células com apenas alguns micrômetros de espessura, podendo ser flexíveis (MARQUES, 2014). O mercado é representado por materiais à base de “silício amorfo, CIGS (seleneto de cobre, índio, gálio), CdTe (telureto de cádmio) ou CZTS (sulfeto de cobre, zinco, estanho)” (RAPHAEL *et al.*, 2017, p. 61). São tecnologias relativamente

mais baratas, com menor utilização de materiais e energia, mas possui menor eficiência que a geração anterior, de modo que a máxima eficiência de laboratório para essa tecnologia é de 23,4% para a célula CIGS (FRAUNHOFER ISE, 2019) e de 17,4% no módulo comercial, cuja discrepância se dá em razão da cinética de crescimento dos cristais em grande escala.

Essa geração apresenta uma característica interessante, devido ao alto coeficiente de absorção eficiência de luz solar, os módulos fabricados podem ser flexíveis, o que contribui para diversas aplicações na arquitetura. No entanto, a baixa eficiência comercial prejudica a disseminação dessas tecnologias no mercado. O processo de fabricação envolve materiais tóxicos, assim como a primeira geração, além de um dos ingredientes principais, o elemento índio, ser escasso na natureza.

A terceira geração, ou de filmes finos emergentes, são uma perspectiva promissora para o futuro por ter como principais objetivos conciliar alta eficiência e baixo custo, além do processo de fabricação dessas células envolver novas metodologias e materiais alternativos, abundantes e não tóxicos. Engloba as células solares sensibilizadas por corantes (DSSC), as células solares orgânicas (OSC), as células solares de pontos quânticos (QDSC) e as células solares de perovskitas (PSC). Dentre essas as DSSC vêm chamando a atenção de pesquisadores, fatores como facilidade de produção combinados a uma boa estética viabilizariam um grande alcance comercial (TRACTZ *et al.*, 2020).

Nessa tecnologia, os complexos de rutênio estão entre os primeiros corantes inorgânicos desenvolvidos, e são mais usados do que outros tipos de corantes devido à sua alta estabilidade térmica e química. Exemplos são o N3, o N719 e o N749, com eficiência superior a 10%. Porém, os corantes de rutênio apresentam vários obstáculos para a ampla comercialização dos módulos fotovoltaicos do tipo DSSC, devido à funcionalização limitada, alto custo de síntese, etapas de purificação demoradas e escassez do rutênio na natureza (BŁASZCZYK *et al.*, 2021).

6.2 Tecnologias solares disponíveis no mercado

O Quadro 2 mostra o levantamento dos principais componentes da cadeia de geração solar fotovoltaica comercializados no Brasil.

Quadro 2 – Principais tecnologias solares comercializadas no mercado brasileiro.

| Dispositivo | Empresas | Website |
|-----------------------|-----------------|---|
| Painel fotovoltaico | Canadion Solar | https://www.canadiansolar.com/br/ |
| Painéis Filmes Finos | Rbi Solar | https://www.rbisolar.com/ |
| Inversores | Weg | https://www.weg.net/institutional/BR/pt/ |
| Estruturas/Trackers | Solar Group | https://solargroup.com.br/ |
| Telha solar | Tesla | https://www.tesla.com/ |
| Vidro fotovoltaico | Sunew | https://www.sunew.co/ |
| Fitas orgânicas | Sunew | https://www.sunew.co/ |
| Película fotovoltaica | Sunew | https://www.sunew.co/ |

Fonte: Websites das empresas e Ramos *et al.* (2018).

Os painéis de silício m-Si e p-Si ainda são os que dominam o mercado fotovoltaico, por serem produzidos em maior escala e terem valores comerciais mais atrativos. Quanto aos níveis de uso na construção civil, geralmente são aplicados nas coberturas dos edifícios. Santos (2013) destaca que os painéis solares podem substituir telhados inclinados, planos ou curvilíneos e resistir a variações climáticas diversas.

Em geral, juntamente aos painéis, são comercializados os inversores e geralmente as estruturas de fixação, e em casos de estruturas de solo os *trackers*, aos quais, são dispositivos que alteram o posicionamento dos painéis ao longo do dia a fim de se obter maior eficiência energética.

As telhas solares que desempenham a função de cobertura são comercializadas no Brasil em material cimentício, cerâmicas ou vidros temperados, tendo como principal vantagem a facilidade de montagem. Os vidros solares além da aplicação em coberturas podem ser usados em janelas, claraboias e fachadas.

Além das empresas internacionais que fornecem esse tipo de material, o Brasil já conta com empresas nacionais, como a Sunew, que é líder mundial em tecnologia fotovoltaica orgânica (OPV), fabricante de filmes, fitas e películas fotovoltaicas que possuem diversas possibilidades de integração em edificações, podendo ser sobrepostas a materiais diversos, envelopando o edifício, conforme é mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Aplicação de película semitransparente em superfície de vidro de edifício.



Fonte: Sunew (2020).

É importante mencionar que o mercado BIPV, que comercializa materiais direcionados para as edificações ainda é pontual, devido ao alto custo de investimento e a comercialização não ser feita em larga escala. No entanto, esse segmento está em desenvolvimento no país e apresenta perspectiva promissora de crescimento futuro.

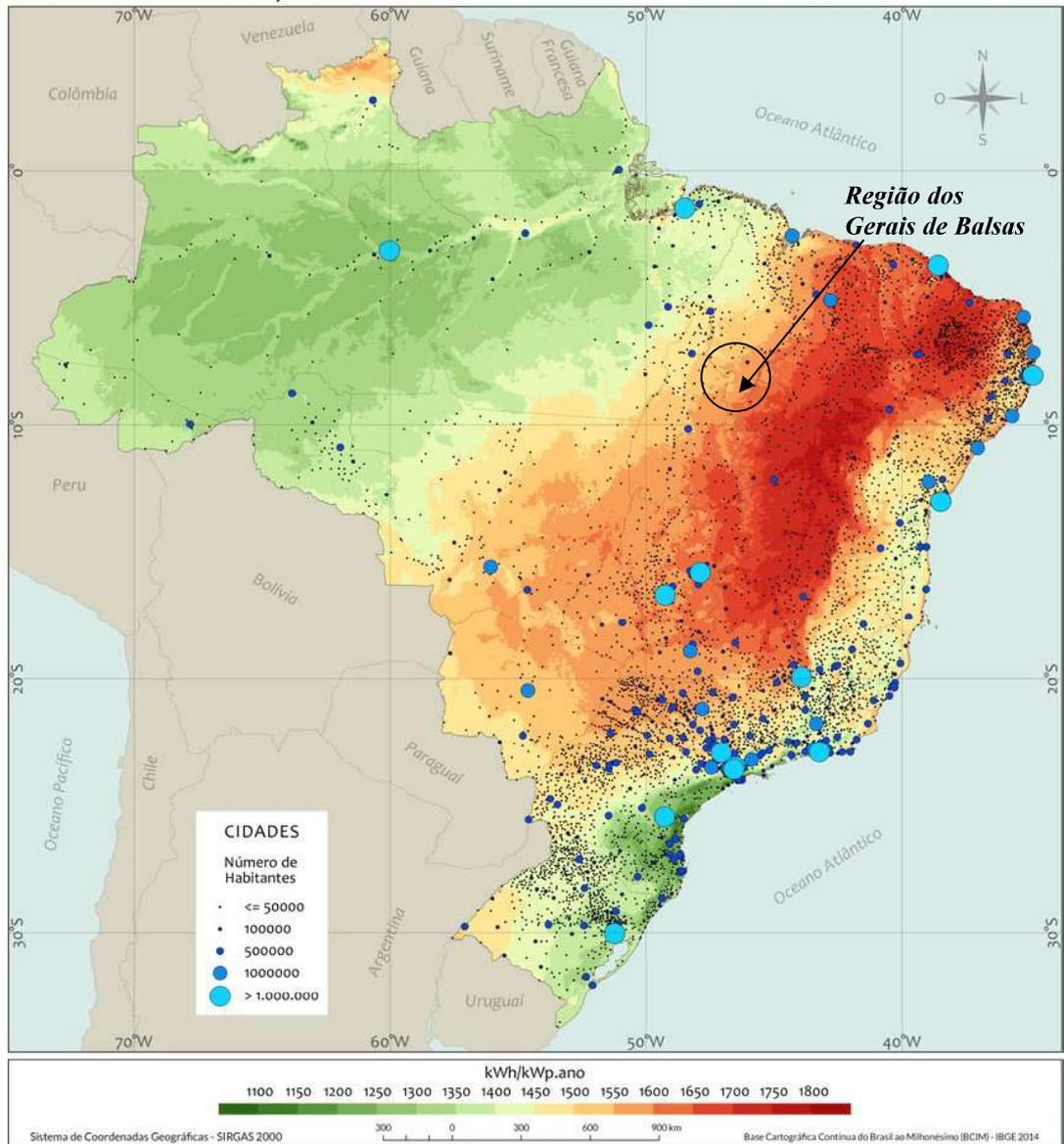
Em entrevista com gestor da empresa de energia solar, situada na cidade de Balsas, que atende nos seis municípios dos Gerais de Balsas desde o ano de 2018, o entrevistado 01 disse que os principais dispositivos solares comercializados na Região dos Gerais de Balsas são os “Kits Solares”, que compõem: painel fotovoltaico, geralmente em silício mono ou policristalino, inversor e estrutura de fixação. As principais aplicações são nos sistemas BAPV. Quando as edificações não suportam a carga dos painéis ou a área do telhado não possui dimensões suficientes para a montagem, uma alternativa sugerida pela empresa são as estruturas de solo, que podem desempenhar o papel de estacionamentos solares.

Embora ainda sejam pontuais, já existem alguns projetos de inovação nessa área na região. A Equatorial Maranhão, por meio do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) com a ANEEL, realizou um projeto no Parque Centenário da cidade de Balsas com pérgolas de tecnologia OPV, que além de desempenharem função de cobertura geram energia para carregar celulares ou *tablets*.

6.3 Viabilidade Regional

A região dos Gerais de Balsas possui altos índices de radiação e com pouca variação ao longo do ano. Como é mostrado na Figura 9, o rendimento energético anual para essa Região está entre 1500-1550 kWh/KWp.ano.

Figura 9 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para o Brasil.



Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2017).

Na Tabela 1, obtida a partir do banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), são listados os valores de irradiação anual

dos seis municípios da região dos Gerais de Balsas. O município que recebe menor irradiação global horizontal, Alto Parnaíba, tem irradiação superior ao de países como a Alemanha, a qual é um dos maiores investidores em tecnologia fotovoltaica para o aproveitamento energético do mundo. Tal fato evidencia o potencial solar dessa Região para o aproveitamento fotovoltaico.

Tabela 1- Irradiação anual dos municípios dos Gerais de Balsas no ano de 2017.

| Município | Irrad. global horizontal (Wh/m ² .dia) | Irrad. no plano inclinado (Wh/m ² .dia) | Irrad. difusa (Wh/m ² .dia) |
|---------------------|--|---|---|
| Alto Parnaíba | 5508 | 5570 | 2024 |
| Balsas | 5350 | 5394 | 2074 |
| Fort. Dos Nogueiras | 5224 | 5271 | 2132 |
| Nova Colinas | 5212 | 5260 | 2140 |
| Riachão | 5208 | 5257 | 2116 |
| Tasso Fragoso | 5476 | 5533 | 2026 |

Fonte: Adaptado INPE (2017).

Esse cenário pode ter contribuído para a vinda de empresas que atuam nesse ramo para região. Além do potencial solar, o entrevistado 01 explicou um dos motivos que levou a empresa a atuar nessa região: “Essa é uma região promissora, de fronteira, o agronegócio nos dá mais abertura para investimentos, por isso escolhemos a cidade de Balsas para a instalação de uma de nossas filiais.”

O gestor ainda destacou os ganhos relacionados à sustentabilidade ambiental e econômica para a comunidade. De acordo com o mesmo, existe procura para instalação de novos sistemas por todas as classes de consumo (residencial, comercial, industrial e rural), do residencial ao industrial, existindo ainda muito espaço para crescimento desse recurso energético na região.

A Tabela 2, elaborada a partir dos dados da ANEEL, mostra que o número de projetos instalados na região ainda é pequeno, com a maioria concentrada na cidade de Balsas. O município conta com quatro empresas privadas que prestam serviços de venda, instalação e manutenção de equipamentos solares. Além disso, este possui o maior PIB dos seis municípios, um indicador econômico que pode estar associado ao maior número de instalações.

De acordo com os dados da ANEEL (2021), 90% das unidades em funcionamento nessa região foram instaladas entre os anos de 2018 e 2021, o que mostra que esse ainda é um recurso relativamente novo para comunidade.

Tabela 2- Unidades de solares fotovoltaicas conectadas na rede de distribuição de energia nos municípios da região dos Gerais de Balsas, Maranhão em 2021.

| Município | Nº de unidades | Nº de unidades que recebem créditos | Potência instalada (kW) |
|-------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Alto Parnaíba | 4 | 4 | 59,90 |
| Balsas | 394 | 549 | 5902,84 |
| Fortaleza dos Nogueiras | 17 | 33 | 377,55 |
| Nova Colinas | 2 | 3 | 17,50 |
| Riachão | 20 | 49 | 262,64 |
| Tasso Fragoso | 10 | 13 | 89,71 |

Fonte: Adaptado INPE (2017).

Na perspectiva do consumidor, entrevistado 02, usuário do sistema fotovoltaico há um ano e oito meses na cidade de Balsas, esse tipo de investimento é 100% satisfatório, o mesmo o utiliza em sua residência e comércio, relatou que o motivo da procura foi devido aos aumentos na fatura de energia, chegou a pagar R\$ 2.000,00 (dois mil reais) por mês juntando as duas unidades e atualmente paga um total de R\$ 89,00 (oitenta e nove reais) por mês.

O entrevistado 03, também da cidade de Balsas possui um sistema desde 2018 e apresenta uma percepção semelhante ao entrevistado 02. A energia é utilizada no seu ponto comercial, a procura também foi devido ao fator econômico, relatou ter tido uma economia de 70% na fatura de energia e o retorno do investimento na sua proposta comercial é estimado para quatro anos e meio. Ambos os consumidores entrevistados afirmaram não ter dificuldade com questões relacionadas à limpeza de painéis e manutenção dos sistemas.

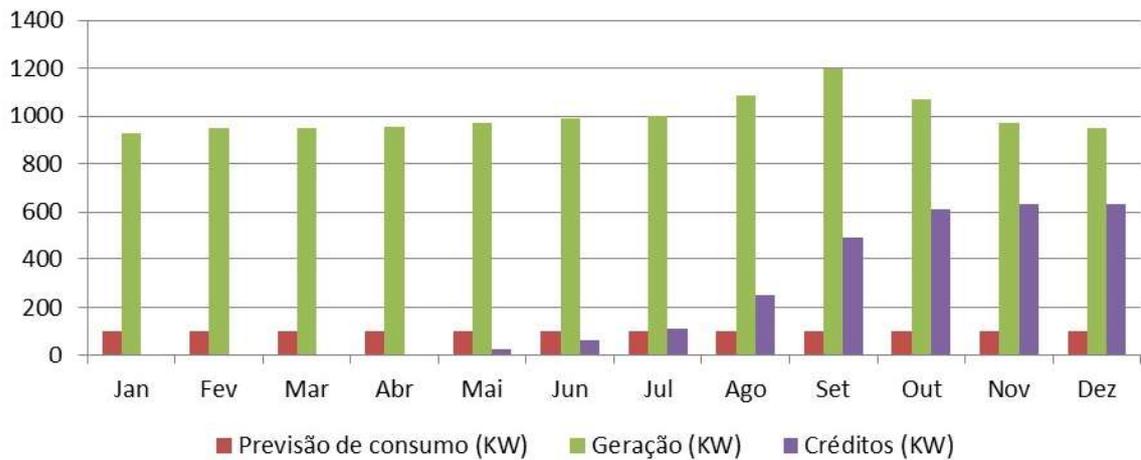
6.3.1 Simulação de sistema fotovoltaico *on grid*

Para atender a geração de 1000,00 (kWh/mês) a empresa local dimensionou um gerador de 8,03(kWp) composto por 22 painéis com potência de 365 W, um inversor de 6,00 kW, com valor de R\$ 41.215,00 (quarenta e um mil e duzentos e quinze reais). Na Figura 10 é mostrada a análise da projeção de geração do Gerador Solar Fotovoltaico (GSF) considerando um consumo de 950,00 (kWh/mês) antes do gerador. Após a instalação do sistema o

consumidor ainda teria um consumo médio de 100kWh/mês, que é o custo de disponibilidade exigido pela concessionária de energia para o padrão trifásico.

Na Figura 10 também é possível perceber que nos períodos do ano em que a irradiação na cidade é maior o consumidor começa a acumular créditos que resultam em descontos na fatura de energia.

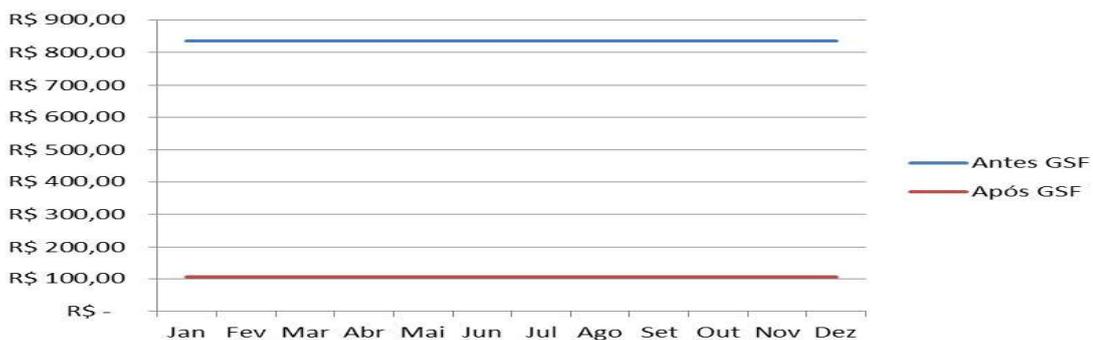
Figura 10 – Projeção de geração após gerador solar fotovoltaico (kWh).



Fonte: Adaptado empresa prestadora de serviços de energia solar.

Quanto à questão econômica, para o consumo de 950,00 (kWh.mês) o consumidor teria aproximadamente um custo antes do gerador de R\$ 836,00, considerando a tarifa residencial convencional da concessionária de energia de 0,64207 (R\$/kWh), impostos e taxa de iluminação pública. Após o gerador o consumidor passaria a pagar em média R\$ 112,00 mensais, valor que compreende o custo da taxa mínima de 100,00 (kW) e a taxa de iluminação pública de R\$ 47,94 (quarenta e sete reais e noventa e quatro centavos) para a cidade de Balsas, conforme é mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Projeção de redução mensal (R\$).



Fonte: Adaptado empresa prestadora de serviços de energia solar.

Considerando a média de consumo de energia antes do gerador e tarifa atual, a empresa calculou um tempo de retorno sobre o investimento realizado de 43 meses. O tempo de retorno previsto não considera os reajustes anuais de tarifa e inflação.

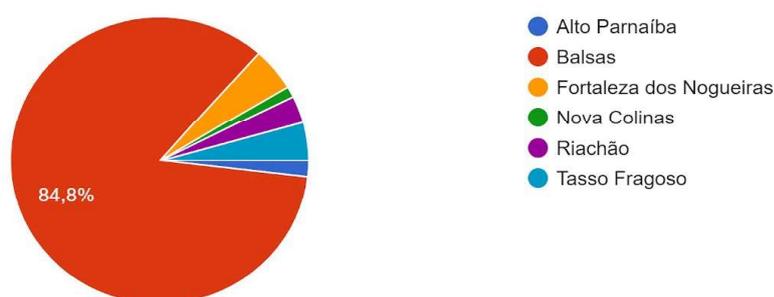
Do ponto de social, a economia no consumo de energia constatada pela simulação, poderia impactar positivamente na renda das famílias dessa região. Quanto à sustentabilidade ambiental, de acordo com a calculadora de dióxido de carbono (CO₂) da Fundação SOS Mata Atlântica (2021), a redução da emissão de CO₂ para o consumo anual de 11.400,00 kWh é estimada em 280,44 kg (CO₂).

6.4 Percepção dos moradores dos Gerais de Balsas

Dos 164 entrevistados por meio de questionário *online* intitulado “Percepção sobre Energia Solar”, 57,9% são mulheres e 42,1% são homens. A maioria tem idade entre 18 e 25 anos (62,2%), seguido de 30,5% com idade entre 26 e 40 anos e 7% entre 40 e 60 anos.

Quanto ao município de residência dos entrevistados (Figura 12), 84,8% residem na cidade de Balsas, 4,9% em Fortaleza dos Nogueiras, 4,3% em Tasso Fragoso, 3% em Riachão, 1,8% em Alto Parnaíba e 1,2% em Nova Colinas. O maior número de respondentes da cidade de Balsas pode ter sido influenciado pela maior divulgação nessa cidade, que é o município de residência da pesquisadora do trabalho.

Figura 12 - Em qual município da região dos Gerais de Balsas você reside?

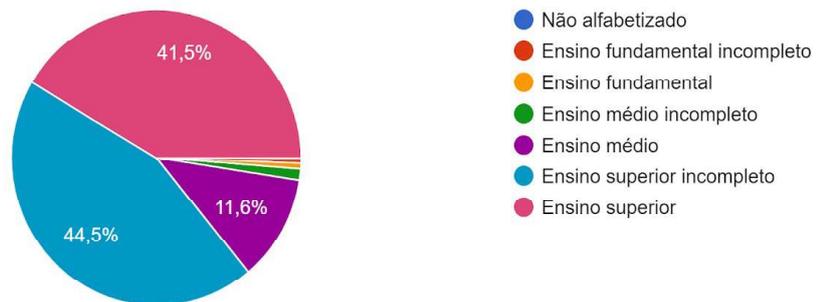


Fonte: Autora.

Com relação à escolaridade, conforme é mostrado na Figura 13, a maioria (44,5%) possui ensino superior incompleto, seguido de 41,5% que possuem ensino superior, 11,6% com ensino médio, 1,2% com ensino médio incompleto, 0,6% com ensino fundamental e 0,6% com ensino fundamental incompleto. A maior parte dos entrevistados está cursando, ou

possui um curso superior, é importante destacar que esses números não representam à realidade dessa Região, esses dados são justificados pelo direcionamento à comunidade da Universidade Federal do Maranhão – Campus Balsas.

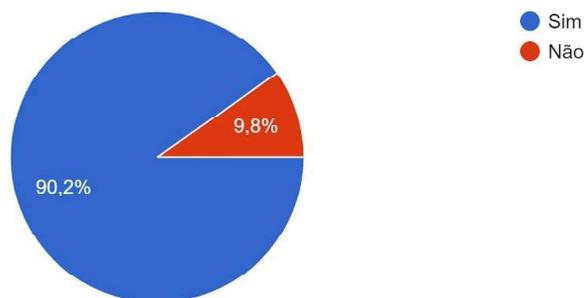
Figura 13 - Qual seu grau de escolaridade?



Fonte: Autora.

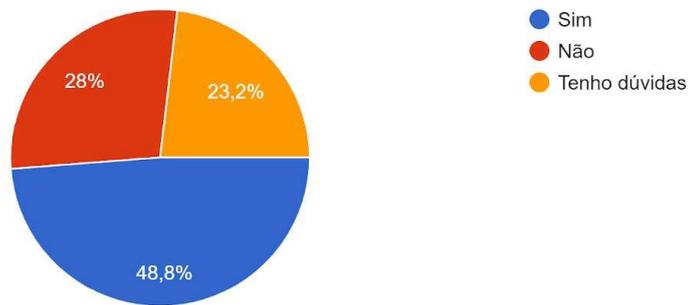
No que diz respeito às energias renováveis, um percentual alto de 90,2% afirmaram saber do que se trata, enquanto 9,8% não têm conhecimento sobre o tema, conforme Figura 14. Esse resultado era esperado, tendo em vista o grau de escolarização da maioria dos participantes da pesquisa.

Figura 14 - Você sabe o que é energia renovável?



Fonte: Autora.

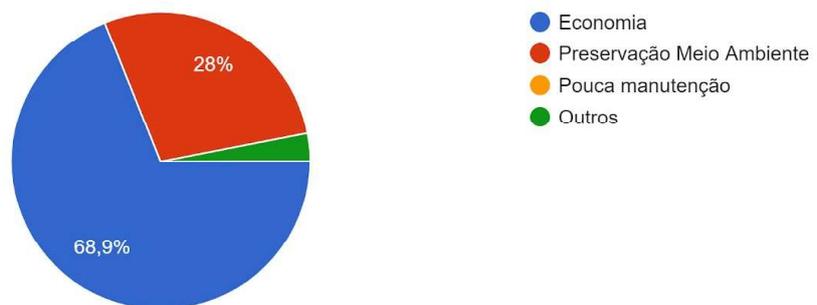
Quando questionados sobre o conhecimento relacionado à energia solar fotovoltaica (Figura 15), 48,8% afirmaram conhecer, no entanto um percentual considerável não conhece (28%) e tem dúvidas sobre essa temática (23,2%).

Figura 15 - Você conhece a tecnologia da energia solar fotovoltaica?

Fonte: Autora.

Apenas 7,3% dos participantes da pesquisa possuem um sistema fotovoltaico em suas residências e 92,7% afirmaram ter interesse em usar esse tipo de sistema. A Figura 16 apresenta os principais motivos apontados pelos entrevistados que justificam esse interesse.

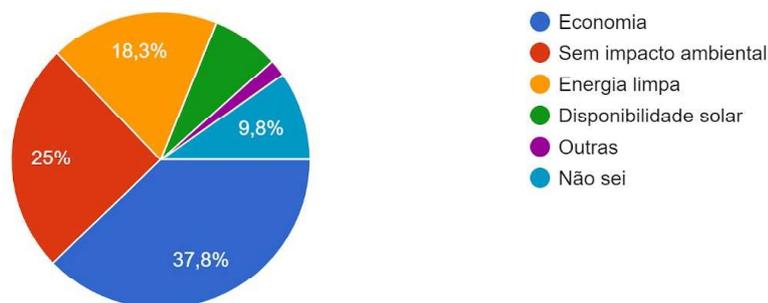
A maioria dos respondentes (68,9%) instalaria esse tipo de sistema pela economia trazida, conforme Figura 16, o que pode ser justificado pelo aumento do valor da energia elétrica cobrado nas bandeiras tarifárias nos últimos anos; 28% disseram ter preocupações relacionadas à preservação ambiental e o restante afirma ter outros motivos.

Figura 16 – Qual o principal motivo lhe levaria a instalar um sistema fotovoltaico?

Fonte: Autora.

A questão econômica também foi a principal vantagem do uso da energia solar selecionada por 37,8% dos entrevistados, conforme Figura 17, um percentual representativo também é a ausência de impactos ambientais (25%) e o fato da energia ser limpa (18,3%).

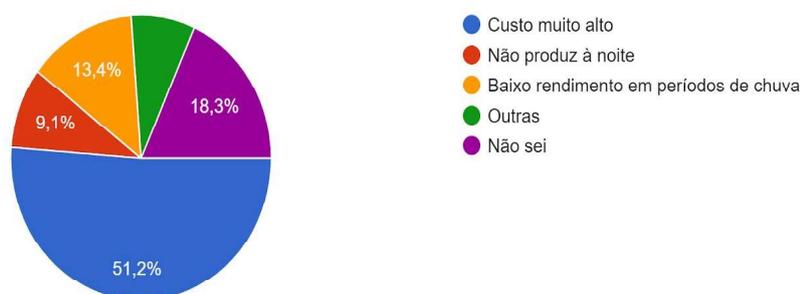
Figura 17 – Qual a principal vantagem do uso da energia solar?



Fonte: Autora.

Quando questionados sobre a principal desvantagem (Figura 18), mais da metade dos entrevistados destacaram o alto custo de aquisição do sistema, 13,4% o baixo rendimento em períodos chuvosos e 9,1% o fato do sistema não produzir em períodos noturnos.

Figura 18 – Qual a principal desvantagem do uso da energia solar?



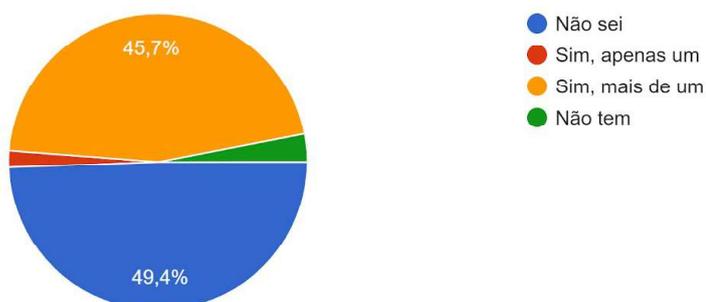
Fonte: Autora.

Um percentual considerável de entrevistados (49,4%) mostrou não saber da existência de sistemas solares instalados no município (Figura 19), 3% afirmaram que seu município não tem e 1,8% disseram ter apenas um. Como mostrado na Tabela 2, todos os municípios dos Gerais de Balsas possuem ao menos dois projetos de energia solar conectados na rede, fora os projetos *off grid* que não foram contabilizados.

Nesse sentido, percebe-se a falta de difusão de informação, tendo em vista que a maioria dos entrevistados é da cidade de Balsas e que além de integradores solares existem quatro empresas nesse segmento atuando no município. Esses dados mostram que as próprias

empresas de certa forma podem está restritas ao meio que apresenta maior potencial de investimento, se tornando muitas vezes desconhecidas por parte da população.

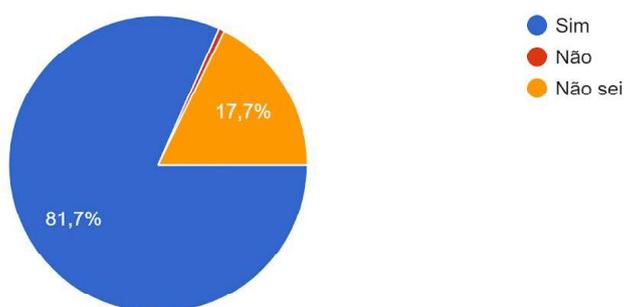
Figura 19 - No seu município, existe algum sistema instalado de energia fotovoltaica?



Fonte: Autora.

A maioria dos entrevistados (54,3%) também afirmou não conhecer pessoas que trabalhem com energia fotovoltaica na região. No entanto, 81,7% acreditam que esse tipo de sistema proporciona a criação de novos empregos na região, conforme Figura 20.

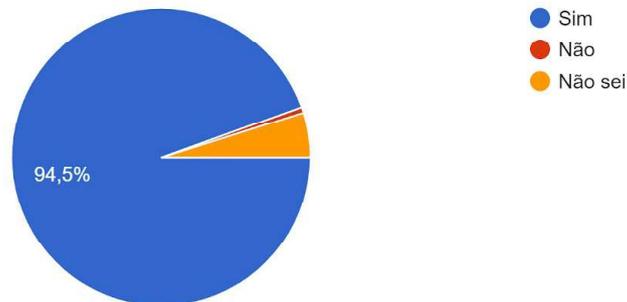
Figura 20 - Em sua opinião, a instalação de sistemas fotovoltaicos proporciona a criação de novos empregos na região?



Fonte: Autora.

A grande maioria dos participantes (94,5%) também concorda que os sistemas solares trazem benefícios ao meio ambiente, 4,9% não sabem e 0,6% acreditam que não, como é mostrado na Figura 21.

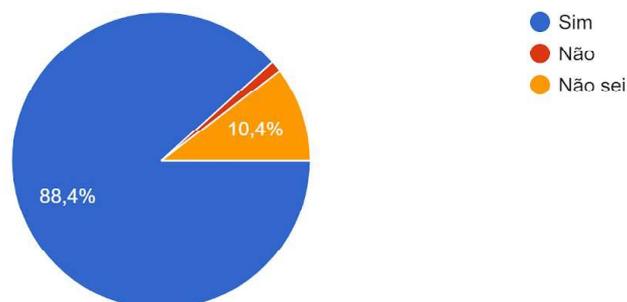
Figura 21 - Na sua opinião, os sistemas solares trazem benefícios ambientais?



Fonte: Autor.

No que diz respeito à contribuição para o desenvolvimento regional, 88,4% acreditam que os sistemas fotovoltaicos são positivos, seguido de 10,4% que afirmam não saber e 1,2% que não acreditam que a instalação desse tipo de sistema é positiva para a sua região, conforme é mostrado na Figura 22.

Figura 22 - Você considera que a instalação de sistemas fotovoltaicos é positiva para o desenvolvimento da sua região?



Fonte: Autor.

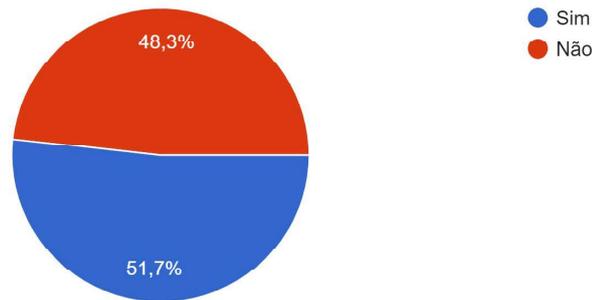
6.5 Percepção profissionais da área

Dos 29 profissionais da construção civil entrevistados por meio do questionário *online* intitulado “Energia Solar na Construção”, 24 (82,8%) são engenheiros civis e 5 (17,2%) são arquitetos. A maioria reside na cidade de Balsas (93,1%) e 6,9% no município de Fortaleza dos Nogueiras.

Com relação ao conhecimento a respeito da energia solar fotovoltaica, um percentual significativo de 86,2% diz conhecer essa tecnologia e as possibilidades de aplicação na construção civil (75,9%). No entanto, quando questionados sobre os materiais construtivos

com essa tecnologia, quase metade (48,3%) diz não saber da existência, conforme é mostrado na Figura 23. Essa falta de conhecimento quanto a esses materiais pode estar relacionada ao fato do nicho mercado BIPV, apesar de apresentar grandes perspectivas de crescimento, ainda ser relativamente novo.

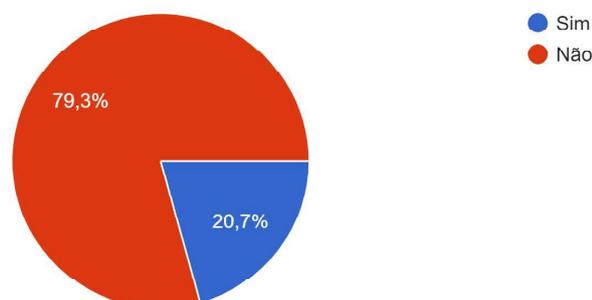
Figura 23 - Tem conhecimento da existência de materiais construtivos com a tecnologia fotovoltaica?



Fonte: Autora.

Mais da metade dos entrevistados (62,1%) afirmaram ter contato com pessoas ou empresas na região que disponibilizam materiais e serviços para sistemas fotovoltaicos e a maioria acredita que os clientes estariam dispostos a investir nesses recursos (89,7%). Entretanto, quando questionados se já fizeram uso dessa tecnologia em algum projeto da região, a maioria (79,3%) diz nunca ter usado, conforme Figura 24. O que mostra que essa tecnologia ainda não tem uma dimensão ampla nos projetos dos profissionais da construção nessa região.

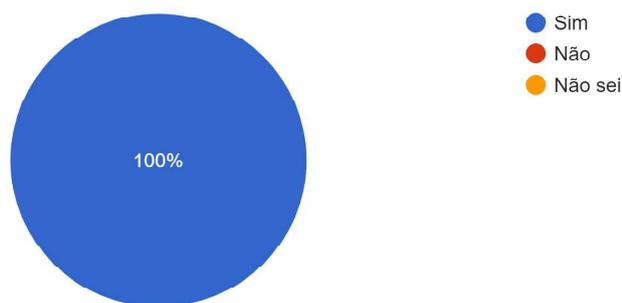
Figura 24 – Já fizeram uso dessa tecnologia em algum projeto da região?



Fonte: Autor.

Totalidade dos entrevistados considera que a inserção dessa tecnologia desde a fase inicial do projeto pode ter um retorno positivo, acreditam que esse tipo de sistema traz benefícios ambientais, proporciona a criação de novos empregos e que a instalação é positiva para o desenvolvimento da regional (Figura 24).

Figura 25 - Você considera que a instalação de sistemas fotovoltaicos é positiva para o desenvolvimento da região?

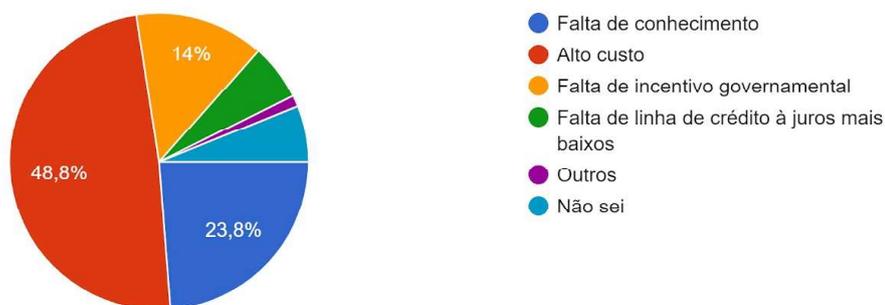


Fonte: Autor.

6.6 Dificuldades de popularização das tecnologias solares

Com relação às dificuldades de popularização das tecnologias solares, os principais impeditivos selecionados pelos entrevistados estão relacionados ao alto custo, a falta de conhecimento e a ausência de linhas de crédito com juros mais baixos, conforme é mostrado na Figura 23.

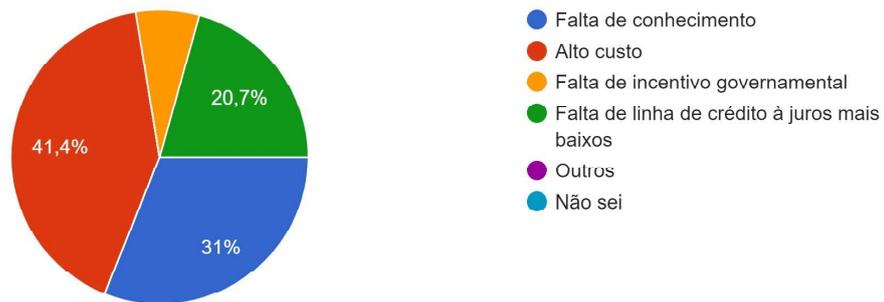
Figura 26 - Na sua opinião, quais os principais motivos de ainda haverem poucas instalações de projetos de energia solar fotovoltaica na região?



Fonte: Autor.

Os profissionais da construção civil apresentaram percepção semelhante, apontando como principais impeditivos o alto custo e falta de conhecimento, conforme é mostrado na Figura 26.

Figura 27 - Na sua opinião, quais os principais motivos de ainda haverem poucas instalações de projetos de energia solar fotovoltaica na região?



Fonte: Autor.

Na perspectiva do gestor da empresa prestadora de serviços especializados, entrevistado 01, os principais impasses para popularização estão relacionados à falta de conhecimento, o mesmo afirma que a população acredita que os sistemas de energia solar são muito caros e também destaca que poderia existir maior incentivo governamental, como existe em países como a Alemanha, por exemplo. No entanto, como foi mencionada, a disseminação de informações dos serviços ofertados por essas instituições parece ser limitada a um público, não alcançando de forma efetiva a população da Região.

7 CONCLUSÕES

Quanto aos dispositivos solares para geração de energia elétrica, as tecnologias que se baseiam no uso do silício cristalino são as que têm maior representação no mercado mundial. As células de segunda geração ainda não conseguiram superar os problemas relacionados à eficiência comercial, mas possuem aplicabilidades interessantes na construção civil, as tecnologias de terceira geração são as que apresentam perspectivas futuras mais promissoras devido as maiores possibilidades de integração arquitetônica, menores custos e impactos ambientais reduzidos.

Com relação às tecnologias disponíveis no mercado, tanto no Brasil quanto na região dos Gerais de Balsas, os painéis solares de silício são os dispositivos mais comercializados. O mercado BIPV ainda é pontual, devido ao alto custo dos dispositivos solares, mas apresenta potencial de desenvolvimento.

Quanto à disponibilidade de radiação solar anual, os dados evidenciam que a região possui altos índices de radiação, e com pouca variação ao longo do ano, o que favorece a geração solar fotovoltaica. A análise do orçamento mostrou que embora o investimento financeiro seja alto e inacessível para boa parte da população, o tempo de retorno é relativamente baixo quando comparada a vida útil dos painéis. Sendo assim, do ponto de vista social, esse investimento pode impactar de forma positiva, no médio prazo, a renda das famílias dessa região, além de proporcionar a criação de novas oportunidades de emprego, movimentando a economia regional.

A população apresenta uma percepção otimista sobre essa tecnologia e a considera importante tanto na dimensão ambiental, como na social e econômica da região. Observou-se que as principais dificuldades para a popularização das tecnologias solares geradoras de eletricidade estão relacionadas ao alto custo dessas tecnologias e falta de informação sobre as empresas do ramo que atuam na região, bem como às poucas possibilidades de negociação relacionadas à aquisição de sistemas apresentadas pelas mesmas. Além disso, verificou-se que a maioria dos profissionais da construção nunca participou do desenvolvimento desse tipo de projeto na região e que possuem uma fragilidade quanto ao conhecimento a respeito dos materiais construtivos com tecnologia solar.

Com relação à perspectiva de sustentabilidade, considerando o impacto do setor da construção nos níveis de emissões de poluentes, as tecnologias fotovoltaicas, com sua abundância e possibilidades de aplicação em edificações se mostram como uma alternativa para construções mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AMBONI, Vanderlei. Trabalho e educação: o processo da existência humana: o processo da existência humana. **Germinal Marxismo e Educação em Debate: Marxismo e Educação em Debate**, Salvador, 2019. Universidade Federal da Bahia. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340851835_Trabalho_e_educacao_o_processo_da_existencia_humana. Acesso em: 20 jun. 2021.

BLASZCZYK, Alfred *et al.* Environmental performance of dye-sensitized solar cells based on natural dyes. **Solar energy**. 2021.

BORTOLOTO, Valter *et al.* **Geração de energia solar on gride off grid**. In: 6ª jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu. Botucatu, 2017. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/view/1069>. Acesso em: 01 jun. 2021.

BOSO, Ana Cláudia Marassá Roza; GABRIEL, Camila Pires Cremasco; GABRIEL FILHO, Luís Roberto Almeida. Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no brasil. **Revista Científica "Anap Brasil"**, Campus de Tupã, 2015. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/1138/1161. Acesso em: 01 jul. 2021.

BÜHLER, Alexandre José; SANTOS, Fernando Hoefling dos; GABE, Ivan Jorge. **UMA REVISÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS ATUAIS**. In: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/267>. Acesso em: 02 ago. 2021.

CARVALHO, Eliana; CALVETE, Mário J. F. Energia Solar: Um passado, um presente... um futuro auspicioso. **Revista Virtual de Química**, Aveiro, 2010. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/89>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Energia nas construções**: uma contribuição do setor à redução de emissões e de uso de fontes renováveis de energia. Brasília, 2017. Disponível em: https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Energia_na_Construcao_2017-1.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

CHIVELET, Nuria Martín; SOLLA, Ignacio Fernandez. **Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CORREIA FILHO, Francisco Lages (org.). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Balsas. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/15410/1/rel-balsas.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2021.

DIDONÉ, Evelise Leite; WAGNER, Andreas; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário de energia elétrica de 2017**. 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 20 jun. 2021.

EISENHARDT, Kathleen. **Building theories form case study research**. Academy of Management Review. New York, New York, v. 14 n. 4, 1989.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional**. 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 20 jun. 2021.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Fontes de Energia**. 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia#>. Acesso em: 20 jun. 2021.

FARIAS, Renata Torres *et al.* **Bipv e bapv**: avaliações a partir de conceitos teóricos, de aspectos positivos e negativos e de estimativas de desempenho energético para regiões de baixa latitude. *In*: V Congresso Brasileiro de Energia Solar: Recife, 2014. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/218404347/BIPV-E-BAPV-AVALIACOESA-PARTIR-DE-CONCEITOS-TEORICOS-DE-ASPECTOS-POSITIVOS-E-NEGATIVOS-E-DEESTIMATIVAS-DE-DESEMPENHO-ENERGETICO-PARA-REGIOES-DE-BAI>> Acesso em: 04 jun. 2021.

FRAUNHOFER ISE. **Photovoltaics report**, Fraunhofer ISE and PSE Conferences & Consulting GmbH, Freiburg, 2019. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/photovoltaics-report.html>. Acesso em: 06 de Ago. 2021.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Calculadora de CO2**. Bela Vista, 2021. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/calculadora-emissao-de-co2/>. Acesso em: 06 de Ago. 2021.

GEETAM *et al.* Natural dyes for dye sensitized solar cell: a review. **Renewable and Sustainable Energi Review**. 2017.

HUG, Hubert *et al.* Biophotovoltaics: Natural Pigments in Dye-Sensitized Solar Cells. **Appl. Energy**, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informações dos Municípios**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma>. Acesso em: 04 jul. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de Balsas**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/panorama>. Acesso em: 29 jun. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2019**. 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2019_v29_informativo.pdf. Acesso em: 23 jun. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/pesquisa/38/47001?tipo=ranking>. Acesso em: 04 jul. 2021.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key World Energy Statistics**. 2020a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>. Acesso em: 28 jun. 2021.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Statistics and Balances**. 2020b. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>. Acesso em: 30 jun. 2021.

IMESC - INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Anuário Estatístico do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2010.

IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable Capacity Highlights**. 2020. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Highlights_2020.pdf. Acesso em: 28 jun.2021.

LIMA, Carina. **TRIPLE BOTTOM LINE: Sustentabilidade e eficiência energética**. Minas Gerais, 2017. Disponível em: <https://viridis.energy/pt/blog/triple-bottom-line-sustentabilidade-e-eficiencia-energetica>. Acesso em: 29 jun. 2021.

LIMA, Meline Melegario *et al.* A quarta revolução industrial sob o tripé da sustentabilidade. **Semioses**. 2019. Sociedade Unificada de Ensino Augusto Motta -UNISUAM.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento. **Regiões de Planejamento do Estado do Maranhão** / Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos, Universidade Estadual do Maranhão. São Luís: SEPLAN, 2008.

MARQUES, Francisco das Chagas. **Células solares sendo organizadas para iniciar a etapa de montagem do módulo fotovoltaico**. Campinas, 2014. Disponível em: <https://www.iei-brasil.org/pdf/4inovafvminicursofrancisco.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2021.
MOREIRA JÚNIOR, Orlando; SOUZA, Celso Correia de. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, 2020.

MORAES, Caio. **Célula Fotovoltaica**. Santa Catarina. 2021. Disponível em: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>. Acesso em: 01 ago. 2021.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer Pesquisa Qualitativa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030, Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 27 jun. 2021.

PENG, Changhai; HUANG, Ying; WU, Zhishen. Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China. **Energy And Buildings**, p. 3592-3598, dez. 2011. Elsevier BV.

PEREIRA, Eunício. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 28 jun. 2021.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://mtcm21b.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PEREIRA, Márcio Filipe Coelho. **Estimativa da produção de sistemas fotovoltaicos integrados em edifícios**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco António. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 30. jun. 2021.

PINTO, Carlos *et al.* **Energia Solar: Projeto FEUP**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2015.

RAMOS, Camila *et al.* **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Brasília : Sebrae, 2018.

RAPHAEL, Ellen *et al.* CÉLULAS SOLARES DE PEROVSKITAS: uma nova tecnologia emergente. **Química Nova**, Campinas, 2017. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170127>. Acesso em: 01 ago. 2017.

REITAS, Giovana Souza; DATHEIN, Ricardo. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. **Revista Nexos Econômicos**, Salvador. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revnexeco/article/view/8359/9549>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SANTOS, Ísis Portoblan. **Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura**. Tese de Doutorado. Florianópolis, Santa Catarina, 2013. Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHERER, Lara Almeida *et al.* **Fonte alternativa de energia: energia solar**. XX Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. 2015.

SERRÃO, Mônica; ALMEIDA, Aline; CARESTIANO, André. **Sustentabilidade: uma questão de todos nós**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2020.

SILVA, Izanilde Barbosa da *et al.* **Materiais aplicados à geração de energia solar em edificações.** In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado. 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/15/15>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SILVA, Luzilene Souza et al. Avaliação de custo benefício da utilização de energia fotovoltaica. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Belém, 2019.

SUNEW. **OPV**: Terceira geração de células solares. Belo Horizonte. 2021. Disponível em: <https://materiais.sunew.com.br/webinar>. Acesso em: 01 ago. 2021.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável**: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2021.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno (Org). **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Cenergia-COPPEUFRJ/Interciência, 2003.

TORRES, Douglas Guedes Batista *et al.* CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: DESENVOLVIMENTO E AS TRÊS GERAÇÕES. **Revista Técnico-Científica do Crea-Pr**, Paraná, p. 1-6, mar. 2019. Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/540/326>. Acesso em: 05 ago. 2021.

TRACTZ, Gideã T. *et al.* Dye Sensitized Solar Cells (CSSC): perspectives, materials, functioning and characterization techniques. **Revista Virtual de Química**, 2020. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200060>. Acesso em: 28 jul. 2021.

URBANETZ, Isabela Valpecovski. **Diagnóstico de falhas em módulos fotovoltaicos**. 2019.. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energias Renováveis e Eficiência Energética, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bragança, 2019. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/23560/1/IsabelaUrbanetz.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2021.

VASCONCELOS, Yuri. **O desafio do Sol**: Nova geração de células flexíveis tenta superar dificuldades para aumentar o uso de energia fotovoltaica no mundo. 2013. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2013/05/072-075_CelulasOrganicas_207.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

YIN, Robert. **Case study research, design and methods**: applied social research methods. Thousand Oaks. California: Sage Publications, 2009.

ZANETTI, Kenia. Os recursos naturais: conceito, uso e poluição. In: LIMA, Rosimeire Midori Suzuki Rosa et al. **Recursos naturais e fontes de energia**. Londrina: Unopar, 2014. p. 38-73.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO CONSUMIDORES



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Fundação Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966 – São Luís – Maranhão

QUESTIONÁRIO DA PESQUISA PARA CONSUMIDORES

Título do projeto: Aplicação de materiais da tecnologia solar na construção civil: uma perspectiva de sustentabilidade

Pesquisadora responsável: Natalia dos Santos Mota

Pesquisadora orientadora: professora Dra. Regina Maria Mendes Oliveira

Instituição de Ensino/Pesquisa: Universidade Federal do Maranhão – Campus Balsas

Curso: Bacharelado em Engenharia Civil

CONSUMIDOR 01 -

ENDEREÇO -

LOCAL/DATA ENTREVISTA: _____, ____ de _____ de 2021

1. Há quanto tempo você usa a energia solar fotovoltaica para geração de energia elétrica?

2. Utiliza apenas nessa unidade ou existente uma unidade beneficiária?

3. O que te levou a procurar esse tipo de tecnologia de geração de energia?

4. Qual o percentual de economia que você teve após a instalação do sistema?

5. Está satisfeito com a aquisição desse sistema de energia?

6. Tem alguma dificuldade com questões relacionadas à limpeza e manutenção?

Nome do(a) entrevistado(a) e assinatura

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO GESTOR



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Fundação Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966 – São Luís – Maranhão

QUESTIONÁRIO DA PESQUISA PARA GESTOR

Título do projeto: Aplicação de materiais da tecnologia solar na construção civil: uma perspectiva de sustentabilidade

Pesquisadora responsável: Natalia dos Santos Mota

Pesquisadora orientadora: professora Dra. Regina Maria Mendes Oliveira

Instituição de Ensino/Pesquisa: Universidade Federal do Maranhão – Campus Balsas

Curso: Bacharelado em Engenharia Civil

GESTOR-

EMPRESA -

LOCAL/DATA ENTREVISTA: _____, ____ de _____ de 2021

1. Em quais Municípios dos Gerais de Balsas a empresa atua?

- Alto Parnaíba.
- Balsas
- Fortaleza dos Nogueiras.
- Nova Colinas.
- Riachão.
- Tasso Fragoso.

2. Quais serviços a empresa oferece:

- Projetos de Geração Solar Fotovoltaica
- Instalação de Sistema On-Grid
- Instalação de Sistema Off-Grid
- Instalação de Sistema de Bombeamento
- Instalação de Sistemas de Aquecimento
- Limpeza e Manutenção
- Outros? Quais?

3. Quais serão os principais ganhos para a população dos Gerais de Balsas e para o meio ambiente do uso da energia solar?

4. O que levou os gestores a atuarem nessa área na região dos Gerais de Balsas?

APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Fundação Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966 – São Luís – Maranhão

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre “APLICAÇÃO DE MATERIAIS DA TECNOLOGIA SOLAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE” e está sendo desenvolvida por Natalia dos Santos Mota (natalia.mota@discente.ufma.br), do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão – Campus Balsas, sob a orientação da professora Regina Maria Mendes Oliveira (regina.oliveira@ufma.br).

Os objetivos do estudo são analisar os tipos, as características e a disponibilidade das tecnologias de geração de energia elétrica a partir da radiação solar utilizadas na construção civil e avaliar as vantagens econômicas, sociais e ambientais deste sistema para a Região dos Gerais de Balsas-MA. A finalidade deste trabalho é contribuir para o compartilhamento de informações relacionadas ao uso da energia solar na região e, tendo em vista que: *i)* há poucos estudos no âmbito regional com relação a um dos temas mais discutidos na atualidade, que é a energia solar; *ii)* que a região possui municípios com atividade econômica em ascensão como Balsas, que tem o terceiro maior PIB do Estado do Maranhão, e que estão entre os principais contribuintes no cenário agrícola brasileiro; *iii)* que a região conta com um recém-criado curso de graduação em Engenharia Civil (há cerca de quatro anos), então, esta pesquisa se justifica pela criação de conhecimento e informações que podem auxiliar consumidores, investidores e profissionais da construção nas tomadas de decisões relacionadas ao investimento em tecnologias solares na região. Além disso, consideramos que a descentralização da geração de energia e a utilização de materiais abundantes e renováveis, pode contribuir sistematicamente com a produção de serviços e riquezas, além de combater a exclusão e o isolamento tecnológico de algumas regiões.

Solicitamos a sua colaboração respondendo a um questionário semiestruturado, cujo tempo médio de duração é de dez minutos, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área tecnológica e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo absoluto. Informamos que essa pesquisa pode causar possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo como: o tempo dispendido para responder ao questionário, constrangimento da não interpretação de alguma questão e sentir fadiga durante o questionário.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pela Pesquisadora. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Pesquisadora responsável
Matrícula: 2020056384

Professora Orientadora
Matrícula SIAPE: 2072376

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**Fundação Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966 – São Luís – Maranhão

Considerando, que fui informado(a) dos objetivos e da relevância do estudo proposto, de como será minha participação, dos procedimentos e riscos decorrentes deste estudo, declaro o meu consentimento em participar da pesquisa, como também concordo que os dados obtidos na investigação sejam utilizados para fins científicos (divulgação em eventos e publicações). Estou ciente que receberei uma via desse documento.

Local / Data: _____, ____ de _____ de 2021

Nome do(a) entrevistado(a) e assinatura

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO POPULAÇÃO

08/09/2021 16:41

Percepção sobre energia solar

Percepção sobre energia solar

Trabalho de Conclusão do Curso de aluna da UFMA – Campus Balsas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE

Estamos convidando você para ser voluntário(a) em responder a pesquisa: APLICAÇÃO DE MATERIAIS DA TECNOLOGIA SOLAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE.

PESQUISADORES ENVOLVIDOS: esta pesquisa está sendo desenvolvida por Natalia dos Santos Mota, discente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão – Campus Balsas, sob a orientação da professora Dra. Regina Maria Mendes Oliveira.

JUSTIFICATIVA: considerando que a descentralização da geração de energia e a utilização de materiais abundantes e renováveis, pode contribuir com a produção de serviços e riquezas, além de combater a exclusão e o isolamento tecnológico de algumas regiões e que há poucos estudos no âmbito regional relacionados à energia solar, esta pesquisa visa criar conhecimento e informações para a comunidade civil e a profissionais da área.

OBJETIVOS: analisar os tipos, as características e a disponibilidade das tecnologias de geração de energia elétrica a partir da radiação solar utilizadas na construção civil e avaliar as vantagens econômicas, sociais e ambientais deste sistema para a Região dos Gerais de Balsas-MA.

PROCEDIMENTOS: para a coleta de parte dos dados será utilizado um instrumento de pesquisa, constituído por um formulário online. O questionário apresenta um total de 17 questões.

DESCONFORTOS E RISCOS E BENEFÍCIOS: O participante pode sentir algum desconforto ao preencher este questionário. Fica assegurado que o mesmo pode desistir assim que achar necessário independente do motivo.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer prejuízo.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS: A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

Em caso de dúvidas, o participante poderá chamar a pesquisadora NATALIA MOTA no e-mail natalia.mota@discente.ufma.br ou a professora orientadora REGINA MARIA MENDES OLIVEIRA no e-mail regina.oliveira@ufma.br.

***Obrigatório**

08/09/2021 16:41

Percepção sobre energia solar

1. Concordância *

Marque todas que se aplicam. Declaro que concordo em participar desse estudo e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

2. 1. Em qual município da região dos Gerais de Balsas você reside? *

Marcar apenas uma oval.

- Alto Parnaíba
- Balsas
- Fortaleza dos Nogueiras
- Nova Colinas
- Riachão
- Tasso Fragoso

3. 2. Qual a sua faixa etária? *

Marcar apenas uma oval.

- De 18 a 25 anos
- De 26 a 40 anos
- De 41 – a 60 anos
- Acima de 80 anos

4. 3. Qual o seu gênero? *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
- Masculino
- Não declarar

08/09/2021 16:41

Percepção sobre energia solar

5. 4. Grau de escolaridade: *

Marcar apenas uma oval.

- Não alfabetizado
- Ensino fundamental incompleto
- Ensino fundamental
- Ensino médio incompleto
- Ensino médio
- Ensino superior incompleto
- Ensino superior

6. 5. Você sabe o que é energia renovável? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

7. 6. Você conhece a tecnologia da energia solar fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não
- Tenho dúvidas

8. 7. Possui um sistema de energia solar fotovoltaica em sua casa? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

08/09/2021 16:41

Percepção sobre energia solar

9. 8.Instalaria em sua casa um sistema de energia solar? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não
- Tenho dúvidas

10. 9. Por quais motivos instalaria? *

Marcar apenas uma oval.

- Economia
- Preservação Meio Ambiente
- Pouca manutenção
- Outros

11. 10. Na sua opinião, quais as vantagens do uso da energia solar fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

- Economia
- Sem impacto ambiental
- Energia limpa
- Disponibilidade solar
- Outras
- Não sei

08/09/2021 16:41

Percepção sobre energia solar

12. 11. Na sua opinião, quais as desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo muito alto
- Não produz à noite
- Baixo rendimento em períodos de chuva
- Outras
- Não sei

13. 12. No seu município (localizado na região dos Gerais de Balsas), existe algum sistema instalado de energia fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

- Não sei
- Sim, apenas um
- Sim, mais de um
- Não tem

14. 13. Na sua opinião, quais os principais os motivos de ainda haver poucas instalação de projetos de energia solar fotovoltaica na região? *

Marcar apenas uma oval.

- Falta de conhecimento
- Alto custo
- Falta de incentivo governamental
- Falta de linha de crédito à juros mais baixos
- Outros
- Não sei

08/09/2021 16:41

Percepção sobre energia solar

15. 14. Você conhece alguém na região que trabalha com energia solar fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

16. 15. Na sua opinião, a instalação de sistemas fotovoltaicos proporciona a criação de novos empregos na região? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei

17. 16. Na sua opinião, os sistemas solares trazem benefícios ambientais? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei

18. 17. Você considera que a instalação de sistemas fotovoltaicos é positiva para o desenvolvimento da sua região? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

<https://docs.google.com/forms/d/1RzcOLF2pB3pf6x9ldbVWQINDesJ10LkeM9yD01Cr6s/edit>

6/7

APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO PROFISSIONAIS

08/09/2021 15:19

Questionário - Energia Solar na Construção

Questionário - Energia Solar na Construção

Trabalho de Conclusão do Curso de aluna da UFMA – Campus Balsas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE

Estamos convidando você para ser voluntário(a) em responder a pesquisa: APLICAÇÃO DE MATERIAIS DA TECNOLOGIA SOLAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE.

PESQUISADORES ENVOLVIDOS: esta pesquisa está sendo desenvolvida por Natalia dos Santos Mota, discente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão – Campus Balsas, sob a orientação da professora Dra. Regina Maria Mendes Oliveira.

JUSTIFICATIVA: considerando que a descentralização da geração de energia e a utilização de materiais abundantes e renováveis, pode contribuir com a produção de serviços e riquezas, além de combater a exclusão e o isolamento tecnológico de algumas regiões e que há poucos estudos no âmbito regional relacionados à energia solar, esta pesquisa visa criar conhecimento e informações para a comunidade civil e a profissionais da área.

OBJETIVOS: analisar os tipos, as características e a disponibilidade das tecnologias de geração de energia elétrica a partir da radiação solar utilizadas na construção civil e avaliar as vantagens econômicas, sociais e ambientais deste sistema para a Região dos Gerais de Balsas-MA.

PROCEDIMENTOS: para a coleta de parte dos dados será utilizado um instrumento de pesquisa, constituído por um formulário online. O questionário apresenta um total de 17 questões.

DESCONFORTOS E RISCOS E BENEFÍCIOS: O participante pode sentir algum desconforto ao preencher este questionário. Fica assegurado que o mesmo pode desistir assim que achar necessário independente do motivo.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer prejuízo.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS: A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

Em caso de dúvidas, o participante poderá chamar a pesquisadora NATALIA MOTA no e-mail natalia.mota@discente.ufma.br ou a professora orientadora REGINA MARIA MENDES OLIVEIRA no e-mail regina.oliveira@ufma.br.

***Obrigatório**

08/09/2021 15:19

Questionário - Energia Solar na Construção

1. Concordância *

Marque todas que se aplicam.

Declaro que concordo em participar desse estudo e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

2. 1. Indique sua profissão *

Marcar apenas uma oval.

- Arquiteto
 Engenheiro civil

3. 2. Em qual município da região dos Gerais de Balsas você reside? *

Marcar apenas uma oval.

- Alto Parnaíba
 Balsas
 Fortaleza dos Nogueiras
 Nova Colinas
 Riachão
 Tasso Fragoso

4. 3. Conhece a tecnologia solar fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

08/09/2021 15:19

Questionário - Energia Solar na Construção

5. 4. Conhece as possibilidades de aplicação dessas tecnologias na construção civil? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

6. 5. Tem conhecimento da existência de materiais construtivos com a tecnologia fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

7. 6. Já fez uso desse tipo de tecnologia em algum projeto na região? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

8. 7. Tem contato com com pessoas ou empresas da região que disponibilizam esses serviços? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

08/09/2021 15:19

Questionário - Energia Solar na Construção

9. 8. Acredita que a inserção dessa tecnologia desde a fase inicial do projeto pode ter um retorno positivo? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

10. 9. Acreditam que os clientes estariam dispostos a investir nesse recursos energético? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

11. 10. Na sua opinião, qual os principal motivo de ainda haver poucas instalação de projetos de energia solar fotovoltaica na região? *

Marcar apenas uma oval.

- Falta de conhecimento
 Alto custo
 Falta de incentivo governamental
 Falta de linha de crédito à juros mais baixos
 Outros
 Não sei

12. 11. Na sua opinião, a instalação de sistemas fotovoltaicos proporciona a criação de novos empregos na região? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei

08/09/2021 15:19

Questionário - Energia Solar na Construção

13. 12. Na sua opinião, os sistemas solares trazem benefícios ambientais? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei

14. 13. Você considera que a instalação de sistemas fotovoltaicos é positiva para o desenvolvimento da região? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários