

O SOL NASCE PARA TODOS: SUSTENTABILIDADE MEDIANTE TELHAS FOTOVOLTAICAS DE CONCRETO

Wagner Marques (UCAM) E-mail: wagsmarques@gmail.com

Aaron Lima Santos (UCAM) E-mail: aaron.santos@candidomendes.edu.br

Eduarda Chaves Alves (UCAM) E-mail: chaves.alves97@gmail.com

Jonathas Miranda Rollim (UCAM) E-mail: rollim007@gmail.com

Mariana Santa Anna Pinto (UCAM) E-mail: mariana.santa.anna@gmail.com

Resumo: Com o avanço da tecnologia e crescente busca pelo uso de energias renováveis, emerge maior demanda por novas formas alternativas de geração de energia, com uso eficiente e economicamente viáveis para o consumidor. Nessa direção, pensar na captação da energia solar para transformá-la em energia elétrica se faz diligente. Desta forma, este estudo objetivou investigar a viabilidade técnica e econômica da utilização de telhas fotovoltaicas de concreto como fonte alternativa de energia elétrica eficiente e limpa no âmbito residencial, em comparação ao método tradicional, por meio de placas solares. Foi realizada uma pesquisa exploratória, dividida em cinco fases, mediante um estudo de caso, em uma residência na Zona Oeste do Rio de Janeiro. Os resultados revelaram vantagens da implementação do sistema com telhas fotovoltaicas de concreto sobre o modelo convencional, destacando-se a viabilidade de instalação, manutenção do design arquitetônico, facilidade de montagem e, principalmente, menor custo, com possibilidade de *payback* de quatro anos.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Telha Fotovoltaica de Concreto; Fonte Alternativa de Energia Elétrica.

THE SUN RISES FOR EVERYONE: SUSTAINABILITY THROUGH PHOTOVOLTAIC CONCRETE TILES

Abstract: *With the advancement of technology and the growing search for the use of renewable energy, there is a greater demand for new alternative forms of energy generation, with efficient and economically viable use for the consumer. In this sense, thinking about the capture of solar energy to transform it into electrical energy is diligent. Thus, this study aimed to investigate the technical and economic feasibility of using concrete photovoltaic tiles as an alternative source of efficient and clean electrical energy within the scope compared to the traditional method, using solar panels. An exploratory research was carried out, divided into five phases, through a case study, in a residence in the West Zone of Rio de Janeiro. The results revealed advantages of implementing the system with photovoltaic concrete tiles over the conventional model, highlighting the feasibility of installation, maintenance of the architectural design, ease of assembly and, above all, lower cost, with the possibility of a four-year payback.*

Keywords: *Sustainability; Photovoltaic Concrete Tile; Alternative Source of Electric Power.*

1. Introdução

Com a expansão das tecnologias e o crescimento populacional nas últimas décadas, consequentemente, a demanda global de energia elétrica aumentou gradativamente, causando, desse modo, a exploração excessiva dos meios não sustentáveis de geração de energia, como, por exemplo, aquelas que são geradas por combustíveis fósseis e/ou nucleares, que, por sua vez, são recursos naturais esgotáveis a médio ou longo prazo e costumam apresentar problemas de ordem ambiental, além de encarecimento das tarifas cobradas pelas concessionárias. Com isso, torna-se necessária a busca por novas fontes de oferecimento de energia para a população, de modo que sejam mais eficientes, sem prazo de esgotamento e que tragam, também, menos efeitos negativos ao ambiente, garantindo, assim, qualidade de vida à sociedade e baixo ou nulo impacto ao meio ambiente.

Segundo a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2007), o uso de energias renováveis, como a solar, concorre para obtenção de benefícios da ordem ambiental, de saúde pública e de segurança energética, com perspectivas de desenvolvimento econômico, uma vez

que “uma maior dependência dos recursos renováveis nacionais pode reduzir a transferência de pagamentos por energia importada e estimular a criação de empregos” (FAPESP, 2007, p.186).

Alinhado a esses pressupostos, o presente estudo objetivou investigar a viabilidade técnica e econômica da utilização de telhas fotovoltaicas de concreto como fonte alternativa de energia elétrica eficiente e limpa no âmbito residencial, em comparação ao método tradicional, por meio de placas solares, a fim diminuir os custos sobre a instalação do sistema fotovoltaico, com decorrente redução nas tarifas de energia elétrica, além da manutenção do design arquitetônico. As telhas de concreto fotovoltaicas têm formato semelhante aos modelos cerâmicos convencionais, com algumas particularidades, como a diferença de tamanho e a integração de células solares de silício monocristalino na parte lisa e reta. Apesar de ser um sistema ainda com custos consideráveis, a geração de energia elétrica a partir da energia solar fotovoltaica na forma de telhas é um projeto diferenciado que pode agregar novos consumidores.

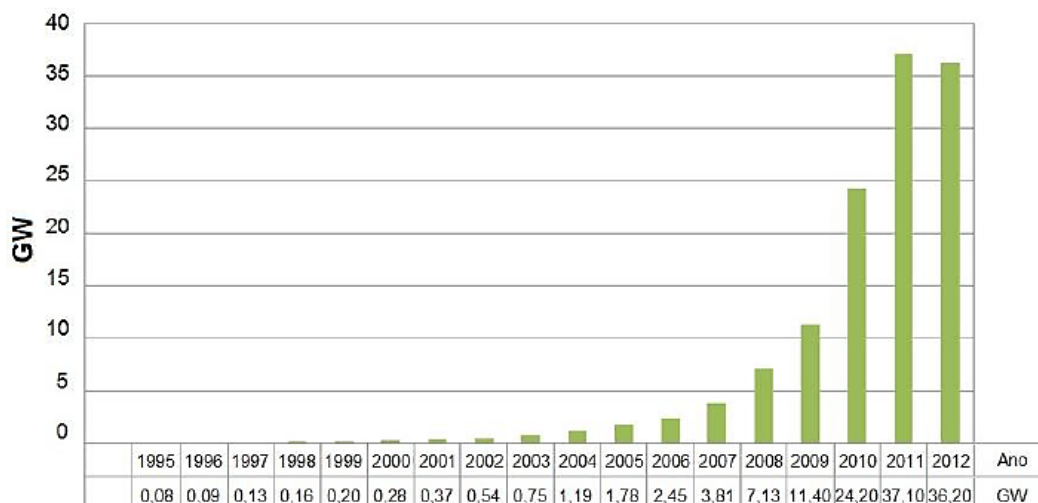
Na confecção deste texto, iniciamos com esta introdução, seguida de aportes teóricos, nos quais buscamos alicerçar nossas observações. Depois, revelam-se pesquisas que se aproximam da temática por nós escolhida, compondo nossa revisão de literatura. Ao esmiuçarmos a maneira como conduzimos a investigação, apresentamos a metodologia utilizada, que nos orientou sobre como realizar os encaminhamentos necessários. Finalmente, a análise dos resultados que emergiram nos possibilitou encerrar o manuscrito com as considerações acerca desta empreitada.

2. Aportes teóricos

O Brasil possui características favoráveis ao uso de meios renováveis de produção de energia, especialmente a solar e a eólica. Nosso clima característico e incidência de irradiação solar ao longo do ano é o que se faz afirmar que sua utilização pode ser bem vantajosa no país, até mesmo em ampla escala (PETROBRÁS, 2006). Cabral, Torres e Senna (2013), ao realizarem um comparativo entre Brasil e Alemanha, advertem que nossa região menos ensolarada apresenta índice de radiação superior à alemã, e, mesmo nessas circunstâncias, com condições climáticas menos favoráveis, a Alemanha, graças a tecnologias e mecanismos eficientes, apresenta capacidade de aproveitamento superior à nossa, mostrando-se avançada na ampliação desse tipo de recurso. Altoé e Ribeiro (2020, p. 112) acrescentam, ainda, que, “apesar da viabilidade econômica do uso da energia solar fotovoltaica em território nacional, o uso desta tecnologia ainda é inexpressivo quando comparado à China, Estados Unidos e diversos países europeus”. Embora o Brasil apresente condições climáticas favoráveis, a utilização de energia solar como fonte de produção de energia elétrica é pouco aproveitada, apesar dessa abundância. Por ser uma tecnologia relativamente nova, pode representar uma insegurança e dúvidas a respeito das vantagens e desvantagens de sua utilização; porém, esta realidade vem sendo modificada (Gráfico 1), pois cada vez mais o uso de fontes limpas de energia vem sendo necessário por conta do aumento populacional e altos índices de poluição, além da escassez das fontes de energia não renováveis (PINHO; GALDINO, 2014).

O Brasil recebe grande incidência solar, no entanto, não tem aproveitado este recurso como poderia. Inserida em um contexto diferenciado encontra-se a Alemanha, que apesar de receber menor radiação solar que o Brasil, é um país de destaques nos avanços do setor de energia solar no mundo e está à frente da nação brasileira no uso dessa fonte.

Gráfico 1 – Produção de células fotovoltaicas.



Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.

Especialmente na Ásia, a produção de células fotovoltaicas tem crescido exponencialmente, por conta das políticas favoráveis e os baixos custos de produção. Na China, o governo estimula a utilização deste tipo de tecnologia, além de incentivar a produção para exportação. Em outros países, o custo das células fotovoltaicas ainda é um dos fatores que impede o crescimento da utilização deste recurso, principalmente em larga escala. Apesar disso, a tecnologia vem apresentando queda nos custos, enquanto outras fontes de energia têm seus custos cada vez maiores (PINHO; GALDINO, 2014).

No que tange à instalação desses sistemas, de forma a obter um desempenho maximizado na associação de módulos, é preciso que todos estejam posicionados da mesma maneira, ou seja, suas faces devem estar voltadas para a mesma direção e devem apresentar a mesma inclinação. Desta forma, existe uma maior garantia de que todos os módulos recebam a mesma quantidade de irradiação solar; no caso de os módulos receberem diferentes quantidade de irradiação, o que recebe a menor quantidade irá limitar todos os outros, mesmo que estes recebam mais (PINHO; GALDINO, 2014).

De acordo com Pinho e Galdino (2014), a melhor configuração de posicionamento dos módulos é voltá-los para o norte, caso estejam localizados no hemisfério sul, e voltados para o sul no caso de se localizarem no hemisfério norte. Para maximizar a eficiência, a melhor inclinação para posicionar os módulos é uma inclinação igual à latitude do local onde eles se encontram, de forma a evitar inclinações inferiores a 10°, pois, neste caso, o módulo poderá acumular muito mais poeira, e a limpeza natural ocasionada pela água da chuva fica comprometida pela falta de escoamento das águas. Acrescida às conjecturas apresentadas, juntam-se os estudos que compõem a revisão com potencial para complementar tais alicerces.

3. Revisão de Literatura

Com o intuito de verificar como se mostram no cenário as pesquisas que envolvem a utilização de produção de energia mediante sistemas fotovoltaicos, perscrutamos investigações com olhares atentos, uma vez que “pesquisa e Internet são elementos não estáticos, cujos resultados que se permitem explorar se multiplicam de forma contínua e acelerada” (MARQUES, 2021), e, desta forma muitos elementos se tornam disponíveis, como elencamos a seguir, algumas averiguações que se aproximam da perspectiva deste estudo.

Ribeiro (2018) abordou, de maneira ampla, sobre as variáveis que envolvem o estudo da implantação de um sistema fotovoltaico, discutindo acerca das vantagens de implantação do sistema e trazendo a possibilidade de comercialização da energia excedente ou estocagem da

mesma, além de indicar que uma fonte de energia limpa e renovável sempre tem maior viabilidade. Os resultados sinalizam que a população em geral tem procurado cada vez mais praticidade e economia na obtenção de energia e isso é possível por meio da energia solar, que possui inestimada importância para o meio ambiente.

Uma análise comparativa das telhas fotovoltaicas em relação aos módulos fotovoltaicos convencionais foi apresentada por Ragnini (2018), objetivando discorrer sobre a viabilidade técnica e econômica da instalação de telhas desse tipo conectadas à rede de distribuição em novas residências de forma eficiente. Após o levantamento e análise dos parâmetros técnicos e econômicos, concluiu-se que é viável o uso do produto para geração de energia elétrica residencial. No entanto, como o modelo utilizado ainda não era comercializado no Brasil por ocasião do estudo, gerou-se um maior custo do projeto simulado devido à importação, o que não tornou essas telhas no custo final em comparação aos módulos solares.

Carvalho (2014) propôs uma avaliação de viabilidade financeira no uso da energia solar fotovoltaica apoiada pela Resolução Normativa ANEEL 482/2012 sobre geração distribuída no setor elétrico do Brasil. Nessa pesquisa é realizada uma análise da viabilidade financeira para a inserção de projetos de geração de energia elétrica por intermédio da energia fotovoltaica na visão do consumidor, observando-se as condições gerais aos sistemas de distribuição de energia elétrica mediante o método de compensação. Concluiu-se com a perscrutação que implementação do sistema torna-se praticável mediante as alterações normativas e uma maior cooperação governamental na aprovação de subsídios financeiros e financiamentos.

Objetivando investigar a qualidade da energia elétrica em um sistema fotovoltaico conectado à rede, May (2016) realizou uma análise dos predicados dessa modalidade de energia, em relação à distorção harmônica de corrente, que é produzida por um sistema fotovoltaico de baixa tensão conectado à rede elétrica. Foram feitas aferições da qualidade de energia durante 14 dias, com amparo de um analisador. Observou-se que, em potências de geração menores, a distorção harmônica é alta. Contudo, em potências aproximadas à potência nominal do inversor, a distorção harmônica se adequa ao que é determinado em norma.

Teixeira (2017) realizou um estudo de caso em uma residência com a implementação de um microgerador fotovoltaico conectado à rede. Ao dimensionar o sistema, foi possível verificar a área para instalação, a irradiação solar, burocracias com a distribuidora local, tempo de retorno do investimento, salientando os aspectos positivos e negativos. Os resultados mostraram-se positivos quanto à viabilidade técnica, praticidade do projeto, obtenção dos equipamentos, implementação e manutenção. Tratando-se da viabilidade econômica, houve maior o tempo de retorno do investimento e algumas variações de acordo com a região de instalação.

Analisando técnicas de rastreamento de máxima potência (MPPT) para aplicação em arranjos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, Caetano (2015) aplicou o conceito de que o sol é um fator cada dia mais utilizado como principal fonte na geração distribuída (GD). A evolução das negociações entre consumidores, concessionárias de energia elétrica e regulamentos publicados para a conexão de GD à rede, mostrou que o alto investimento inicial, a longo prazo, é viável, devido à economia e retorno financeiro mediante compensação de créditos de energia elétrica que é adotada. Foi realizado também um estudo computacional com objetivo de analisar por completo todo o sistema conectado à rede elétrica de baixa tensão.

Buscando perscrutar sobre custo/benefício e implantação de sistema fotovoltaico, Freitas e Miranda (2016) explicaram todo o procedimento referente à instalação, custeios e benefícios da instalação dos sistemas fotovoltaicos no âmbito residencial, dentro da regulamentação das

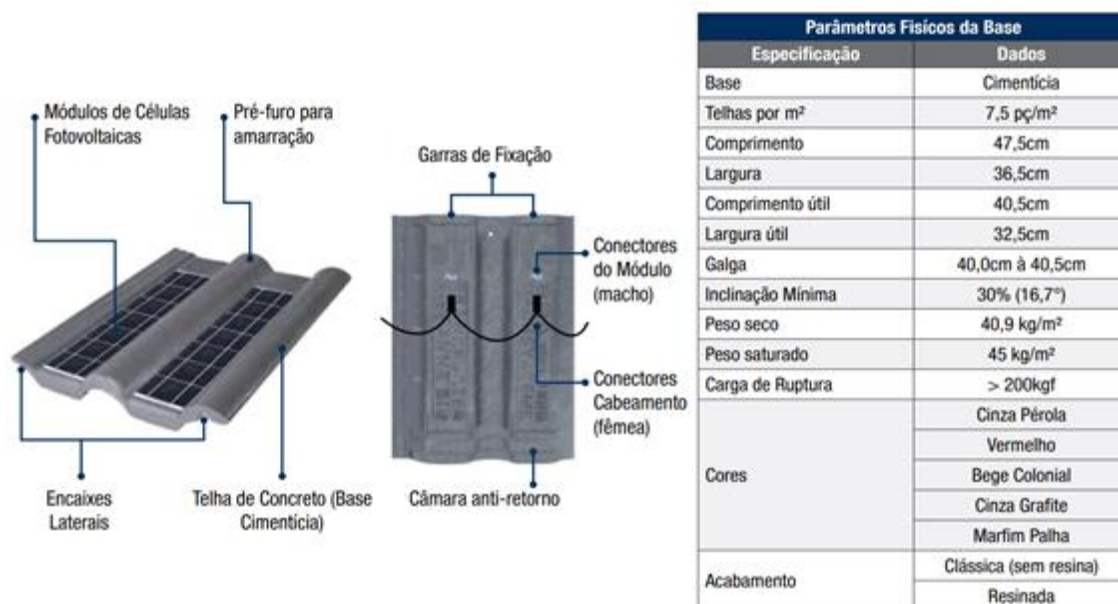
normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para a implementação do sistema na rede de distribuição local. Foi apresentada a tecnologia *On-Grid*, cada etapa do sistema e o modo de instalação em residências. Os estudiosos sinalizaram, ainda, acerca do sistema de compensação de créditos, do dimensionamento do sistema fotovoltaico, do painel solar, do controlador de carga e do inversor. Os resultados trouxeram à tona que a energia solar, apesar do alto custo investido inicialmente, compensa a longo prazo, além de ser uma tecnologia que está aliada à sustentabilidade ambiental.

Quais benefícios podem ser contabilizados quando se apropria de placas solares em telhas de barro sustentáveis para a captação de energia solar? A fim de responder tal questão, Silva, Ferreira e Benarrosh (2015) investiram em uma pesquisa do tipo revisão bibliográfica sobre energia solar, placas solares e telhas fotovoltaicas. O estudo revelou que a produção de energia por intermédio de sistemas fotovoltaicos é uma questão promissora no Brasil devido ao seu clima favorável, porém o alto custo para implementação ainda é um impasse para que este tipo de tecnologia seja utilizado por qualquer público. Apesar disso, nos últimos anos houve um crescimento na sua utilização. Os estudiosos sublinham que no Brasil não há uma propagação desse meio de alternativo de energia, especialmente sobre telhas fotovoltaicas, por isso, a deficiência de pesquisas com essa temática.

4. Metodologia

Apropriando-nos de uma pesquisa exploratória (GIL; 2008, 2002), por intermédio de um estudo de caso, a presente investigação objetivou a implementação de uma tecnologia inovadora, limpa e acessível, para a produção de energia elétrica mediante telhas fotovoltaicas de concreto (Figura 1) em comparação com as placas solares convencionais, em uma residência unifamiliar de dois pavimentos, localizada na Zona Oeste do Rio de Janeiro, cuja cobertura é constituída por telhado em duas águas de telhas cerâmicas para escoamento pluvial.

Figura 1 - Telha fotovoltaica de concreto



Disponível em: <https://www.tegula.com.br/solar/>. Acesso em: 10 Out. 2021.

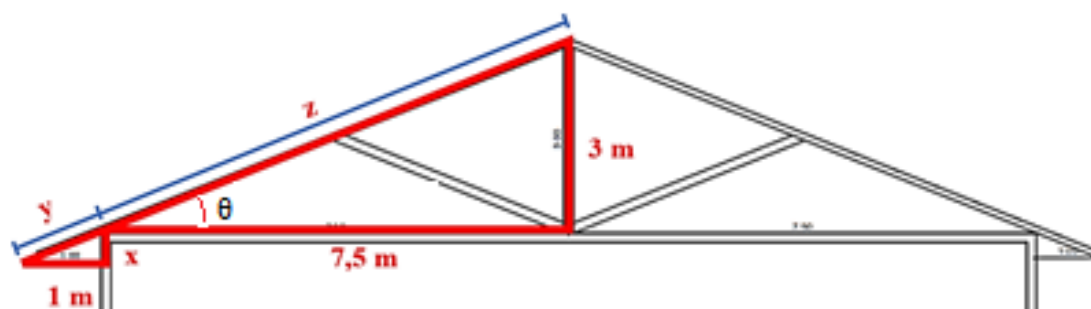
Para a empreitada, a realização da presente pesquisa subdividiu-se em cinco fases: (i) verificação de viabilidade para implementação do sistema fotovoltaico; (ii) dimensionamento do telhado; (iii) elaboração dos orçamentos referentes aos sistemas fotovoltaicos em estudo, de forma real no caso das placas solares e, de forma hipotética, das telhas fotovoltaicas; (iv)

elaboração comparativa do custo total da instalação dos dois sistemas; e (v) análise dos resultados.

4.1. Verificação de viabilidade

Consoante à implementação de um sistema de energia fotovoltaico, fez-se necessário calcular a inclinação do telhado, a fim de verificar sua viabilidade de aplicação. A partir do levantamento em campo, foi possível elaborar um desenho de corte (Figura 3) para nortear nossos cálculos.

Figura 3 - Corte do telhado



Fonte: Elaborada pelos autores.

No triângulo retângulo maior são conhecidos os dois catetos, que nos permitem calcular diretamente a inclinação do telhado:

$I = \text{altura do telhado} \div \text{comprimento}$

$$I = 3 \div 7,5 \Rightarrow I = 0,4 \Rightarrow I = 40\%$$

A tabela referente às telhas fotovoltaicas (Figura 1) sugere uma inclinação mínima de 30%, o que viabiliza a implementação do sistema na residência, uma vez que atende a esse pré-requisito.

4.2. Dimensionamento do telhado

Na visita ao local não foi possível subir na referida cobertura, mas apenas realizar medições por baixo da mesma, com as quais confeccionamos o corte da estrutura (Figura 3), para a qual destacamos dois triângulos retângulos: o maior com lados 3m, 7,5m e z , e o menor, de lados x , y e 1m.

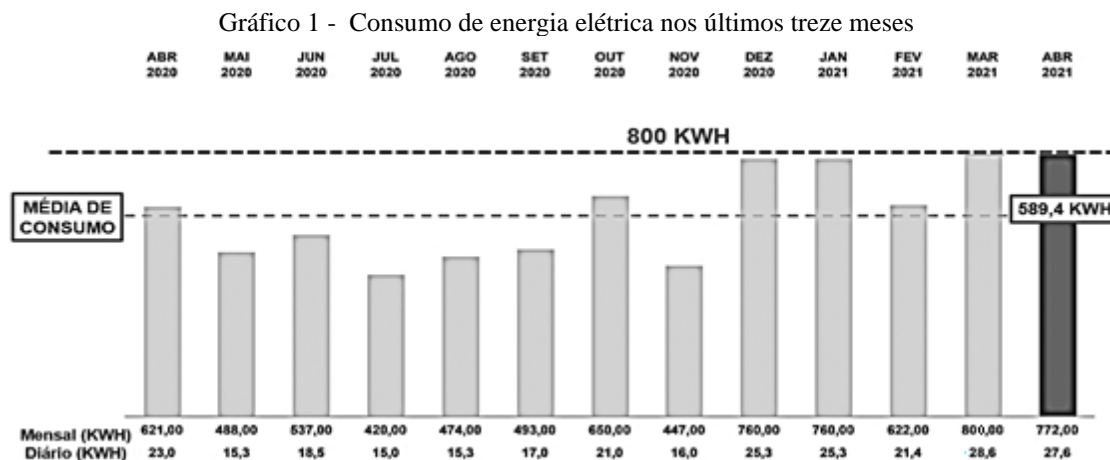
Aplicando-se o Teorema de Pitágoras ao triângulo maior, chegamos ao valor da hipotenusa (z) igual a 8,08m. Com a relação trigonométrica de tangente (cateto oposto dividido pelo cateto adjacente), foi possível estabelecer o ângulo $\theta = 21,8^\circ$, que é o mesmo, por correspondência, do triângulo menor. Assim, ainda pela relação trigonométrica de tangente, obtivemos o valor de $x = 0,40\text{m}$. Conhecidos esses dois catetos do triângulo menor, novamente aplicamos o Teorema de Pitágoras para alcançar o valor de 1,08m para a hipotenusa (y).

Tais valores nos permitiram calcular uma das dimensões de cada plano do telhado, correspondente a 9,16 m ($y + z = 1,08 + 8,08$). A outra dimensão da edificação é de 10m, para a qual foram acrescidos os beirais de 1m para cada lado, resultando em um total de 12m, correspondentes ao comprimento da cumeeira. Desta forma, cada plano da cobertura apresentará uma área equivalente a 109,92 m² (12 m x 9,16 m), utilizada como referência para articular nossos orçamentos.

4.3. Elaboração dos orçamentos

Determinar quantidades é o primeiro passo para executar um orçamento. O quantitativo de telhas fotovoltaicas está diretamente ligado à quantidade de energia que se deseja produzir.

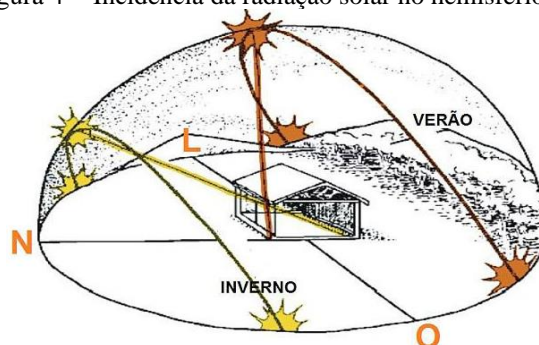
Extraímos das faturas de energia elétrica dos últimos treze meses os dados de consumo (Gráfico 1) para balizar nossa apreciação quanto ao número de elementos que comporiam o sistema.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Este levantamento permitiu obter uma média de consumo em torno de 589,4kWh, com pico de aproximadamente 800kWh no mês de março de 2021, valor que adotamos como base para a produção de energia pelas telhas fotovoltaicas. Como cada uma é responsável por entregar cerca de 9,16Wp, o que corresponde a aproximadamente 1,15kWh/mês, para captar a necessidade da residência em tela serão necessárias 696 peças, as quais demandam uma área de 92,8m² (7,5 peças/m²), correspondente a 84,43% de um dos planos que compõem o telhado. Estes dados sinalizam que, como apenas uma das inclinações será utilizada, podemos, perfeitamente, seguir a indicação de que, para locais no hemisfério sul, a região norte é a mais indicada para instalação do sistema fotovoltaico, pela maior incidência da radiação solar durante o dia (Figura 4), o que possibilita uma maior geração de energia (PORTAL SOLAR, 2021).

Figura 4 - Incidência da radiação solar no hemisfério sul.



Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 02 Out. 2021.


Face às condições, o plano no qual serão instaladas as telhas fotovoltaicas deverá ser completamente substituído, tendo em vista que as telhas existentes são de cerâmica e apresentam medidas diferenciadas das peças de concreto. Como cada plano mede 109,92m² e 92,8m² serão cobertos com as novas telhas, necessitaremos, ainda, de 129 peças comuns de concreto para recobrimento do restante desse plano, cerca de 17,12m². Para homogeneização do matiz do telhado, executamos a lavagem das telhas do plano que não será utilizado no projeto e, desta forma, obtemos as variáveis necessárias para a confecção dos orçamentos, adotando-se uma margem de segurança de 5% para a aquisição das telhas (Figura 5).

Figura 5 - Orçamentos para instalação de sistema solar de geração de energia.



Obra:	Estudo de Caso - Trabalho de Conclusão de Curso
Tipo de obra:	Residencial
Endereço da obra:	Rua _____, Rio de Janeiro - RJ

Descrição	Dimensão	Quantidade
Prego 15 x 18 (para as ripas)	2,5 mm x 41,4 mm	2 pacotes (2 kg)
Telhas Fotovoltaicas de Concreto	47,5 cm x 36,5 cm	731 unidades (marfim palha)
Telhas Comuns de Concreto	47,5 cm x 36,5 cm	136 unidades (marfim palha)
Inversor	SAJ 5,00 KWp	1
Sistema de Aterramento	Completo	***
Cabo Solar Preto com Proteção	UV de 4 mm ²	50 metros
Cabo Solar Vermelho com Proteção	UV de 4 mm ²	50 metros
Cabo Solar Verde com Proteção	UV de 4 mm ²	10 metros
Conectores	MC4 (pares)	3
String Box CC (corrente contínua)	Completo	1
String Box CA (corrente alternada)	Completo	1
Junção	***	6 unidades
Prensa Cabo	***	6 unidades
Conector	MC4	6 unidades
Seguro contra riscos diversos	Incluso	Incluso
Seguro de Instalação	Incluso	Incluso
Mão de Obra	Inclusa	Inclusa
Limpeza das telhas antigas	Inclusa	Inclusa
VALOR TOTAL		
RS27.246,32		

 UCAM ENGENHARIA SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS		
Obra:	Estudo de Caso - Trabalho de Conclusão de Curso	
Tipo de obra:	Residencial	
Endereço da obra:	Rua _____, Rio de Janeiro - RJ	
Descrição	Dimensão	Quantidade
Placas Fotovoltaicas	415 Wp (STC - Standard Test Conditions)	18 unidades
Inversor	SAJ 5,00 KWp	1
Sistema de Aterramento	Completo	***
Cabo Solar Preto com Proteção	UV de 4 mm ²	50 metros
Cabo Solar Vermelho com Proteção	UV de 4 mm ²	50 metros
Cabo Solar Verde com Proteção	UV de 4 mm ²	10 metros
Conectores	MC4	3 pares
String Box CC (corrente contínua)	Completo	1
String Box CA (corrente alternada)	Completo	1
Junção	***	6 unidades
Prensa Cabo	***	6 unidades
Conector	MC4	6 unidades
Seguro contra riscos diversos	Incluso	Incluso
Seguro de Instalação	Incluso	Incluso
Mão de Obra	Inclusa	Inclusa
VALOR TOTAL		
RS32.757,83		

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do desenvolvimento destes orçamentos, foi possível passar às fases seguintes da pesquisa, comparativo do custo total da instalação entre os sistemas e análise dos resultados das hipóteses dos sistemas das placas e telhas, as quais serão apresentadas na sessão que se segue.

5. Resultados

Um primeiro quesito a ser observado reside na inclinação do telhado que, segundo Pinho e Galdino (2014), para painéis fotovoltaicos, não deve ser inferior a 10°, justificando-se baseado na limpeza natural dos painéis promovida pela chuva. De mesmo modo, para telhas fotovoltaicas de concreto, a orientação é que a cobertura possua um mínimo de 30% de caimento para sua utilização. Ao calcularmos a angulação do telhado, obtivemos o valor de 21,8°, que corresponde a 40%, possibilitando uma escolha segura pelo sistema com telhas.

O fato de apenas um dos planos da cobertura ser suficiente para o projeto implicou algumas contribuições. Primeiro, a implementação pode ser realizada de modo que o sistema fique

voltado para o norte, situação na qual a captação de raios solares acontece com maior incidência (PORTAL SOLAR, 2021; PINHO; GALDINO, 2014), além de todos os elementos poderem ficar posicionados da mesma maneira, com suas faces voltadas para a mesma direção e com a mesma inclinação (PINHO; GALDINO, 2014).

Com cabeamento já incluso em seu conjunto, as telhas são incorporadas por células solares de silício monocristalino que garantem o design harmônico aos telhados, o que proporciona a manutenção da arquitetura, já que esses produtos são ofertados também na cor do telhado existente (marfim), o que possibilitou a lavagem das telhas (Figura 6) do plano não utilizado, deixando-as com aparência de novas.

Figura 6 – Lavagem das telhas existentes.

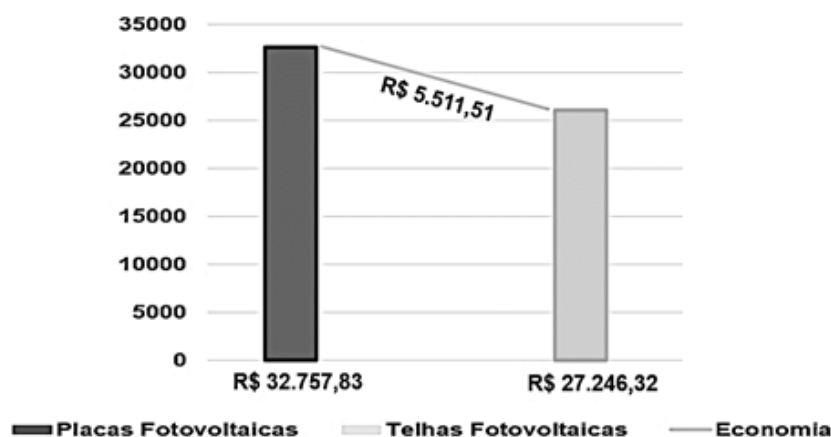


Fonte: Fragmento de pesquisa.

A aplicação das telhas fotovoltaicas é muito similar às instalações das telhas comuns de cerâmica ou de concreto comum. Não é necessária a contratação de mão de obra especializada. As conexões elétricas entre as telhas são feitas de maneira descomplicada, pois são mediante conectores macho e fêmea, ou seja, de encaixe fácil. Além disso, graças às suas dimensões, promovem maior cobertura que as telhas cerâmicas comuns, pois, com apenas 7,5 elementos é possível cobrir uma área de 1m^2 .

A elaboração dos orçamentos possibilitou efetuar a comparação orçamentária entre a aplicação do sistema convencional com placas e a proposta com telhas de concreto fotovoltaicas, revelando um gasto menor para o segundo material, representando uma diferença de R\$ 5.511,51 (Gráfico 2), diferentemente do observado por Ragnini (2018), que somente possuía a opção desse material por meio de importação.

Gráfico 2 - Comparação orçamentária entre os dois sistemas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nossa estimativa sugere que o valor investido no projeto, telhas fotovoltaicas de concreto, telhas comuns, adaptações no telhado, mão de obra, promova um *payback* em média de quatro anos, tempo que consideramos bastante razoável. Ao final desse período, os gastos com fatura da concessionária seriam mínimos acarretando economia para o proprietário. Face ao exposto, encaminhamo-nos para nossas considerações.

5. Considerações

A energia solar fotovoltaica tem sido uma das alternativas consideradas mais promissoras para a geração de energia sustentável, pela utilização da energia solar para gerar energia. Um sistema fotovoltaico consiste em uma fonte de energia que utiliza células fotovoltaicas capazes de converter energia luminosa em energia elétrica.

As principais vantagens da utilização deste sistema são o fato de não consumir combustível, não poluir ou contaminar o meio ambiente, não gerar ruído, ter uma vida útil da tecnologia utilizada por cerca de vinte anos, ser resistente às adversidades climáticas, ter baixa necessidade de manutenção, além da facilidade de limpeza. Ao combinar várias telhas interligadas, permite-se que a área do telhado em sua totalidade seja convertida da energia solar em energia elétrica e, conseqüentemente, a possibilidade de se aumentar a potência de geração de energia por meio da implementação de mais telhas com módulos, caso seja necessário o aumento de geração de energia elétrica, segundo o fabricante. Além disso, o telhado com as telhas fotovoltaicas une desde as funções utilitárias como a impermeabilidade, leveza, isolamento térmico, aliam a captação da energia solar à harmonia estética da cobertura da edificação.

Carecemos de investimentos na utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil, uma vez que o país apresenta características muito favoráveis a este tipo de produção de energia, devido às suas características de incidência e irradiação solar e pela sua alta produção de silício, material utilizado na fabricação das telhas fotovoltaicas. O que é preciso superar, no entanto, é o nível tecnológico para realização de pesquisas a respeito do desenvolvimento deste tipo de tecnologia.

Desta pesquisa emergiram resultados que elencaram vantagens da instalação de um sistema de captação de energia solar por meio de telhas fotovoltaicas de concreto sobre o sistema convencional por placas. Tais argumentos demonstram, principalmente em relação ao custo, que é possível reduzir os gastos com sistemas de captação de energia solar, tornando-o mais acessível, ou seja, segundo a ótica desta investigação, a implementação das telhas fotovoltaicas de concreto tornou-se mais viável que as placas solares, sinalizando novos olhares para energia de forma limpa e sustentável.

Referências

ALTOÉ, L.; RIBEIRO, L. G. E. *Estudo de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos residenciais em diferentes regiões do Brasil*. Revista de Tecnologia e Engenharia, v. 12, n. 4, p. 105-114, dez. 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/15866>. Acesso em: 19 Out. 2021.

CABRAL, I. S.; TORRES, A. C.; SENNA, P. R. *Energia solar: análise comparativa entre Brasil e Alemanha*. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador, 2013. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/X-009.pdf>. Acesso em: 02 Out. 2021.

CAETANO, L. R. C. *Análise de técnicas de rastreamento de máxima potência (MPPT) para aplicação em arranjos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede*. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14601/1/AnaliseTecnicaRastreamento.pdf>. Acesso em: 02 Out. 2021.

CARVALHO, F. I. A. *Uma avaliação de viabilidade financeira no uso da energia solar fotovoltaica apoiada pela resolução ANEEL 482/2012 sobre geração distribuída no setor elétrico do Brasil*. Dissertação (Mestrado

em Administração e Controladoria) – Universidade Federal do Ceará - UFC, Ceará, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/15667>. Acesso em: 02 Out. 2021.

FAPESP. *Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho.* Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo: FAPESP, Inter Academy Council, 2007. Disponível em: www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf. Acesso em: 19 Jan. 2021.

FREITAS, M. G.; MIRANDA, A. A. R. *Custo/benefício e implantação de sistema fotovoltaico.* Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade de Rio Verde – UNIRV, Goiás, 2016. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Mateus%20Gouveia%20de%20Freitas.pdf>. Acesso em: 02 Out. 2021.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa.* 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social.* 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARQUES, W. *Tecnologias Digitais e Práticas de Substituição: Perspectivas na Educação Básica.* Perspectivas da Educação Matemática, v. 14, n. 35, p. 1-23, 7 jun. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/11502>. Acesso em: 02 Set. 2021.

MAY, M. *Avaliação da qualidade da energia elétrica em um sistema fotovoltaico conectado à rede.* Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165083/TCC_Final.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 de Jan. 2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.* Rio de Janeiro: CEPEL, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 04 Jan. 2021.

PORTAL SOLAR. *A melhor direção do painel fotovoltaico.* São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 02 Out. 2021.

RAGNINI, G. *Análise da viabilidade técnica e econômica da instalação de telhas fotovoltaicas conectada à rede de distribuição em novas residências eficientes.* Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná - UFP, Paraná, 2018. Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/tcc/2018/1s/GIOVANI%20RAGNINI/TCC%20-%20Giovani%20Ragnini.pdf>. Acesso em: 02 Out. 2021.

RIBEIRO, L. H. P. *Energia solar: importância, implantação, instalação, vantagens e durabilidade de um sistema de energia renovável.* Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, Minas Gerais, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/597>. Acesso em: 02 Out. 2021.

SAUER, I. L.; QUEIROZ, M. S.; MIRAGYA, J. C. G.; MASCARELHAS, R. C.; JÚNIOR, A. N. Q. *Energias renováveis: ações e perspectivas na Petrobras.* Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 16, n. 1, p. 9-22, jun. 2016. Disponível em: http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/eletrificacao_rural/tc_02.pdf. Acesso em: 02 Out. 2021.

SILVA, B. F.; FERREIRA, J. S.; BENARROSH, P. F. P. M. *Energia solar: benefícios das placas solares em telhas de barro sustentáveis.* II Encontro de Ciência e Tecnologia. **Revista Farociência**, Porto Velho, v. 2, n. 2, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/80/83>. Acesso em: 02 Out. 2021.

TEIXEIRA, R. E. P. *Projeto, Execução e Análise de um Sistema de Microgeração Distribuída Fotovoltaica em uma Unidade Residencial no Município de Paulo Afonso – BA.* Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFECT/BH, Bahia, 2017. Disponível em: https://portal.ifba.edu.br/paulo-afonso/anexos/anexos-cursos/graduacao/Engenharia_Eletrica/TCC-EE/2017/TCC%20-%20RuiTeixeira.pdf/view. Acesso em: 02 Out. 2021.