

COST COMPARISON BETWEEN PHOTOVOLTAIC PLATES AND TILES SYSTEM IN MEDIUM-STANDARD SINGLE-FAMILY RESIDENCES

Khider, A. A. P.¹; Genaro, F. F. S.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Lima, M. F.³

Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ amir.khider@hotmail.com; ² felipefsgenaro@gmail.com; ³ marcilon.prof@gmail.com

RESUMO: Este artigo teve como objetivo realizar análise de comparação financeira na implantação entre dois sistemas de geração de energia fotovoltaica para residência unifamiliar de médio padrão, sistema de telhas fotovoltaicas e sistema de placas solares. Esses modelos tiveram como base, o levantamento do consumo energético, através das contas de energia da casa em estudo, estado de carregamento na estrutura de madeira do telhado nos dois casos e o levantamento de custo de implantação de cada sistema. Para o cálculo do retorno do investimento foi utilizado como base preços fornecidos por empresas atuantes no mercado nacional e taxa de juros utilizada de 8,14 % ao ano. Os resultados encontrados sugerem uma vantagem econômica na instalação do sistema de telhas fotovoltaicas em relação ao sistema de placas fotovoltaicas.

Palavras-chaves: Telhas Fotovoltaicas, Placas Fotovoltaicas, Payback, Estruturas de Madeira, Orçamento.

ABSTRACT: This article aimed to carry out a financial comparison analysis in the implementation of two photovoltaic energy generation systems for medium-standard single-family homes, a photovoltaic tile system and a solar panel system. The models were based on a survey of energy consumption, through the energy bills of the house under study, the loading status of the wooden roof structure in both cases, and a survey of the cost of implementing each system. To calculate the return on investment, prices provided by companies operating in the domestic market and an interest rate of 8,14% per year were used as a basis. The results found suggest an economic advantage in the installation of the photovoltaic tile system in relation to the photovoltaic plate system.

Keywords: Photovoltaic Tiles, Photovoltaic Plates, Payback, Wood Structures, Budget.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil, 02 – Estruturas de Madeiras, 03 – Administração e Finanças.

1 INTRODUÇÃO

Existe um grande crescimento no consumo de energia elétrica e a matriz energética mundial não prioriza as fontes de energias renováveis. É necessário incentivo a geração de energia elétrica usando estas boas práticas, em um esforço de baratear o custo de produção e gradativamente diversificar a matriz energética mundial.

No Brasil, 82,9% da geração de energia vem de fontes renováveis, onde 64,9% são produzidas pelas hidrelétricas (EPE, 2020). A uniformização da matriz dificulta a segurança energética e pode criar uma certa instabilidade na economia. Nos períodos de seca, os baixos níveis dos reservatórios diminuem a produção nas hidrelétricas, sendo necessário o uso de fontes não renováveis como as termelétricas, que tem maior custo de produção. O custo na geração sobe, e é repassado diretamente ao consumidor, na forma de bandeiras tarifárias.

A energia solar vem sendo a fonte que apresenta o maior incremento de capacidade instalada anualmente no mundo (IRENA, 2020). Isso se explica dados os preços decrescentes verificados nos últimos anos, à robustez tecnológica, tendo em vista projetos com mais de 30 anos em funcionamento, o vasto potencial técnico existente e a não emissão de gases poluentes durante a operação dos parques solares (PNE 2050, 2020).

Por sua localização geográfica, o Brasil recebe elevados índices de incidência da radiação solar e relativamente uniformes no território nacional, o que permite desenvolver projetos solares viáveis em diferentes regiões. Assim, dada a redução de custos considerada, a fonte solar fotovoltaica se apresenta como alternativa competitiva no fornecimento de energia, podendo contribuir com os compromissos nacionais de redução de gases de efeito estufa e na diversificação da matriz energética.

O mercado de energia solar cresceu mais de 212%, alcançando a marca de 2,4 GW instalados. Foram instalados mais de 110 mil sistemas fotovoltaicos de mini e microgeração, correspondendo a R\$ 4,8 bilhões e 15 mil profissionais trabalhando na área (PORTALSOLAR, 2020).

Estima-se que a MMGD (Microgeração e Minigeração Distribuída) atinja capacidade instalada de aproximadamente 53 GW em 2050 no cenário pessimista. Já cenário otimista, impulsionado por um maior desenvolvimento econômico do país, e maior renda da população, a capacidade instalada pode chegar a 101 GW (MME, 2018).

Observando o consumidor, percebe-se que por um motivo arquitetônico ou por dificuldade no posicionamento e direcionamento dos telhados, a colocação de painéis acaba se tornando inviável ou desinteressante, entretanto chega ao mercado uma nova tecnologia que facilitará o acesso ao consumidor, telhas com células fotovoltaicas.

Aproveitando o cenário promissor do setor energético brasileiro, a geração e distribuição através de telhas fotovoltaicas tende a se tornar de grande interesse ao consumidor. Portanto, analisar a viabilidade técnica e econômica da elaboração e implantação de projeto com a nova tecnologia de mercado, pode apresentar uma melhor alternativa aos consumidores.

O atual trabalho investiga a viabilidade técnica e econômica comparando os sistemas de geração de energia fotovoltaica de Painéis Solares Monocristalinos de 305 W e telhas fotovoltaicas em uma residência unifamiliar de 164 m².

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Mercado de energia elétrica

Na metade do século XX e início do século XXI o país viveu uma grande crise energética, influenciada pelos choques do petróleo na década de 1970 e o racionamento de energia elétrica de 2001. Durante esse período o Brasil enfrentou vários problemas que implicaram em toda a economia. As duras implicações macroeconômicas da dependência energética conduziram o país para uma política de autossuficiência energética (MME, 2020).

A escassez de energia trouxe grandes desafios econômicos na história do Brasil, tendo em vista os avanços e investimentos no setor nos últimos anos, o PROGRAMA NACIONAL DE ENERGIA 2050, mostra uma nova perspectiva para o futuro, onde gerenciar a abundância de recurso em que o país se encontra, o tornará um grande produtor líquido de energia em uma gama de fontes, ainda que boa parte delas exija um enfrentamento dos desafios tecnológicos, socioambientais e regulatórios (MME, 2020).

2.2 Balanço energético nacional

O Brasil se destaca no cenário mundial quando o assunto é geração de energia através de fontes renováveis, em que 83,2% da oferta interna nacional vem de fontes renováveis (biomassa, eólica, hidráulica e solar). De acordo com o Balanço Energético Nacional – BEM, a maior parcela da geração vem das hidrelétricas que representam 66,6 % da produção nacional, seguida pelas biomassas com 8,5 %, eólicas com 7,6% e solares com 0,5 % demonstrado na Figura 1 (EPE, 2019).

O BEN (Balanço Energético Nacional), é o resultado de pesquisa abrangente realizada pelo EPE (Empresa de Pesquisa Energética) vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que divulga anualmente os dados relevantes da matriz energética nacional (EPE, 2019).

2.3 Legislação de Micro e minigeração distribuída

Em 2012 entra em vigor a RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N° 482/2012, onde o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração, também permite que o consumidor forneça o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. O sistema chamado micro e minigeração distribuídos de energia elétrica, inovação que pode unir economia financeira, consciência socioambiental e auto sustentabilidade (ANEEL, 2012).

A resolução normativa prevê que caso a energia injetada na rede seja superior à consumida, cria-se

créditos de energia, eu que não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser usada para o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes ou em outra unidade de mesma titularidade com validade de 60 meses (ANEEL, 2015).

No último Balanço Energético Nacional – BEN, feito pelo Ministério de Minas e Energias o sistema de micro e minigeração distribuída teve como maior fonte geradora o sistema de captação de energia solar com 63,5% da capacidade gerada, demonstrada na Figura 2 (EPE, 2019).

2.4 Recurso solar Brasileiro

O sol fornece anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia para a atmosfera terrestre, um valor que corresponde dez mil vezes o consumo mundial nesse período. Esse fato indica que, a radiação solar é uma fonte energética que pode ser considerada inesgotável, havendo um enorme potencial para utilização por meio de sistemas de captação fotovoltaico (CRESESB, 2008).

O Brasil tem grande potencial na geração de energia solar fotovoltaica, devido ao país estar posicionado em sua maior parte entre os trópicos, o local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha (INPE, 2017).

Os dados de radiação solar são apresentados com valores de fluxo de potência. O que influencia mais do que a temperatura é a irradiação solar, quando se trata de sistemas fotovoltaicos. O levantamento da irradiância por valores médios diários ao longo de meses possibilita o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos com exclusividade para cada localidade, na Figura 3 é possível ver um panorama nacional da irradiação global horizontal (RAGNINI, 2018).

2.5 Estudo de viabilidade de projeto

Para realizar um projeto de instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaico primeiro é levantado o consumo energético médio mensal de uma residência que é a somatória do consumo no período de um ano, dividido pela quantidade de meses, encontrado assim a média mensal de consumo.

O cálculo de demanda energética mensal é o instrumento de cálculo que possibilita mensurar quanto de energia produzida será necessário para suprir a demanda energética da residência no período de um mês, como demonstrado na Equação 1.

$$D. \text{Energética} = \text{Cons. Médio } M - \text{Tarifa Mín}(1)$$

Em que D. Energética é a demanda energética mensal da residência.

Cons. Médio M é o consumo médio mensal da residência.

Tarifa Min é a tarifa mínima cobrada pela distribuidora de energia.

O consumo diário é o que a residência consome de energia num período de 24 horas e é encontrado dividindo o consumo médio mensal por 30 dias, como demonstrado através da Equação 2.

$$\text{Cons. Diario} = \frac{D. \text{Energética}}{30 \text{ dias}} \quad (2)$$

Em que Cons.Diario é o consumo médio diário da residência.

Potência pico instalada é a potência máxima que a fonte de alimentação do sistema pode suportar por um curto período, para determinar a potência máxima que é necessário para alimentar o sistema, é preciso saber o nível de irradiação solar no local de instalação, que é uma determinada quantidade de irradiação solar por unidade de área. A Equação 3 demonstra como foi calculada a potência em kWp e transformada em Wp na Equação 4.

$$kWp = \frac{\text{Cons. Diario}}{\text{média anual}} \quad (3)$$

$$Wp = kWp * 1000 \quad (4)$$

Em que kWp é a potência pico instalada em kilowatts pico.

Média anual é a irradiação média anual no local.

Wp é a potência pico instalada em Watts pico.

Após entender a necessidade de consumo e a demanda energética que o projeto necessita, segue-se para a análise estrutural de dimensionamento de um telhado.

Quando iniciado um processo de dimensionamento de um telhado, o primeiro passo observado é o tipo de telha a ser utilizada. Quando se trata de telhados residenciais, o material construtivo mais comum empregado no Brasil é a telha de cerâmica, dada a facilidade de ser encontrada, a diversidade oferecida no mercado e o conforto térmico. Depois de escolhido o tipo das telhas, sejam elas de cerâmica, concreto ou metálicas, a cobertura necessitará de um sistema de apoio as sob as telhas, conhecido como trama ou armação, em que apoiada sobre as tesouras formará um sistema estrutural que dará segurança e estabilidade à cobertura (LOGSDON, 2002).

As telhas de cerâmica são fabricadas com argila de acordo com a Norma (ABNT – Projeto 02:102.01-006, 2004, p.08), devendo atender limite de absorção de água de 20% para evitar vazamentos e facilitar o escoamento de água, evitando acúmulo de impurezas e a proliferação de fungos ao decorrer do tempo. Comparada aos outros produtos similares possui baixo

custo. Os tipos mais comuns são: francesa; romana; colonial, portuguesa.

Outra opção bastante utilizada nos projetos residenciais são telhas de concreto, de acordo com a (NBR 1385-2:1997) a telha é composta por cimento, agregado, aditivos e água. A telha de concreto tem com vantagem o conforto acústico devido a sua espessura, boa resistência e fácil instalação, por outro lado apresenta a necessidade de uma estrutura de sustentação mais reforçada devido ao peso da peça e tem o custo mais elevado que a telha de cerâmica (MARIENE, 2012).

Quando à necessidade de atender grandes vão o produto mais indicado no mercado são as telhas metálicas, devido a serem encontradas em grandes dimensões e a baixa altura de perfil, tornando-se flexíveis, o que facilita a instalação em coberturas arqueadas sem sofrer grandes deformações. De acordo com a Norma NBR 14513 é determinado limites dimensionais e requisitos de fabricação do material, sendo ela galvanizada ou de alumínio (MORAES, 2017).

Após a identificação da telha que melhor atende o projeto, é necessário optar por um sistema estrutural que melhor atende as especificações técnicas do material escolhido. O sistema estrutural que recebe as telhas é construído na maioria das obras residenciais utilizando madeira, devido ao material ser natural e renovável, possuir baixo custo e a sua disponibilidade na natureza em quase todo o planeta ser abundante. Uma desvantagem do sistema é a vulnerabilidade às agressões climáticas. De acordo com o Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (1988, p.5), as madeiras a serem utilizadas na estrutura do telhado devem ser naturalmente resistentes ao apodrecimento e ao ataque de insetos, ou previamente tratadas para adquirirem tal resistência (FLACH, 2012).

Existe no mercado outro sistema estrutural, bastante usado em edifícios comerciais e galpões, que é o de estruturas metálicas, o qual apresenta uma alternativa sustentável para a estrutura de madeira. Uma vantagem desse sistema é que a estrutura não sofre com ataque de cupins, empenamento e baixa qualidade do material. No processo de fabricação, o aço passa por controle de qualidade e a padronização dos perfis para atender normas técnicas. Utilizando o aço é possível atingir vão livres maiores reduzindo a quantidade de material, também apresenta uma economia no dimensionamento das fundações, pelo material ser mais esbelto e leve, reduz o peso da estrutura (BELLEI, 2000).

Se o cliente opta por adotar um sistema de micro e minigeração em sua residência, o sistema mais comum utilizado é o de painéis solares fotovoltaicos policristalino, geralmente possui garantia de 10 anos. Um módulo fotovoltaico de 255W pesa cerca de 20 kg, e após uma análise prévia da estrutura de cobertura

pode ser instalada sobre as telhas (OLIVEIRA, 2015; GONDIM, 2015; RODRIGUES, 2015)

O mercado da construção sempre traz inovações tecnológicas para a eficiência do projeto, benéfico para o consumidor e o meio ambiente, dessa forma uma empresa nacional apresenta ao mercado um novo produto, a telha fotovoltaica. O produto une as vantagens de uma telha de concreto convencional a um sistema de captação fotovoltaico. A telha além gerar energia de forma limpa e renovável, traz um sistema modular compatível com os inversores de mercado, oferece um material de maior dimensão do que o encontrado atualmente, diminuindo assim o consumo de telhas por m², onde, a telha fotovoltaica, consome 7,5 unidades por m², já a telha de cerâmica tipo italiana consome 13 unidades por m². Também é observado a redução do peso do novo material, tornando possível a utilização do sistema estrutural convencional. O produto tem garantia de 20 anos (ALVES, 2021).

A análise de viabilidade econômica e financeira integra o grupo de atividades desenvolvidas pela engenharia econômica, em que busca identificar os benefícios esperados em um investimento financeiro, a fim de verificar a viabilidade de implantação do projeto. Utilizando um conjunto de métodos e técnicas financeiras torna-se possível que a comparação entre os resultados traga melhores alternativas para tomada de decisão (ZANGO, 2009; WEISE, 2009; HORNGURG, 2009).

Dentre as ferramentas que compõem o estudo, o orçamento é um elemento que influencia diretamente a viabilidade econômica do projeto, em que levanta os custos diretos representados pelo valor dos insumos utilizados, horas de utilização de mão-de-obra e equipamentos que compõem seus custos unitários dos serviços (TISAKA, 2006).

Em um estudo de viabilidade fala-se muito sobre custos, que podemos definir como gastos inerentes, de forma direta ou indireta, à produção de bens ou serviços, portanto quando um gasto é atribuído ao produto, ele passa a ser denominado custo de produção, em que normalmente será recuperado por meio do lucro previsto (EICK, 2010).

Para fazer a análise de rentabilidade do investimento, é necessário levar em conta uma taxa mínima de atratividade (TMA). De acordo com Pilão e Hummel (2003, p. 89) “a taxa que identificamos como TMA representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar ao fazer um financiamento”. Ainda, segundo os autores, a TMA é formada, basicamente, a partir de três componentes: o custo de oportunidade, o risco do negócio e a liquidez do negócio. O custo de oportunidade representa a remuneração que teríamos pelo capital, a exemplo a

remuneração da caderneta de poupança. O risco do negócio, uma vez que o ganho deve remunerar o risco inerente à nova ação. A liquidez que pode ser descrita como a facilidade, a velocidade de mudar de posição no mercado para assumir outra.

Após o levantamento de todos esses dados, é feito cálculo do *payback*. De acordo com Groppelli e Nikbakht (2010, p. 134) “o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial é chamado de período de recuperação de investimento (*payback*). Se o período *payback* encontrado representa um período aceitável para a empresa, o projeto será selecionado.” O método *payback* consiste em mostrar quanto tempo um investimento leva para ser ressarcido, porém a taxa de desconto é ignorada. O conceito de *payback* descontado atua justamente nesta falha, porquanto considera o valor do dinheiro no tempo, pois, utiliza uma taxa de desconto para verificar o número exato de períodos, em que o projeto recupera o valor inicial investido, normalmente a taxa de desconto usada é a taxa mínima de atratividade (TMA), (OLIVEIRA, 2008). Na presente análise, a taxa utilizada foi a de juros para esse tipo de aplicação financeira, do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), instituição financeira nacional que fomenta, por meio de incentivos, a mini e microgeração distribuída.

A formatação da taxa de juros se dá como demonstrado na equação (5).

$$\text{Taxa de Juros} = \frac{\text{Fator}_x \times \text{Taxa}_x}{\text{Custo BNDES} \times \text{Taxa do Agente}} - 1 \quad (5)$$

Em que Fator Custo é o custo financeiro que reflete o custo de captação do BNDES em suas diversas fontes de recursos. Determinado conforme cada produto, linha de financiamento ou programa, podendo se compor por uma ou mais taxas como: a taxa Selic, entre outras.

A taxa BNDES reflete a remuneração da atividade do banco, cobrindo suas despesas administrativas e operacionais.

Já o Fator Taxa do Agente, é a taxa que reflete o risco de crédito assumido pelas instituições financeiras credenciadas nas operações indiretas, bem como a remuneração de suas atividades. A remuneração é determinada em função de critérios próprios da instituição financeira no momento da realização da operação, e seu valor é negociado entre a instituição e o cliente. (BNDES, 2020)

Após calculada a taxa de juros, é feito uma projeção de fluxo de caixa, que Matias (2007) define como um instrumento que apura o resultado entre o fluxo de entradas e o de saídas de moeda corrente em determinado período. Feita a projeção, pode-se enxergar o *payback* descontado, ao realizar o somatório deste fluxo de caixa com a utilização da taxa de juros encontrada para ter-se uma previsão temporal do

retorno do investimento analisado no estudo, como demonstrado na equação 6.

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j} ; 1 \leq t \leq n \quad (6)$$

Em que FCC é fluxo de caixa projetado.

t é o tempo, em meses, que varia de 1 a n.

n é o número máximo de meses considerados no estudo do fluxo de caixa.

i é a taxa mínima de atratividade, ou juros aplicados.

j é o período de cada fluxo de caixa.

$(R_j - C_j)$ representa cada parcela mensal do fluxo de caixa.

A análise pode ser feita, então, através da interpretação da fórmula acima. Quando o fluxo de caixa projetado se torna positivo, ou seja, $FCC(t) > 0$, o período t aponta o número de meses necessários para que o projeto retorne o valor investido corrigido à taxa de juros i. Esse marco do tempo é chamado de *payback*.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo preocupado com a dificuldade de acesso da população a tecnologias de captação de energia solar e a diversificação da matriz energética, promove a comparação técnica e financeira dos sistemas de geração de energia fotovoltaica de Painéis Solares Monocristalino 305 W e telhas fotovoltaicas, para facilitar a escolha de um sistema tecnicamente e economicamente mais viável à população.

O objeto em pesquisa é uma residência unifamiliar de 164 m², já existente, cujo projeto arquitetônico foi levantado e desenhado pelos autores do estudo e se encontra no apêndice A.

O método utilizado no desenvolvimento da pesquisa deu-se de acordo com o fluxograma da Figura 1.

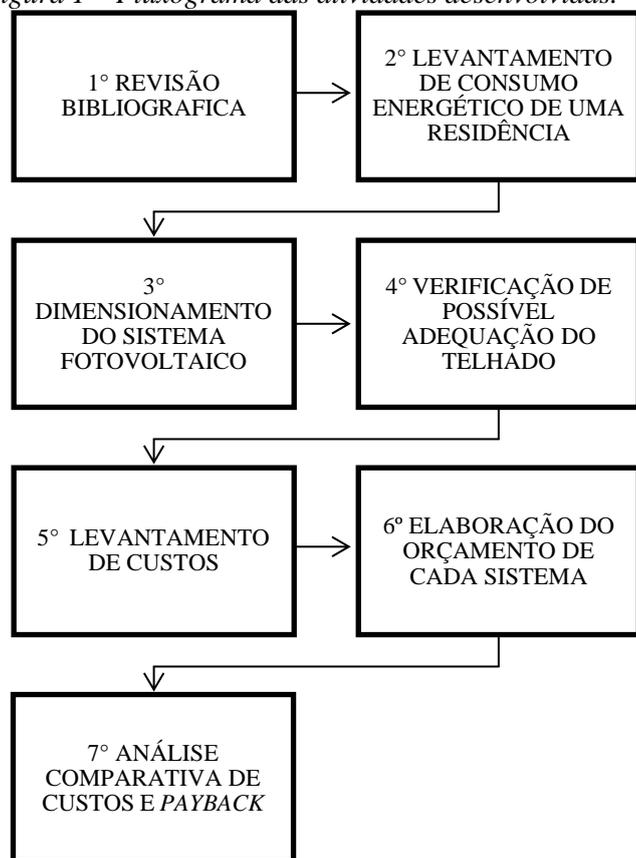
3.1 Consumo energético

Após definido o projeto arquitetônico, o primeiro dado levantado, foi o consumo energético da residência a qual habitam 3 moradores. Utilizando o consumo mensal fornecido pela distribuidora de energia em kWh, calculou-se a média observado o consumo de (março de 2020 a março de 2021).

3.2 Dimensionamento do sistema

Em seguida, verificou-se o tipo de fornecimento que a distribuidora oferece para a residência, fixado o serviço monofásico, onde a tarifa mínima correspondente cobrada é de 30 kWh. Dado o consumo médio mensal e a tarifa mínima, deu-se em kWh/mês a demanda energética mensal da residência.

Figura 1 – Fluxograma das atividades desenvolvidas.



Fonte: Próprio Autor (2021).

O próximo passo foi determinar o nível de irradiação solar diária mensal no local, destarte foram inseridas as coordenadas geográficas no *software* Sundata 3.0 (SUNDATA, 2017), que usa a base de dados da 2ª Edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar que fornece a irradiação solar em kWh/m². Em seguida utilizou-se o kWh/dia e média anual de irradiação, fornecida pelo *software* onde foi encontrado o *KWp* (KW pico).

Para o dimensionamento dos sistemas e quantidade de placas, foi transformado o *KWp* em *Wp*.

Foram utilizados o *Wp* e a potência de cada placa e cada telha, onde encontrou-se a quantidade de placas e telhas necessárias para suprir a demanda da residência.

3.3 Verificação de adequações do telhado

Após o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos no próximo passo foi realizado um projeto estrutural do telhado para as três situações de carregamento e em

seguida feita a verificação de possíveis adequações ao sistema do telhado. Depois de escolhido o tipo do material e suas especificações, encontrou-se o peso dos dois sistemas fotovoltaicos por m². Escolhida a madeira angelim pedra verdadeira e a telha de cerâmica tipo italiana, em seguida, foi usado o *software* Ftool 4.0 (FTOOL, 2017) para o cálculo dos esforços nas barras devido ao carregamento dos sistemas: telhas fotovoltaicas; telhas de cerâmica, telhas de cerâmica com placas fotovoltaicas. Depois de gerado os relatórios dos esforços normais em cada barra da treliça, usou-se uma planilha de Excel (MENDES, 2021) para encontrar os esforços máximos em cada barra. Em seguida foi criada uma planilha no *software* Excel para comparar a diferença entre os três sistemas estudados em porcentagem em relação às cargas permanentes e aos seus esforços em cada barra.

3.4 Índices financeiros

Depois de verificadas as adequações do telhado no próximo passo, levantou-se os custos para a execução dos dois sistemas.

Através de um orçamento realizado por uma empresa especializada em energia solar encontrou-se os valores correspondentes a aquisição e montagem de um sistema de cinco placas solares de 305w e seus respectivos componentes de instalação como, inversores, cabos, conectores e estrutura de fixação.

Em seguida, por ainda não ter sido divulgado o preço do sistema de telhas fotovoltaicas pelo fabricante, foi utilizado a estimativa de mercado feita pelo site Portal Solar (2020) o qual fornece o preço por m² estimado que será comercializado. O site, através de pesquisas de mercado e com o valor de telhas fotovoltaicas similares produzidas em outros países, estimou o valor das telhas nacionais.

Depois de levantado os custos dos sistemas de geração de energia, deu-se a pesquisa de custos do madeiramento do telhado, em que através de entrevista com especialista, foi questionado o preço do madeiramento do telhado pronto por m² praticado no mercado e como deu-se o aumento dos custos em relação ao aumento dos esforços nas barras da treliça, os quais foram fornecidos pelos diagramas gerados no *software* Ftool 4.0 (FTOOL, 2017).

Após levantado, o custo dos sistemas de geração e as alterações nos custos do telhado de cada sistema, o próximo passo, foi a análise comparativa de custos e *payback*.

Para o cálculo do *payback* de cada caso, foi utilizada a diferença do valor total do investimento em cada sistema em relação ao sistema de telhas italianas, sem sistema de geração de energia fotovoltaica, e o quanto foi gerado de economia por ano, encontrando o tempo

em que haverá o retorno do investimento utilizando taxa de juros para financiamento de projetos junto ao Bando Nacional do Desenvolvimento (BNDES).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Consumo energético

Para o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos foi utilizado tabelas de cálculo no *software* Excel, em que partir dos dados fornecidos chegou-se à quantidade de placas e telhas para suprir a demanda energética da residência.

Foi encontrado o consumo médio mensal da residência, somando o consumo de 12 meses e dividindo por 12, como apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Tabela do consumo energético em um período de 12 meses.

MÊS/ANO	kWh
mar/20	156,00
abr/20	237,00
mai/20	265,00
jun/20	224,00
jul/20	314,00
ago/20	250,00
set/20	304,00
out/20	442,00
nov/20	346,00
dez/20	325,00
jan/21	271,00
fev/21	244,00
mar/21	229,00
MÉDIA	265,00

Fonte: Próprio Autor retirado de conta de energia da casa em estudo (2021).

4.2 Dimensionamento do sistema

No 1° passo, observou-se o tipo de fornecimento que a distribuidora oferece para a residência, em que se encontrou um fornecimento monofásico e a tarifa mínima cobrada que é de 30 kWh, com apresentado na figura 3.

Tabela 3 – Tabela de fornecimento da distribuidora de energia elétrica.

Tipos de Fornecimento	Tarifa mínima (kWh)
Monofásica	30
Bifásica	50
Trifásica	100

Fonte: Adaptado de REN N° 414/2010 ENEL (2021).

No 2° passo, encontrou-se o consumo energético real, o qual diminuindo a média do consumo mensal que é de 265 kWh, pela tarifa mínima cobrada pela distribuidora que é de 30 kWh, deu-se a demanda necessária para

suprir o consumo da residência que é de 235 kWh, como demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de dimensionamento do consumo energético.

Média	265,00 kWh
Tipo de Fornecimento	30 kWh
Dimensionamento	235,00 kWh/mês

Fonte: Próprio Autor (2021).

No 3° passo, dividindo o dimensionamento do consumo energético por 30 dias, deu-se o consumo diário de energia elétrica, como apresentado na tabela 5.

Tabela 5 – Tabela de consumo diário de energia elétrica.

Dimensionamento	235,00 kWh
Dias no mês	30 Dias
Consumo diário	7,83 (kWh)/d

Fonte: Próprio Autor (2021).

No 4° passo, através do *software* Sundata 3.0 (SUNDATA, 2017) foi encontrada a média anual de irradiação solar, 5,23 kWh/ m²

No 5° passo, dividindo o consumo diário pela média anual de irradiação, foi encontrado a potência pico do sistema em kWp, em seguida multiplicada por 1000 foi transformada em Wp, como demonstrada na tabela 6.

Tabela 6 – Tabela de cálculo de potência pico do sistema.

Consumo diário	7,83 (kWh)/d
Média anual de irradiação	5,23 (kWh)/m ²
Potência pico	1,50 (kWp)
Wp	1.497,77 Wp

Fonte: Próprio Autor (2021).

No 6° passo, após encontrada a potência pico necessária para alimentar o sistema, foi dividida a potência pico pela potência de cada placa fotovoltaica em W, encontrando a quantidade de placas necessária para suprir a demanda do sistema, como demonstrada na tabela 8.

Tabela 8 – Tabela de cálculo de quantidade de placas fotovoltaicas.

Painel Solar	305 W
Qd Modulos	5

Fonte: Próprio Autor (2021).

No 7° passo, depois de verificado a potência pico necessária para alimentar o sistema, foi dividida a potência pico pela potência de cada telha fotovoltaica em Wp, encontrando a quantidade de telhas necessária para suprir a demanda do sistema, como demonstrada na tabela 9.

Tabela 9 – Tabela de cálculo de quantidade de telhas fotovoltaicas.

Telha	9,16 Wp
Qd Telhas	164,0

Fonte: Próprio Autor (2021).

4.3 Verificação de adequações do telhado

Após o dimensionamento do sistema fotovoltaico, e encontrado o peso de cada sistema por m², foi dado início a verificação de possíveis adequações a estrutura do telhado para receber os dois sistemas diferentes.

O primeiro passo, foi montar o desenho esquemático da treliça da residência no *software* Ftool 4.0 (FTOOL, 2017) que informado os dados, tipo de material, dimensões dos elementos estruturais e estado de carregamento por m², foi gerado um diagrama de esforços nas barras, como demonstrado nos apêndices B,C e D.

O diagrama base para o estudo, foi o de estado de carregamento permanente das telhas fotovoltaicas, em que somado o peso da madeira utilizada, angelim pedra 40 kg/m², e 40,9 kg/m² da telha fotovoltaica, deu-se um carregamento de 0,809 kN, multiplicado pela distância entre as treliças que é 2,5 m, encontrou-se um carregamento distribuído de 2,02 kN/m, como demonstrado no apêndice B.

O segundo diagrama gerado pelo *software* foi o de estado de carregamento permanente das telhas de cerâmica tipo italiana, em que somado o peso da madeira utilizada, angelim pedra, 40 kg/m², e 41,9 kg/m² da telha de cerâmica tipo italiana, deu-se um carregamento de 0,819 kN, multiplicado pela distância entre as treliças que é 2,5 m, encontrou-se um carregamento distribuído de 2,05 kN/m, como demonstrado no apêndice C.

O próximo diagrama gerado foi o de estado de carregamento permanente das telhas de cerâmica tipo italiana mais as placas fotovoltaicas, em que somado o peso da madeira utilizada, angelim pedra 40 kg/m², 41,9 kg/m² da telha cerâmica tipo italiana e 11,11 kg/m² das placas fotovoltaicas, deu-se um carregamento de 1,039 Kn, multiplicando pela distância entre as treliças que é de 2,5 m, foi encontrado um carregamento distribuído de 2,60 kN/m, como demonstrado no apêndice D.

Após gerados os diagramas de carregamentos permanentes do telhado, foi gerado o diagrama de

carregamento accidental o qual é todo aquele carregamento que atua sobre a estrutura em função do seu uso, pessoas, moveis, materiais diversos etc. Foi utilizado um carregamento de 25 kg/m² (ABNT NBR 8800, 2008), multiplicado pela distância entre as treliças que é de 2,5 m, encontrou-se um carregamento distribuído de 0,63 kN/m.

Depois de encontrado os esforços normais nas barras, das pelos diagramas gerados no *software* Ftool 4.0 (FTOOL, 2017), foi utilizada a planilha em Excel (MENDES, 2021) em que preenchida com os dados fornecidos pelos relatórios, faz uma combinação de cargas barra por barra da treliça, indicando o esforço máximo, como demonstrado no anexo A.

Após os resultados de cada sistema gerados pela planilha (MENDES, 2021) foi criada uma comparação entre as três situações de carregamento, concebendo 2 casos de análise, o 1º caso foi a comparação dos esforços em cada barra entre as telhas fotovoltaicas e telhas de cerâmica tipo italiana. O 2º caso, a comparação dos esforços foi entre as telhas fotovoltaicas e as telhas de cerâmica mais placas fotovoltaicas. No 1º caso observou-se um aumento médio insignificante de 0,89% a mais nos esforços normais das barras. No 2º caso observou-se um aumento médio de 19,72% a mais nos esforços normais das barras.

4.4 Índices financeiros

Após o diagnóstico de alteração significativa nas cargas atuantes nas barras da treliça o próximo passo foi o levantamento de custos totais para implantação dos dois sistemas de geração de energia. O primeiro custo levantado, foi o do sistema de placas fotovoltaicas fornecido por uma empresa atuante no mercado. Para a aquisição completa do sistema e seus componentes de instalação obteve-se uma proposta de R\$ 7.629,55, como demonstrado na tabela 10.

Tabela 10 – Orçamento de aquisição de sistema de placas solares.

ITEM	TIPO	PRODUTO	QUANTIDADE
1	PAINÉIS	PLACA SOLAR 305W	5
2	INVERSORES	INVERSOR 220V	1
3	CABOS	CABO SOLAR 4mm ² /PRETO COM PROTEÇÃO UV	10
4	CABOS	CABO SOLAR 4mm ² /VERMELHO COM PROTEÇÃO UV	10
5	PROTEÇÕES	2-ENTRADAS/1-SAIDA	1
6	CONCETORES	KIT PAR MC4 PV/6HUR	4
7	ESTRUTURAS	PERFIL SUPORTE DO MODULO 4,2 m	4
8	ESTRUTURAS	GRAMPO INTERMEDIARIO AUTOBROCANTE	6
9	ESTRUTURAS	GRAMPO TERMINAL AUTOBRACANTE 35/40mm	8
10	ESTRUTURAS	KIT PRISIONEIRO M10x200 SUPORTE RETO	12
11	ESTRUTURAS	JUNÇÃO U DO PERFIL	2
VALOR DA PROPOSTA (R\$)			R\$ 7.620,55

Fonte: Adaptado da empresa fornecedora de placas solares (2021).

O próximo passo foi o levantamento dos custos do sistema de telhas fotovoltaicas, em que através de uma estimativa de mercado fornecida pelo site Portal Solar (2020), foi encontrado um valor de R\$ 764,75 por m², gerando um custo total de R\$ 16.725,08 de investimento.

Depois de levantado os custos de instalação dos sistemas de geração e verificado qual dos dois sistemas em análise precisa de alteração na estrutura de madeira do telhado, foi diagnosticando um aumento de carga de 19,72% na estrutura que recebe o sistema de placas solares. Em entrevista com especialista é afirmado que “o aumento dos custos do madeiramento do telhado é proporcional ao aumento do carregamento nas barras, nesse caso em estudo, em média 19,72% de aumento nos custos do madeiramento, logo um madeiramento padrão de duas águas, pronto, que custará R\$ 130,00 por m² sofrerá um aumento de 19,72% por m²”. (MENDES, 2021).

Após definido o custo do madeiramento por m² que foi de R\$ 130,00, encontrou-se o custo total de execução da estrutura de madeira para os dois casos. No primeiro

caso, em que o sistema de geração é feito pelas telhas fotovoltaicas o custo do madeiramento para a residência em análise que possui 164 m² o valor estimado foi de R\$ 21.320,00. Para o segundo caso o qual o sistema de geração é feito pelo sistema de placas solares, teve o custo de R\$ 25.530,00. No levantamento de custos do madeiramento, para a execução do telhado tipo italiano foi encontrado um valor de R\$ 21.528,94. Depois de levantado os custos do madeiramento do telhado de cada caso, foi realizado o cálculo da diferença de custos entre os casos, o qual no primeiro caso, onde comparado o valor da estrutura de madeira das telhas fotovoltaicas com a das telhas de cerâmica, houve uma economia de R\$ 208,94, um aumento de 0,89% no custo da telha de cerâmica em relação as telhas fotovoltaicas, como demonstrado na tabela 11.

No segundo caso, onde comparado o valor da estrutura de madeira das telhas de cerâmica com a das telhas de cerâmica mais placas solares, houve um acréscimo de R\$ 4.001,06 no custo, como demonstrado na tabela 11.

Tabela 11 – Tabela de composição de custos das estruturas de madeira de cada sistema.

TIPO	CUSTO TOTAL	DIFERENÇA ENTRE A TELHA ITALIANA
TELHA FOTOVOLTAICA	R\$ 21.320,00	-R\$ 208,94
TELHA ITALIANA + PLACAS SOLAR	R\$ 25.530,70	R\$ 4.001,76

Fonte: Próprio Autor (2021).

Depois de encontrado o custo da estrutura de madeira, no próximo passo foi levantado o custo da telha de cerâmica tipo italiana, a qual o valor de mercado é de R\$ 3,00 a unidade, gerando uma economia de R\$ 6.642,00 no caso de implantação do sistema de telhas fotovoltaicas.

O próximo passo foi a análise comparativa dos custos e o *payback* de cada sistema. No primeiro caso, o qual o

sistema de geração é feito através de telhas fotovoltaicas o custo de implantação do projeto foi de R\$ 16.725,08, como mostrado na tabela 12.

No segundo caso, o qual o sistema de geração é feito por meio de placas fotovoltaicas o custo de implantação do projeto foi de R\$ 7.260,00, como mostrado na tabela 12.

Tabela 12 – Tabela de custos de implantação dos dois sistemas.

	TELHA SOLAR	PLACA SOLAR
CUSTO TOTAL	R\$ 16.725,08	R\$ 7.260,55

Fonte: Próprio Autor (2021).

Depois de levantado os custos de cada sistema de geração de energia, foi feito o cálculo de economias e gastos gerados na implantação de cada sistema em relação ao telhado de cerâmica, em que comparado com

as telhas fotovoltaicas houve uma economia total de R\$ 6.850,94 e comparado com as telhas italianas mais placas solares, houve um aumento de R\$ 4.001,76 nos custos do projeto, como demonstrado na tabela 13.

Tabela 13 – Tabela comparativa dos sistemas em relação às telhas italianas.

SERVIÇO	TELHA SOLAR	PLACAS SOLAR
MADEIRAMENTO	R\$ - 208,94	R\$ 4.001,76
TELHAS DE CERÂMICA	R\$ 0,00	R\$ 6.642,00
SISTEMA FOTOVOLTAICO	R\$ 16.725,08	R\$ 7.260,55
TOTAL	R\$ 16.516,14	R\$ 17.904,31

Fonte: Próprio Autor (2021).

Depois de levantados os custos totais de cada sistema, foi feita a conta da diferença de valor dos sistemas com placas e telhas fotovoltaicas em relação ao sistema de

telhas italianas, como demonstrado na tabela 13. Esses valores foram usados para compor a projeção do fluxo de caixa. Em paralelo, foi calculada a taxa de juros

utilizada pelo BNDES que foi de 8,14% a.a. como nos cálculos da equação (7)

$$\text{Taxa de Juros} = \frac{\text{Fator} \times \text{Taxa}}{\text{Custo}} \times \frac{\text{Fator}}{\text{Taxa do Agente}} - 1 \quad (7)$$

Em que Fator Custo é igual a taxa Selic, de 3,5% a.a no momento do levantamento de dados.

Taxa BNDES é igual a 0,95% ao ano (a.a.).

Fator Taxa do Agente é igual a 3,5% a.a.

E o cálculo segue como na equação (8).

$$\text{Taxa de Juros} = 1,035 \times 1,0095 \times 1,035 - 1 \quad (8)$$

Logo, a Taxa de Juros utilizada é igual a 0,0814, ou 8,14% a.a.

Depois de encontrada, a taxa de juros foi aplicada à projeção do fluxo de caixa do investimento.

O próximo passo foi encontrar a tarifa cobrada pela distribuidora, que é de R\$ 0,5475/kWh. Foi feito o cálculo da parcela da compensação mensal de energia, que corresponde ao valor do consumo, 235 kWh precificado à uma tarifa de R\$ 0,5475/kWh, o que é equivalente a R\$ 128,66 ao mês, ou R\$1.543,92 ao ano. Demonstrando o *payback* descontado no ano em que o saldo devido, que é corrigido ao ano pela taxa de 8,14%, ficou positivo. No primeiro sistema, o de geração de energia por meio de telhas fotovoltaicas, o valor total do investimento foi de R\$ 16.516,14 e teve um retorno do investimento em 313,98 meses, equivalente a 26,17 anos, como demonstrado na tabela do apêndice E. No segundo sistema, o de geração de energia por meio de placas solares, o valor total do investimento foi de R\$ 17.904,31 e teve um retorno do investimento em 441,97 meses, equivalente a 36,83 anos, como demonstrado na tabela do apêndice F.

Após os resultados de retorno dos investimentos, foi feita uma análise das vantagens e desvantagens de cada sistema, no sistema de telhas fotovoltaicas encontrou-se um tempo menor de retorno devido ao custo de implantação do projeto ser menor do que o sistema de placas fotovoltaicas.

5 CONCLUSÕES

Os cálculos de viabilidade econômica são ferramentas utilizadas para análise e tomada de decisão na elaboração e execução do projeto de engenharia, tornando possível a realização de investimentos com segurança financeira. Neste artigo, houve a elaboração de 2 modelos de implantação de telhados, que previram os custos de construção utilizando como base índices econômicos nacionais. Ainda que o valor da diferença dos sistemas analisado seja relativamente pequeno em relação aos custos totais de implantação dos sistemas de

placas e telhas, o *payback* descontado dos sistemas tem uma grande diferença, uma vez que a taxa aplicada é corrigida anualmente por um longo período de tempo.

Dessa forma, a partir dos cálculos, foi percebido que existe uma vantagem na instalação do sistema de telhas fotovoltaicas em relação ao sistema de placas fotovoltaicas. Percebe-se que houve uma elevação nos custos do madeiramento no caso do sistema de placas fotovoltaicas de 19,72% em relação ao modelo de telhas italianas, devido ao aumento das cargas na estrutura do telhado. Foi constatado que no sistema de telhas fotovoltaicas não foi necessário a utilização de telhas de cerâmica, devido ao sistema de células fotovoltaicas serem instaladas diretamente nas telhas de concreto, gerando uma economia de R\$ 6.642,00 em relação ao sistema de placas. Observado os cálculos do *payback*, foi constatado que, o tempo de retorno do investimento no caso das telhas fotovoltaicas que é de 313,98 meses é menor que o do sistema de placas que é de 441,97 meses. Foi demonstrado que o tempo de retorno do investimento é longo, entretanto vale observar que as parcelas pagas por mês são muito baixas, as quais são equivalentes a economia na conta de energia por mês, um valor de R\$ 128,66, e caso o preço da tarifa subir, a economia será ainda maior. Nota-se, também, que a taxa de juros aplicada no estudo é alta, quando comparada a outras taxas do mercado de investimentos, e se o executor do projeto puder custear o sistema sem incentivo financeiro de bancos, a taxa de juros aplicada nas contas pode ser substituída pelo custo de oportunidade de outro investimento que seria feito, como a taxa da poupança, caso deixasse o dinheiro aplicado neste investimento, por exemplo.

Nota-se outras vantagens do sistema de telhas fotovoltaicas em relação ao sistema de placas quando observa-se os aspectos técnico estrutural, ambiental e estético. Como o peso do sistema de telhas é menor, o telhado precisa de uma estrutura menos robusta, podendo ser mais barato e, em certos casos, a única solução de sistema, pois caso haja alguma estrutura existente que não suporte o peso adicional do sistema de placas, não é possível instalar o sistema de placas. Com a redução de peso e uma estrutura menor, gasta-se menos madeiras, degradando-se menos o ambiente, reforçando mais um ponto positivo desta nova forma de produção energética, a preservação ambiental. Sob o ponto de vista estético, os telhados não perdem sua característica, uma vez que não há nada instalado sobre as telhas.

De acordo com a previsão do site portal solar, o preço das telhas solares ainda é alto, mas o valor pode mudar, dependendo da precificação do fabricante deste sistema perante o mercado. Com esse valor definido, deverão ser ajustadas as contas para chegar a resultados concretos de acordo com o mercado.

Como sugestão para futuros estudos e trabalhos, recomenda-se a elaboração de comparação financeira na

implantação de sistemas de telhas fotovoltaicas de fabricação nacional em relação as importadas, vez que o custo de materiais ou mão de obra de países estrangeiros pode baratear o custo dos sistemas como um todo.

6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos à nossa família, nossa eterna gratidão pelo amor, apoio e dedicação.

Ao nosso orientador Marcilon Fonseca Lima, agradecemos por aceitar o convite para nos orientar na elaboração desse artigo, obrigado por todo o suporte fornecido, pelos esclarecimentos e todo o conhecimento compartilhado.

Ao professor Antônio Paulo Mendes, pela disponibilidade, suporte, pelos esclarecimentos e todo conhecimento compartilhado.

Ao professor Antônio Claret, por ter nos ajudado com materiais que tornaram a análise possível.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto 02:101.01-006: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

BELLEI, I. H. Edifícios Estruturais em Aço. 3ªed. São Paulo: PINI, 2000.

BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para microgeração e minigeração de energia., disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf> >. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa N° 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a resolução normativa n°482, de 17 de abril de 2012., disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> >. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atlas Brasileiro de Energia Solar 2ª edição. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético Nacional - BEN. Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia - PNE. Brasília, 2019.

CREATICE COMMONS et al. – Avaliação de Impacto na prática, segunda edição. - Washington, DC: Banco Interamericano de Desenvolvimento e Banco Mundial – Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/hand>

le/10986/25030/97814_64808890.pdf> Acesso em Novembro, 2020.

CRESESB – CONTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. Tutorial de energia solar fotovoltaica: radiação solar., disponível em:<[DIA, J.F.; TOFFOLI, S.M.; AGOPYAN, V. Absorção de telhas de cerâmica vermelha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 48. 2004. Curitiba. Anais do 48º congresso Brasileiro de cerâmica. Uberlândia. 2004.](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301#:~:text=O%20Sol%20fornece%20anualmente%2C%20para,mundial%20de%20energia%20neste%20per%C3%ADodo.> . Acesso em: 15 de novembro de 2020.</p></div><div data-bbox=)

EICK, Guilherme. Viabilidade econômica e financeira de uma pequena central hidrelétrica no Brasil. 2010. Monografia (Bacharelado) - Ciências Econômicas – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FABIANI, P.; REBEHY, S.; et al – Avaliação de Impacto social, Metodologias e Reflexões – IDIS (Instituto para o Desenvolvimento do Investimento Social - Disponível em: <https://www.idis.org.br/wp-content/uploads/2018/05/Artigo_Avaliacao_Impacto_Social_06.pdf>, Acesso em: Novembro, 2020.

FLACH, Rafael. Estrutura para telhados: Análise técnica de soluções. 2012. Trabalho de Diplomação (Bacharelado) – Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GITMAN, L.J. Princípio da Administração Financeira. Ed.12. São Paulo, 2009.

HORTA, A.S.; PENNA, R.M.; OLIVEIRA, R.D. Viabilidade técnica de telhas fotovoltaicas aplicadas a uma residência unifamiliar em belo horizonte - MG In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21. 2019. João Pessoa. XI elacac encontro latino-americano de conforto no ambiente construído. Belo Horizonte. 2019.

MATIAS, A. B. Finanças Corporativas de Curto Prazo. São Paulo: Atlas, 2007.

MENDES, Antônio Paulo. Antônio Paulo Mendes: depoimento [março. 2021]. Entrevistador: A. Khider. Estruturas de Telhado, Gôiania.

MORAES, Bruna. Análise comparativa de custos dos principais modelos de cobertura utilizados nos últimos 5 anos em um loteamento na cidade de Mamborê-PR. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) – Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

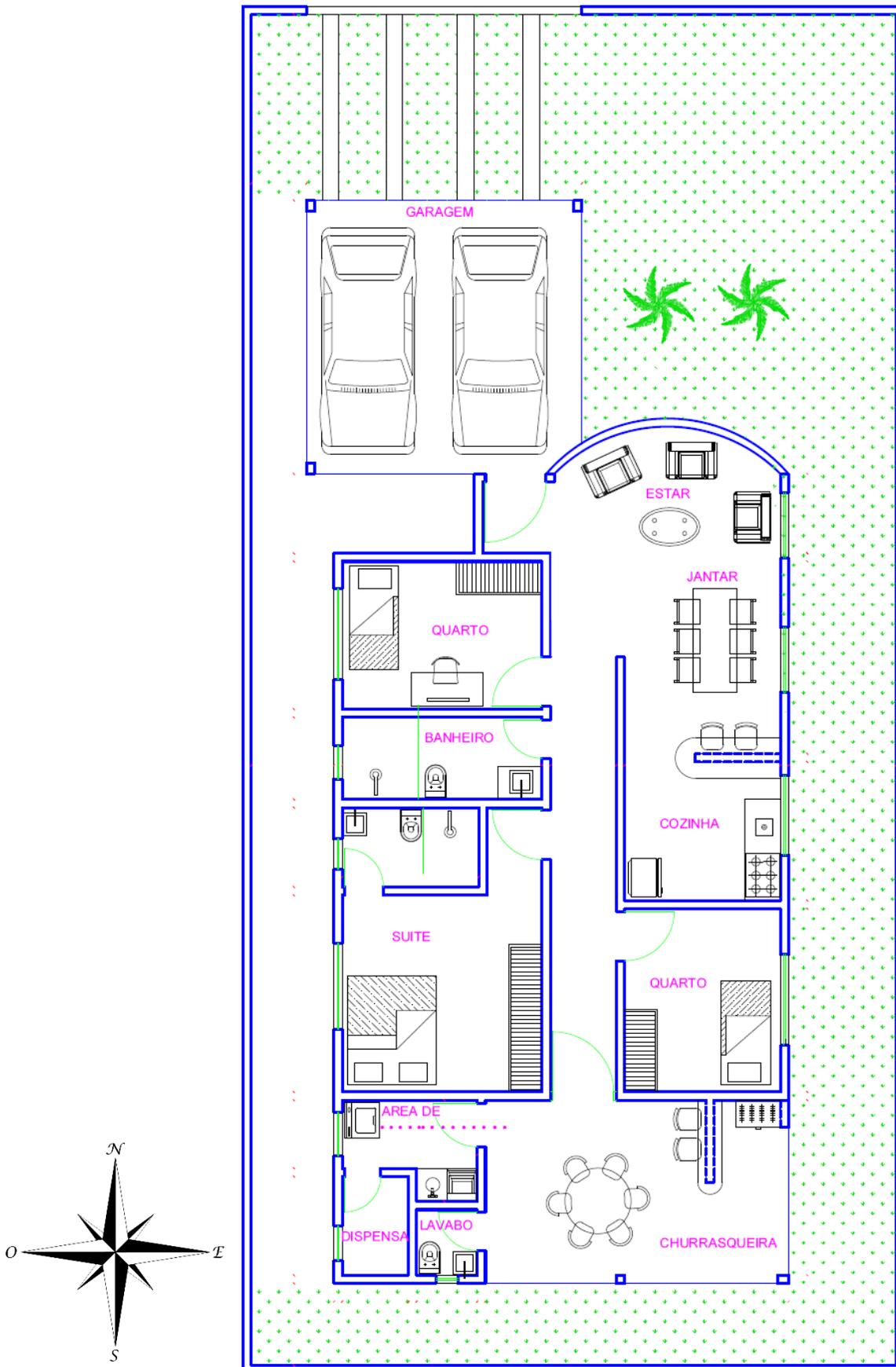
NAKABAYSHI, Renny. Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras. 2012. Dissertação (Pós-Graduação em Energia) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, W.D.; GODIM, G.V.; RODRIGUES, A.A.; A eficiência energética do sistema solar fotovoltaico: instalação de um painel solar em residência. Rio verde - GO. 2015.

RAGNINI, Giovanni. Análise de viabilidade econômica da instalação de telhas fotovoltaicas conectadas à rede de distribuição em novas residências eficientes. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) – Engenharia Eletricista – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

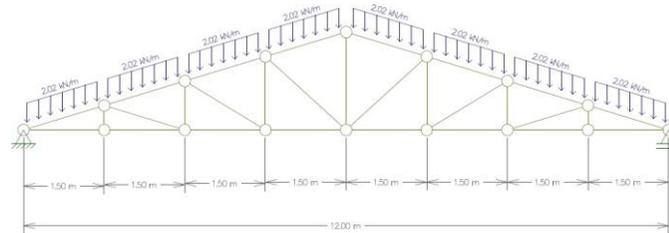
ZANGO, C.A.; WEISE, A.D.; HORNBURG, R.A. A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas. In: CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, 6. 2005. Virtual. 6º congresso virtual brasileiro de administração.

APÊNDICE A – Planta da residência em análise.



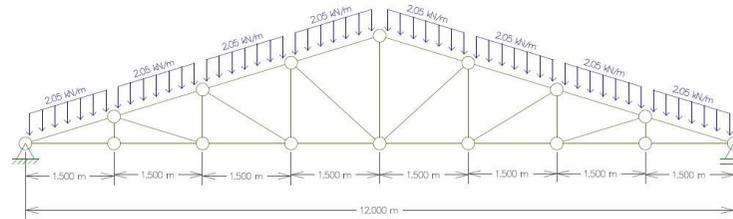
Fonte: Próprio Autor (2021).

APÊNDICE B – Estado de carregamento permanente das telhas fotovoltaicas.



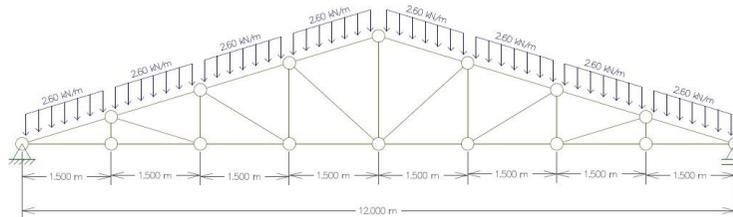
Fonte: Mendes (2021).

APÊNDICE C – Estado de carregamento permanentes das telhas de cerâmicas tipo italiana.



Fonte: Mendes (2021).

APÊNDICE D – Estado de carregamento permanente das telhas de cerâmica tipo italiana mais placas fotovoltaicas.



Fonte: Mendes (2021).

APÊNDICE E – Tabela de tempo de retorno do investimento *payback* do sistema de geração de telhas fotovoltaicas.

ANO	FLUXO	FLUXO DESCONTADO	SALDO
0	-R\$ 16.516,14	-R\$ 16.516,14	-R\$ 16.516,14
1	R\$ 1.543,92	R\$ 1.427,70	-R\$ 15.088,44
2	R\$ 1.543,92	R\$ 1.320,24	-R\$ 13.768,20
3	R\$ 1.543,92	R\$ 1.220,86	-R\$ 12.547,34
4	R\$ 1.543,92	R\$ 1.128,96	-R\$ 11.418,38
5	R\$ 1.543,92	R\$ 1.043,98	-R\$ 10.374,39
6	R\$ 1.543,92	R\$ 965,40	-R\$ 9.409,00
7	R\$ 1.543,92	R\$ 892,73	-R\$ 8.516,27
8	R\$ 1.543,92	R\$ 825,53	-R\$ 7.690,73
9	R\$ 1.543,92	R\$ 763,39	-R\$ 6.927,34
10	R\$ 1.543,92	R\$ 705,93	-R\$ 6.221,41
11	R\$ 1.543,92	R\$ 652,79	-R\$ 5.568,62
12	R\$ 1.543,92	R\$ 603,65	-R\$ 4.964,97
13	R\$ 1.543,92	R\$ 558,22	-R\$ 4.406,75
14	R\$ 1.543,92	R\$ 516,20	-R\$ 3.890,55
15	R\$ 1.543,92	R\$ 477,34	-R\$ 3.413,21
16	R\$ 1.543,92	R\$ 441,41	-R\$ 2.971,80
17	R\$ 1.543,92	R\$ 408,18	-R\$ 2.563,62
18	R\$ 1.543,92	R\$ 377,46	-R\$ 2.186,16
19	R\$ 1.543,92	R\$ 349,05	-R\$ 1.837,11
20	R\$ 1.543,92	R\$ 322,77	-R\$ 1.514,34
21	R\$ 1.543,92	R\$ 298,48	-R\$ 1.215,86
22	R\$ 1.543,92	R\$ 276,01	-R\$ 939,85
23	R\$ 1.543,92	R\$ 255,23	-R\$ 684,62
24	R\$ 1.543,92	R\$ 236,02	-R\$ 448,59
25	R\$ 1.543,92	R\$ 218,26	-R\$ 230,34
26	R\$ 1.543,92	R\$ 201,83	-R\$ 28,51
27	R\$ 1.543,92	R\$ 186,63	R\$ 158,12
28	R\$ 1.543,92	R\$ 172,59	R\$ 330,71
TAXA DE JUROS	8,14%		
PAYBACK	26,17 anos		

Fonte: Próprio Autor (2021).

APÊNDICE F – Tabela de tempo de retorno do investimento *payback* do sistema de geração de placas fotovoltaicas.

ANO	FLUXO	FLUXO DESCONTADO	SALDO
0	-R\$ 17.904,31	-R\$ 17.904,31	-R\$ 17.904,31
1	R\$ 1.543,92	R\$ 1.427,70	-R\$ 16.476,61
2	R\$ 1.543,92	R\$ 1.320,24	-R\$ 15.156,37
3	R\$ 1.543,92	R\$ 1.220,86	-R\$ 13.935,51
4	R\$ 1.543,92	R\$ 1.128,96	-R\$ 12.806,55
5	R\$ 1.543,92	R\$ 1.043,98	-R\$ 11.762,56
6	R\$ 1.543,92	R\$ 965,40	-R\$ 10.797,17
7	R\$ 1.543,92	R\$ 892,73	-R\$ 9.904,44
8	R\$ 1.543,92	R\$ 825,53	-R\$ 9.078,90
9	R\$ 1.543,92	R\$ 763,39	-R\$ 8.315,51
10	R\$ 1.543,92	R\$ 705,93	-R\$ 7.609,58
11	R\$ 1.543,92	R\$ 652,79	-R\$ 6.956,79
12	R\$ 1.543,92	R\$ 603,65	-R\$ 6.353,14
13	R\$ 1.543,92	R\$ 558,22	-R\$ 5.794,92
14	R\$ 1.543,92	R\$ 516,20	-R\$ 5.278,72
15	R\$ 1.543,92	R\$ 477,34	-R\$ 4.801,38
16	R\$ 1.543,92	R\$ 441,41	-R\$ 4.359,97
17	R\$ 1.543,92	R\$ 408,18	-R\$ 3.951,79
18	R\$ 1.543,92	R\$ 377,46	-R\$ 3.574,33
19	R\$ 1.543,92	R\$ 349,05	-R\$ 3.225,28
20	R\$ 1.543,92	R\$ 322,77	-R\$ 2.902,51
21	R\$ 1.543,92	R\$ 298,48	-R\$ 2.604,03
22	R\$ 1.543,92	R\$ 276,01	-R\$ 2.328,02
23	R\$ 1.543,92	R\$ 255,23	-R\$ 2.072,79
24	R\$ 1.543,92	R\$ 236,02	-R\$ 1.836,76
25	R\$ 1.543,92	R\$ 218,26	-R\$ 1.618,51
26	R\$ 1.543,92	R\$ 201,83	-R\$ 1.416,68
27	R\$ 1.543,92	R\$ 186,63	-R\$ 1.230,05
28	R\$ 1.543,92	R\$ 172,59	-R\$ 1.057,46
29	R\$ 1.543,92	R\$ 159,60	-R\$ 897,86
30	R\$ 1.543,92	R\$ 147,58	-R\$ 750,28
31	R\$ 1.543,92	R\$ 136,47	-R\$ 613,81
32	R\$ 1.543,92	R\$ 126,20	-R\$ 487,61
33	R\$ 1.543,92	R\$ 116,70	-R\$ 370,91
34	R\$ 1.543,92	R\$ 107,92	-R\$ 262,99
35	R\$ 1.543,92	R\$ 99,79	-R\$ 163,20
36	R\$ 1.543,92	R\$ 92,28	-R\$ 70,92
37	R\$ 1.543,92	R\$ 85,34	R\$ 14,42
TAXA DE JUROS	8,14%		
<i>PAYBACK</i>	36,83 anos		

Fonte: Próprio Autor (2021).