

DIMENSIONAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO: UM ESTUDO DE CASO NA UFRA/PARAUAPEBAS

SIZING AND ECONOMIC FEASIBILITY OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM: A CASE STUDY IN UFRA / PARAUAPEBAS

Beatriz Lorrane Farias Silva* E-mail: beatriz.engpro@gmail.com

Iamara dos Santos Neto* E-mail: iamara.engpro@gmail.com

Rafael da Silva Fernandes* E-mail: rafasfer2@ufra.edu.br

Najmat Celene Branco* E-mail: najmatc.prod@gmail.com

Gabriella Vitorino Guimarães* E-mail: gabriella.vitorino@pet.coppe.ufri.br

*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA

Resumo: A adoção do uso de fontes de energia renováveis é um tema comumente debatido, visto os problemas ambientais vivenciados pela sociedade em todo o mundo. No entanto, apesar do potencial brasileiro de geração de energia solar, a sua participação na matriz energética nacional ainda é incipiente, correspondendo a apenas 1% do total. Além disso, a maioria do seu uso se concentra em edificações residenciais e comerciais, havendo pouco incentivo para a implementação em prédios públicos. Neste contexto, o objetivo deste artigo é, através de uma metodologia estruturada de dimensionamento de um sistema fotovoltaico (SFV), analisar a demanda contratada vigente e verificar a viabilidade econômica de implementação desse sistema na Universidade Federal Rural da Amazônia – *Campus* Parauapebas, localizada no sudeste do Pará. Os resultados indicam que a potência de geração fotovoltaica total necessária para atender o *Campus* é de 240 kW; no entanto, a demanda contratada é de apenas 130 kW. Desta forma, o cálculo de viabilidade econômica da implementação de um SFV com uma demanda inferior indica que, apesar do elevado investimento inicial e dado uma economia mensal média de R\$ 9.674,04, obteve-se um VPL satisfatório, *payback* de 44 meses e uma TMA de 1,6074% a.m.

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico. Viabilidade econômica. Dimensionamento fotovoltaico.

Abstract: The use of renewable energy sources is a commonly debated topic, given the environmental problems experienced by society. In addition, most of its use is concentrated in residential and commercial buildings, with little incentive for implementation in public buildings. In this context, the objective of this article is, through a structured methodology for sizing an PVS, to analyze the current contracted demand and verify the economic feasibility of implementing this system at UFRA - *Campus* Parauapebas. The results indicate that the total photovoltaic generation power required to serve the *Campus* is 240 kW, higher than the contracted demand of 130 kW. Thus, the economic feasibility calculation for the implementation of an PVS below 130 kW indicates that, despite the high initial investment and given an average monthly savings of R \$ 9,674.04, a satisfactory NPV was obtained, a *payback* of 44 months and a TMA of 1.6074% per month.

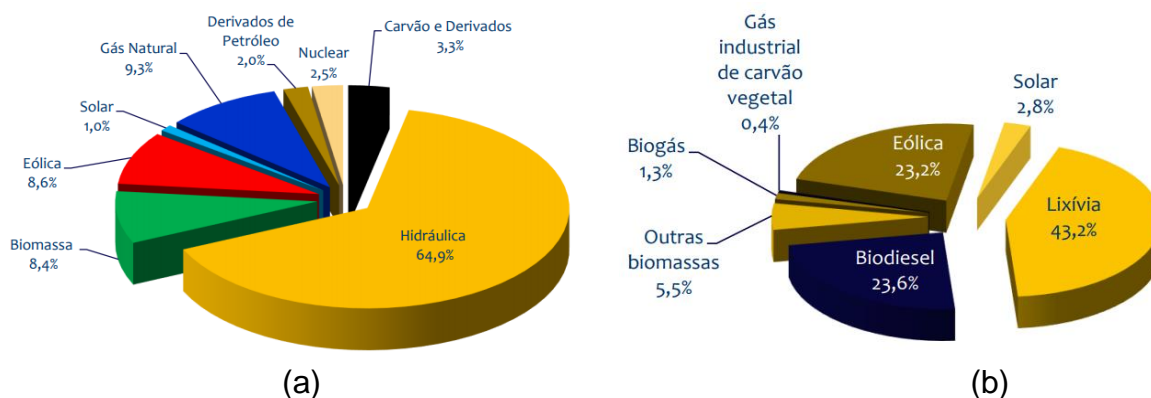
Keywords: Photovoltaic system. Economic viability. Photovoltaic design.

1 INTRODUÇÃO

O setor energético possui grande influência na sociedade, e sua fonte predominante ainda é derivada da utilização de combustíveis fósseis ou minerais (NICHOLLS, 2020). Mudanças constantes induzem o mundo a transformar seu modo de gerar e consumir energia, utilizando fontes renováveis e investindo em tecnologias que tornem a geração e o consumo cada vez mais sustentáveis. Assim, torna-se necessária a busca por soluções ótimas que integram aspectos sociais, econômicos e ambientais (SANTOS; RODRIGUES; CARNIELLO, 2021) apontam que para a adoção de práticas sustentáveis de gestão energética, é necessário compreender a organização da Matriz Energética Brasileira (MEB) e do local de estudo.

O Balanço Energético Nacional (BEN) indica que, em 2018, a participação de renováveis na MEB foi de 45,5%, enquanto em 2019 foi de 46,1% (EPE, 2020). Esse percentual mantém-se entre os mais elevados do mundo, sendo o Brasil um dos líderes mundiais em geração de eletricidade a partir dessas fontes, conforme ilustra a Figura 1a, com destaque para a oferta interna de energia a partir de fontes renováveis (Figura 1b). Somente as energias eólicas e solar fotovoltaica (FV) juntas, receberam um total de 202,8 milhões de dólares em investimento no ano de 2019.

Figura 1 – Matriz Energética Brasileira (a) e Oferta interna de energia a partir de fontes renováveis (b)



Fonte: EPE (2020).

Os sistemas fotovoltaicos (SFV) funcionam captando a radiação emitida pelo sol por meio de painéis solares, convertendo-a em energia elétrica. O uso dessa fonte de energia diversifica a matriz energética e minimiza impactos ambientais negativos

causados por fontes não renováveis. Além disso, Pereira *et al.* (2017) ressalta que a alta dependência por recurso hídrico impacta de forma negativa na segurança energética do país, visto que há um grande percentual de perdas nas fases de transmissão e distribuição.

De modo geral, a implementação de um SFV contribui positivamente ao se considerar aspectos sustentáveis, como: a) ambiental – minimização dos impactos negativos ao meio ambiente, pois não emite poluentes ou sons durante a geração de energia, é uma fonte limpa e renovável; b) social – fonte de energia que pode ser utilizada em áreas remotas, onde outras fontes convencionais não chegam; e c) econômico – os custos de implementação vem decrescendo ao longo dos anos com o avanço tecnológico (NARUTO, 2017). O preço dos módulos solares fotovoltaicos reduziu mais de dez vezes em dez anos, de cerca de US\$ 3,90/Wp em 2006 para menos de US\$ 0,39 em 2016 (PEREIRA, *et al.*, 2017).

A demanda por esse tipo de energia está em expansão, tornando-se uma alternativa mais competitiva para gerar eletricidade em vários locais: residências, comércio, serviço público etc. No ano de 2019, o Brasil obteve 1.659 GWh de geração fotovoltaica, com potência instalada de 1.992 MW, considerando micro e mini geração distribuída e apresentando crescimento da área, em comparação com o ano de 2018 (EPE, 2020).

A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR (2021) informa uma combinação de políticas governamentais iniciais para a expansão do setor: isenções fiscais e tributárias, apoios financeiros para a aquisição dos equipamentos e criação de demanda para atrair investimentos. Santos (2018) ainda destaca dois aspectos que provocam entrave nesse desenvolvimento em âmbito nacional: a) ausência de uma política pública de incentivo consolidada; e b) complexidade de aplicação de subsídios governamentais. Desta forma, o Estado deve atuar como indutor na pesquisa e desenvolvimento da tecnologia e regulador do setor.

Neste contexto, a implantação de um SFV provoca diminuição no valor final da fatura de pagamento de energia, mudança nas demandas registradas e na curva de carga diária do consumidor. Diante das vantagens de implementação e os benefícios consequentes, este trabalho realizou um estudo de dimensionamento de um sistema fotovoltaico na Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de

Parauapebas (UFRA – Campus Parauapebas), no Estado do Pará. A Instituição é um consumidor do grupo tarifário de energia denominado Grupo A.

Dois pontos foram considerados e corroboram com a necessidade deste estudo, a saber:

1. Frequentemente o campus extrapola a demanda contratada de 130 kW, provocando um aumento financeiro na fatura de energia elétrica mensal, decorrente do excedente gerado. Assim, o dimensionamento visa fornecer informações sólidas sobre a necessidade de alteração da demanda contratada pela UFRA com a concessionária de energia conveniada.
2. Diante desta constante extrapolação, pode-se requerer um dimensionamento do SFV maior que 130 kW, porém as normas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) não permitem que haja uma implementação superior à demanda contratada. Neste sentido, também será realizado um estudo de impacto econômico, referente à implementação de um SFV menor que 130 kW.

Por meio das faturas de energia elétrica da Instituição de Ensino Superior (IES) foi possível analisar a demanda contratada, verificando se o valor está condizente com a demanda utilizada pelo consumidor, no caso a IES. Em resposta a esta problemática, o objetivo deste artigo é, através de uma metodologia estruturada de dimensionamento de um sistema fotovoltaico, analisar a demanda contratada e verificar a viabilidade econômica da implementação de um sistema fotovoltaico na Universidade Federal Rural da Amazônia – *Campus* Parauapebas, localizada no sudeste do Pará. Desta forma, busca-se auxiliar os gestores públicos no processo de tomada de decisão, com base em aspectos técnicos e científicos.

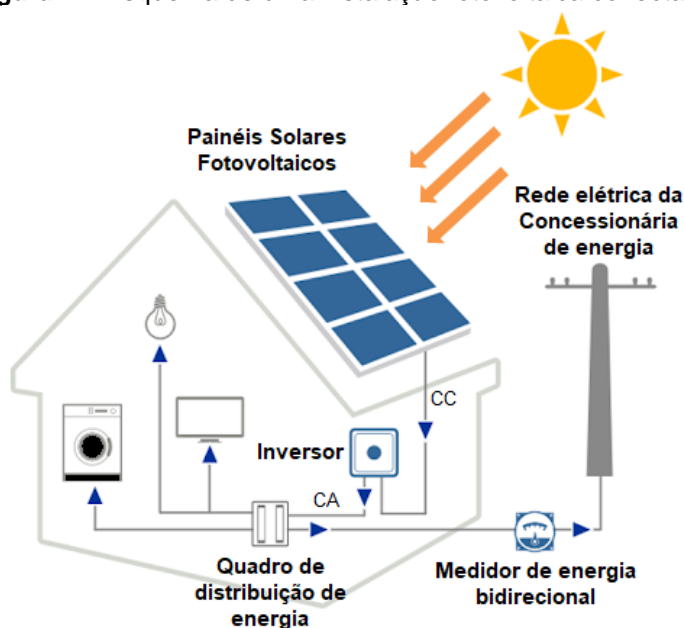
2 ENERGIA FOTOVOLTAICA E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

A geração de energia elétrica, a partir de fontes renováveis, próxima ou no local de consumo, é definida como geração distribuída (GD). O Artigo 14 do Decreto 5.163 de 30 de julho de 2004 estabelece o conceito de geração distribuída como a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes conectados diretamente ao sistema elétrico de distribuição do comprador (BRASIL, 2004).

No Brasil, a GD é baseada no sistema *net metering*, e trata-se de um mecanismo para estimular a produção localizada de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis. Assim, a política *net metering* permite que o cliente da concessionária de energia use a geração distribuída de eletricidade para compensar seu consumo de eletricidade. Em essência, permite que os clientes vendam o excesso de eletricidade gerada no local a partir de fontes de energia renováveis, como o SFV residenciais e públicos, de volta para as concessionárias a uma taxa de compensação específica (SMITH; KOSKI; SIDDIKI, 2021). No Brasil, o saldo referente à energia injetada na rede da concessionária de energia é transformado em créditos que podem ser utilizados em até 60 meses (ANEEL, 2010).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR) ou sistemas *ON GRID* são compostos por painéis solares que captam a radiação solar e geram energia em forma de corrente contínua (CC). Esta passa por um inversor, responsável por converter essa corrente em corrente elétrica alternada (CA) que, por sua vez, passa pelo quadro de distribuição de energia e pelo medidor bidirecional, responsável por contabilizar tanto a energia gerada pelo sistema quanto à energia consumida da concessionária. A Figura 2 ilustra um SFCR instalado em uma edificação.

Figura 2 – Esquema de uma instalação fotovoltaica conectada à rede



Fonte: Adaptado de (MINHA CASA SOLAR, 2019).

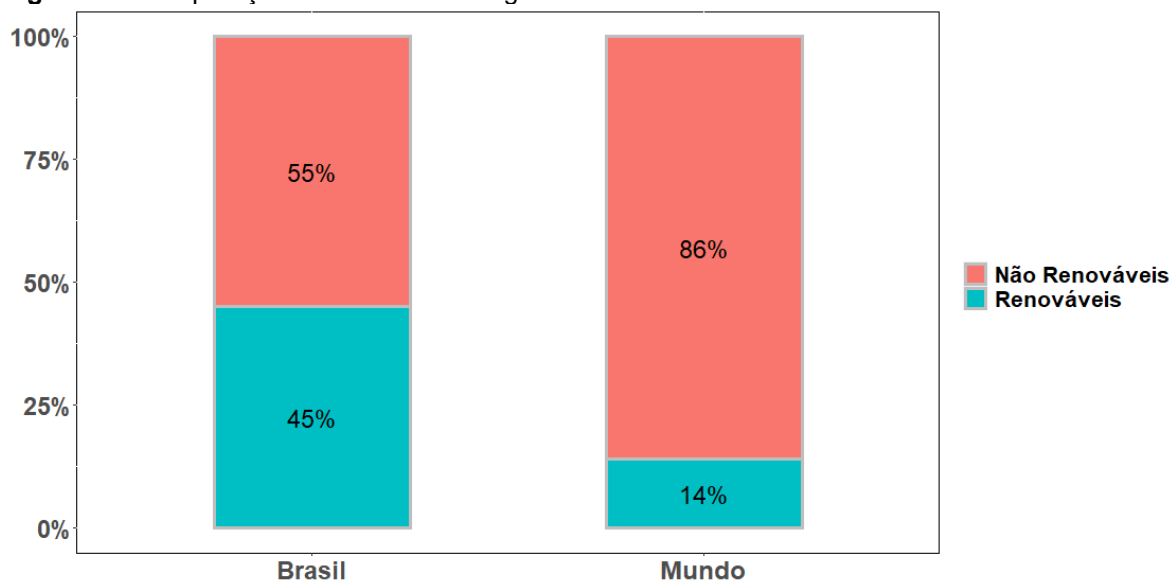
Em 1954 foi apresentada a primeira célula solar moderna, com uma eficiência de apenas 6%, gerando 5 megawatts (MW) de potência elétrica. Em 2004, foram produzidos cerca de mil milhões de células, com eficiências da ordem dos 16%, ultrapassando pela primeira vez a barreira de 1 gigawatts (GW) de potência elétrica anual instalada (VALLÉRA; BRITO, 2006).

No Brasil, desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada, tendo a possibilidade de fornecer o excedente gerado para a rede de distribuição de sua localidade (ANEEL, 2010). A partir disso, foram surgindo alternativas às formas tradicionais de produção de energia elétrica, criando assim oportunidade de oferecer um custo de produção mais baixo e qualidade de energia mais elevada do que um consumidor poderia obter da rede convencional (SANTOS; SANTOS, 2016). O consumidor que instalar micro ou minigeração distribuída será responsável pelos custos de instalação do sistema, e pela manutenção ao longo do tempo.

Os estímulos à GD justificam-se pelos benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Alguns exemplos são: o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas com as linhas de distribuição e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2018).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2020), cerca de 46,2% da oferta interna de energia no Brasil, em 2019, foram provenientes de fontes renováveis. Este índice é um dos mais altos do mundo, considerando uma média mundial de 14%, cuja comparação pode ser visualizada na Figura 3. Países que geram eletricidade a partir de fontes principais renováveis têm menor nível de emissão de gases de efeito estufa (GEE) que países cuja energia principal é proveniente da queima de combustíveis fósseis. No caso brasileiro, a rede elétrica possui baixa intensidade de carbono, devido sua matriz energética ser dominada por fontes renováveis.

Figura 3 – Comparação de fontes de energia - Brasil e Mundo



Fonte: EPE (2020).

Ainda assim, o Brasil possui grande potencial de expansão das fontes renováveis, já que dispõe de clima favorável, grandes extensões litorâneas e amplo espaço territorial. É importante ressaltar o potencial brasileiro quanto à geração de energia solar FV, que não se dá somente pelo elevado índice de incidência solar em seu território, como também pelas reservas de quartzo para a produção do silício, que é a principal matéria-prima na fabricação de células solares (DAVIES; FRISSE; BRANDÃO, 2018).

Os benefícios para o sistema elétrico advindos da geração distribuída são vários, tais como, baixo impacto ambiental, redução das cargas na rede, diversificação da matriz energética e diminuição das perdas (DANTAS; POMPERMAYER, 2018). Naruto (2017) divide essas vantagens em aspectos econômicos, sociais e técnicos:

- Com referência aos aspectos econômicos, percebe-se a redução parcial dos custos com energia para o consumidor, incentivos fiscais do governo, redução da sobrecarga do sistema, diminuição dos períodos de conexão do consumidor com a rede e a possibilidade de instalação em áreas urbanas já utilizadas.
- As vantagens sociais encontradas referem-se a não necessidade de construção de grandes usinas, que causam malefícios para a população do entorno, como no caso das hidrelétricas. Desta forma, há minimização das

desapropriações, aumento na qualidade da saúde e alcance de energia em áreas remotas.

- Em relação ao aspecto técnico observa-se redução do fornecimento de energia da rede durante os picos de carga, diminuição de perdas no sistema elétrico, diminuição de faltas do sistema de transmissão, compensação de reativo e maior controle da rede.

Apesar dos vários benefícios resultantes da geração fotovoltaica, uma das grandes desvantagens desse sistema é o custo elevado de implementação, cujo custo varia de acordo com o consumo que deve ser suprido. De acordo com Freitas e Pinto (2019), mesmo para residências com baixo consumo, considerando equipamentos eletrônicos básicos, o valor médio é R\$ 15.620,00. Para médios a altos consumos, os valores médios ficam em torno de R\$ 26.340,00 e 46.400,00, respectivamente. Porém, quanto mais alto o custo do quilowatt-hora, mais vantajoso o sistema se torna para o consumidor.

De acordo com Dantas e Pompermayer (2018), o tamanho e a complexidade da instalação influenciam diretamente no custo de um sistema de energia solar FV. Os custos unitários médios, no Brasil, são menores onde a radiação solar é maior, como é o caso dos estados do Nordeste. No estado do Pará são de R\$ 0,52, R\$ 0,46 e R\$ 0,41 para 6, 10 e 18 placas, respectivamente. As maiores tarifas médias de energia cobradas pelas distribuidoras estão nos Estados do Pará, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Referente aos estados em que a utilização de energia fotovoltaica é mais economicamente viável, o Pará se encontra em primeiro lugar, pois a distribuidora de energia elétrica local é a quarta mais cara do país, além de apresentar uma incidência solar razoavelmente alta.

Estudos recentes vêm sendo desenvolvidos no país para verificar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em prédios públicos, como universidades (SOARES; BARBOSA; BERNARDINO; PAULA; FONSECA, 2019; GOBBO, 2018; LIMA, 2019), hospital universitário (DUAIK, FERRAZ; SILVEIRA; POLLONI; REBELATTO, 2020), escolas municipais (BERALDO; CAMPOS; MUSSOLINI, 2020; BERALDO; CAMPOS; MUSSOLINI, 2020; PAULA; FONSECA, VALÉRIO; BELCHIOR; RABELO, 2020) e câmara

municipal (SIQUEIRA; SANTOS, 2016). Todos confirmam a viabilidade econômica do projeto.

O Estado do Pará ocupa, atualmente, a décima terceira posição no ranking estadual de geração distribuída fotovoltaica, o que ultrapassa a marca de 100 MW operacionais instalados em telhados e pequenos terrenos, esse número é o equivalente a 9.004 sistemas em operação, distribuídos por 129 cidades, correspondendo a um percentual de 86,6% dos municípios paraenses (ABSOLAR, 2021).

3 ANÁLISE DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1 Caracterização do Campus e da demanda

O sistema estudado refere-se ao *Campus* da Universidade Federal Rural da Amazônia do município de Parauapebas (UFRA – *Campus* Parauapebas). O *Campus* se localiza na Zona Rural da cidade e possui 5 prédios administrativos e acadêmicos, além de garagem, guarita e galpões, em uma área construída possui cerca de 4.955,31 m², conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 – Foto do Campus da UFRA Parauapebas



Fonte: UFRA (2019).

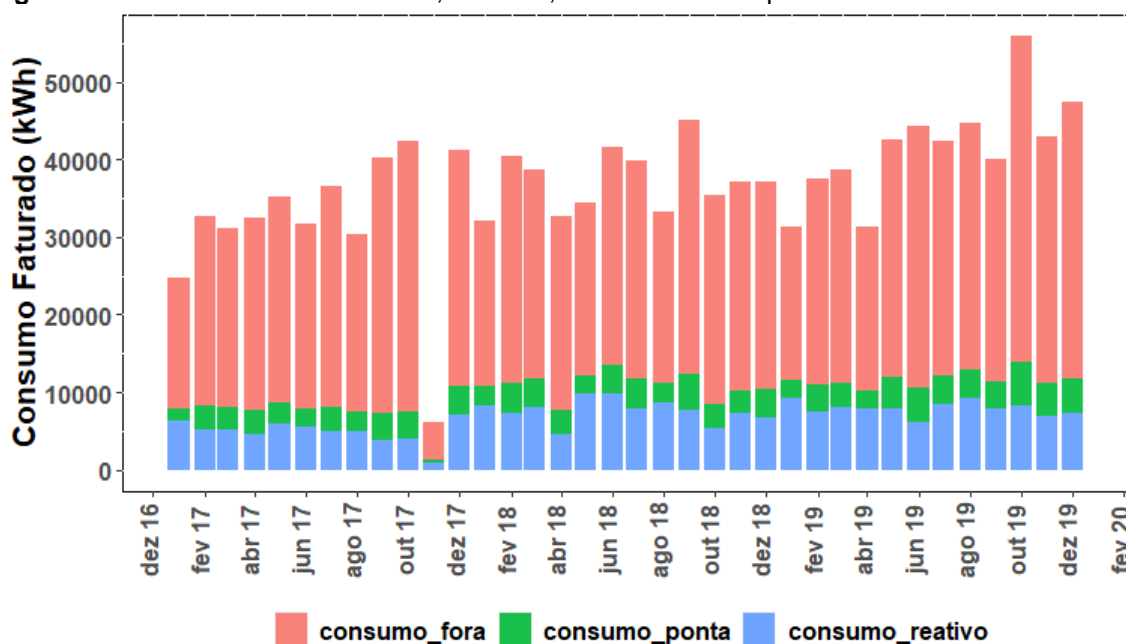
A UFRA Parauapebas possui demanda contratada de 130 kW com a fornecedora de energia e potência instalada de 825 kVA. Enquadra-se na modalidade

Paralelamente ao aumento na demanda ao longo dos anos, houve aumento do consumo de energia elétrica (Figura 6), proporcional à oferta de novos cursos, entrada de novos alunos, uso de tecnologias na Universidade (notebooks, projetores, equipamentos elétricos etc.) e crescimento da Instituição. Desse modo, o ano de 2019 foi o ano de maior consumo e demanda de energia elétrica, como mostra a Tabela 1, sendo também o ano base para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Tabela 1 – Médias anuais de consumo e demanda da UFRA Parauapebas

Ano	2017	2018	2019
Demanda de Ponta (kW)	70,8	86,45	87,17
Demanda Fora de Ponta (kW)	127,39	132,05	142,18
Demanda Total (kW)	198,41	219,32	230,52
Consumo de Ponta (kWh)	2709,83	3296,98	3735,91
Consumo Fora de Ponta (kWh)	24487,03	26397,13	29970,69
Consumo Total (kWh)	32061,35	37333,35	41608,59

Figura 6 – Consumo mensal faturado, em kWh, da UFRA Parauapebas nos anos de 2017 a 2019



A avaliação da necessidade de aumentar a demanda contratada requer uma análise a longo prazo. Com acréscimo de carga, os prédios se adaptam a um novo perfil de consumo de energia. Assim, a previsão de contratação de demanda por parte da concessionária de energia necessita de um mapeamento na curva de carga, com o intuito de traçar um perfil da demanda diária de energia das unidades consumidoras. O conhecimento sobre a modalidade tarifária também requer atenção, pois possibilita

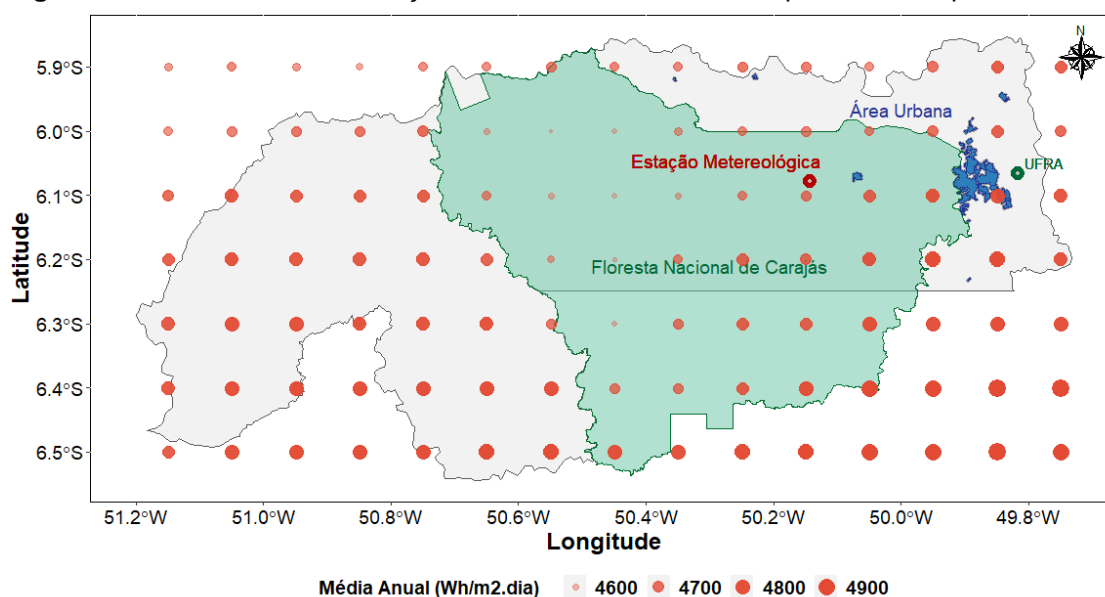
reduções nos custos de energia elétrica. Logo, com a análise de ambos, pode-se migrar para outra modalidade e contratar uma demanda que atenda de modo mais eficiente o consumidor, baseado em seu consumo.

3.2 Modelo Fotovoltaico

A geração fotovoltaica encontra-se em expansão, apesar disso seu uso ainda se concentra em edificações residenciais e comerciais. O investimento no uso de SFV em universidades também traz benefícios econômicos e ambientais, pois há economia nas contas de energia elétrica e diminuição de liberação de gás poluente para a atmosfera. Desta forma, há maior autonomia financeira para a instituição de ensino superior, que pode redirecionar recursos para melhorar o ensino, a pesquisa e reestruturar ou expandir o Campus (SILVA *et al.*, 2019)

A determinação da potência de saída de um SFV considera variáveis como: irradiância, temperatura e quantidade de módulos utilizados. A Figura 7 apresenta os dados de Irradiação Global Horizontal (GHI) em Parauapebas e foram retirados do LABREN – Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. (LABREN, 2017). A região onde se localiza a UFRA apresenta valor médio de irradiância solar, de 5,254 kWh/m²/dia, sendo o horário de incidência solar predominante entre 10h e 14h (GLOBAL SOLAR ATLAS, 2021).

Figura 7 – Média diária da Irradiação Global Horizontal no Município de Parauapebas

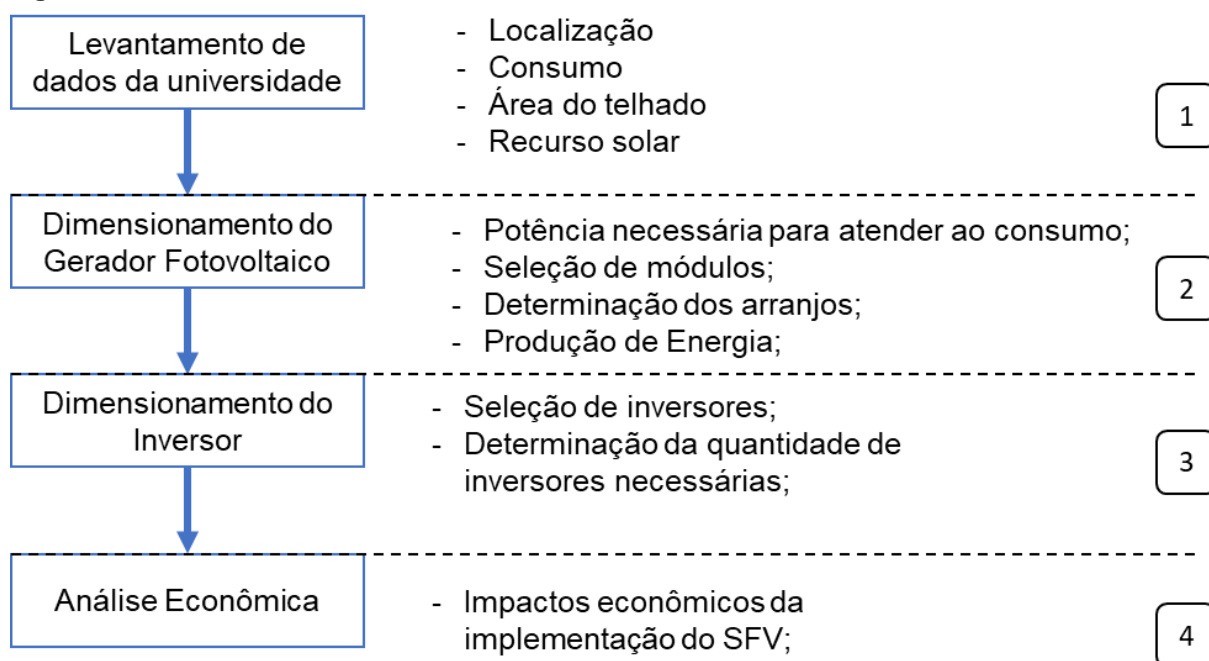


4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1 Metodologia de Dimensionamento

A metodologia de dimensionamento de SFV para consumidores do Grupo A é mais complexa se comparada com o Grupo B (tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia). Deste modo, a ANEEL (2010) indica atenção ao consumo, pois os consumidores do Grupo A possuem consumo medido em horários de ponta e fora de ponta, o mesmo ocorre com a demanda registrada. Por isso, a análise da demanda contratada e da modalidade tarifária contribuem para que o sistema instalado seja mais eficiente financeiramente. A Figura 8 ilustra a metodologia utilizada neste estudo e, posteriormente, são descritas as etapas referentes.

Figura 8 – Procedimentos desenvolvidos no estudo de caso



Fonte: adaptado de Sylvestrin; Junior; Ledesma (2018).

- **Etapa 1:** analisa-se o local de estudo, onde são levantadas informações sobre a localização geográfica, recurso solar, área de telhados disponível, consumo e contrato com a concessionária. O objetivo é obter as informações necessárias para o cálculo do dimensionamento do gerador fotovoltaico.

- **Etapa 2:** realiza-se o dimensionamento do SFV baseado em uma análise de pré-seleção de módulos. Os cálculos para o dimensionamento fundamentam-se em (Pinho & Galdino, 2014).
- **Etapa 3:** realiza-se o dimensionamento do inversor baseado em uma análise de pré-seleção de inversores, fundamentando-se em (Pinho & Galdino, 2014).
- **Etapa 4:** estudo do impacto econômico da implementação de um SFV na Universidade, considerando a demanda contratada.

4.2 Caso 1

O Caso 1 dimensiona o sistema fotovoltaico pelo consumo. Os dados foram retirados das faturas mensais de energia da Universidade em conjunto com o contrato de energia firmado com a concessionária. Inicialmente, é necessário calcular a geração de energia solar fotovoltaica, vista na equação (1), que representa o consumo médio mensal, abrangendo o fator de correção para compensação no horário de ponta.

$$E = [E_{FP} + (E_p * FC)]/30 \quad (1)$$

Onde,

- E é o consumo diário médio anual da edificação;
- E_{FP} é o consumo médio fora ponta (média anual);
- E_p é o consumo médio de ponta (média anual);
- FC é o fator de correção;

Para o cálculo do fator de correção, realiza-se a razão apresentada equação (2), sendo necessária para equalizar o consumo no horário de ponta. A potência gerada neste período pode ser usada para abater o valor do consumo no horário de ponta, assim, um fator de ajuste é aplicado. O cálculo da potência necessária para o atendimento do consumo total apresenta-se na equação (3).

$$FC = \frac{TE_P}{TE_{FP}} \quad (2)$$

$$P_{FV} = \frac{E}{I \times TD} \quad (3)$$

Onde,

- TE_P : Tarifa de Energia de ponta.
- TE_{FP} : Tarifa de Energia fora de ponta.
- P_{FV} : Potência do SFV na entrada dos inversores (kW), em corrente contínua (CC) produzida pelo gerador fotovoltaico.
- TD: é a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível. Leva em consideração as perdas, como perdas no cabeamento, perdas de sombreamento ou por sujeira nos painéis, perdas de temperatura, perdas de conversão (efeito fotovoltaico), entre outras (MOREIRA; OLIVEIRA, 2018). Normalmente varia entre 70 e 80% (PINHO; GALDINO, 2014).
- Irradiância (I): é a densidade de energia solar que incide em uma superfície, por unidade de tempo, dada em Wh/m² ou kWh/m².

Após obter a potência do sistema fotovoltaico (P_{FV}), pode-se calcular a potência de saída do inversor, denominada como Potência nominal em corrente alternada (P_{Nca}), que é a potência total nas saídas dos inversores utilizados no sistema. Calcula-se utilizando-se um Fator de Dimensionamento de Inversores (FDI), o qual situa-se na faixa de 0,75 a 0,85 na equação 4 (PINHO; GALDINO, 2014).

$$P_{Nca} = \frac{P_{FV}}{(1 - FDI) + 1} \quad (4)$$

Para dimensionar a quantidade de inversores necessária, divide-se a Potência nominal em corrente alternada (P_{Nca}) pela potência do inversor (exemplo 60 kW). Ao multiplicarmos a quantidade de inversores necessária pela potência de saída do inversor, encontramos a potência total de geração do sistema.

Se a demanda contratada for maior que a potência total de geração do sistema, pode-se instalar o SFV; caso contrário, é preciso solicitar o aumento de demanda junto à concessionária, ou reduzir a potência de geração do SFV. No caso de aumento, estudos são necessários para verificar a viabilidade da transação. A Tabela 2 apresenta as informações base para o dimensionamento, cujo ano de referência é 2019.

Tabela 2 – Informações das faturas de energia da UFRA Parauapebas, em 2019

Dados	Abreviação	Valores	Unidades
Tarifa TE Ponta	TE_p	381,48	R\$/MWh
Tarifa TE Fora Ponta	TE_{FP}	217,90	R\$/MWh
Demanda Contratada	DC	130	kW
Consumo Médio Ponta	E_p	3.736	kWh
Consumo Médio Fora Ponta	E_{FP}	29.971	kWh

4.3 Caso 2

Para dimensionar o SFV é necessário verificar a demanda contratada. Neste caso, é importante considerar que a potência de saída fotovoltaica não deve ser maior que a demanda contratada. Caso ocorra, pode haver uma nova contratação com aumento da demanda, porém deve-se comprovar a viabilidade econômica da transação, já que representará um custo adicional, além de ser necessário realizar um estudo para definir qual a melhor demanda contratada baseado em seu histórico. Outros fatores limitantes é a disponibilidade física para a instalação dos painéis fotovoltaicos, seja em solo ou em telhados, pois variam em quantidade e dimensão, e o fato de que o aumento dessa demanda pode ser negado pela concessionária, devido razões técnicas do sistema elétrico.

Outra forma de atender a essa demanda excedente é definir uma potência para o gerador fotovoltaico e analisar o impacto no sistema, podendo inclusive diminuir a demanda contratada. Portanto, deve-se verificar qual a melhor opção. Neste sentido, estão sendo discutidos neste trabalho dois casos de dimensionamento, baseados em Pinho e Galdino (2014).

Diversas marcas de módulos fotovoltaicos foram avaliadas, porém selecionou-se o modelo BYD 335PHK-36, policristalino, com potência nominal de 335 Wp

(também chamada potência de pico, sendo o valor máximo de potência a ser entregue a uma carga). A seleção do inversor também foi diversificada, sendo escolhido o Fimer ABB PVS-120-TL-SX2-FULL, com potência nominal de 120kW, modelo trifásico 380v. Destaca-se que além dos critérios técnicos, a cotação do modelo obtida diretamente com o distribuidor no Brasil foi fundamental para a escolha dos itens para o dimensionamento.

A compra dos módulos fotovoltaicos é realizada através de kits, onde consta a quantidade de módulos fotovoltaicos suficientes para atender determinado tamanho de geração, a quantidade de inversores a serem utilizados, que varia conforme o tamanho do gerador fotovoltaico e a própria potência nominal do inversor, além de acompanhar as estruturas de montagem e possível transformador, caso necessário. Como cada kit possui um dimensionamento diferente (tamanho de geração fotovoltaica diferente) e foram analisadas 3 marcas de inversores, variando a potência nominal do painel BYD (por ser compatível com todos os inversores) de 335 Wp para 400 Wp, além da potência dos inversores de 20 kW a 120 kW (Tabela 3).

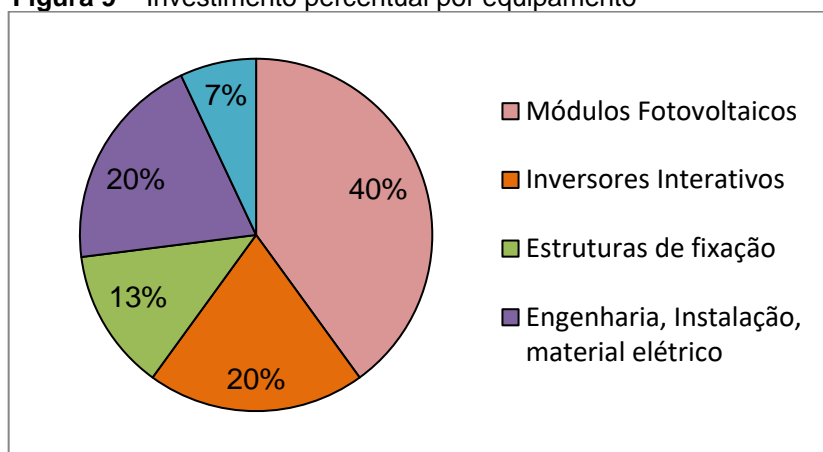
Tabela 3 – Kits geradores de energia solar

Fabricante	FRONIUS	FIMER ABB	FIMER ABB	SMA
Potência de Geração Fotovoltaica	127,3 kW	128,64 kW	129,6 kW	129,38 kW
Potência do painel	335 W	335 W	400 W	375 W
Potência Inversor	25 kW	120 kW	120 kW	110 kW
Valor Kit	R\$ 394.749,00	R\$ 411.019,00	R\$ 426.289,00	R\$ 394.489,00
Total	R\$ 587.079,80	R\$ 575.426,60	R\$ 596.804,60	R\$ 586.715,80

Fonte: adaptado de Aldo (2021).

A linha total refere-se ao custo total do sistema fotovoltaico que inclui kit do gerador fotovoltaico, o valor do projeto, instalação e outros materiais elétricos, de acordo com a Figura 9 (SOLENERG, 2012; SEBRAE, 2019). E nos kits da Fronius e SMA adicionou-se R\$ 24.593,70, referente ao valor do transformador presente nos kits da ABB, para fins de equalização. Todos os kits respeitam o limite de geração fotovoltaica imposto pela demanda contratada da UFRA de 130 kW.

Figura 9 – Investimento percentual por equipamento



5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise do Caso 1

No primeiro momento, tem-se o interesse no dimensionamento do SFV baseado no consumo faturado pela concessionária no período de 2017 a 2019, expresso nas contas mensais de energia disponibilizados pela UFRA. As informações analisadas visam fornecer subsídios sólidos sobre a necessidade de alteração da demanda contratada pela UFRA com a concessionária de energia conveniada.

Desta forma, dado o aumento do consumo fora de ponta médio anual, o dimensionamento foi realizado levando em consideração o ano de 2019. Vale ressaltar que também foram realizados os cálculos para os anos anteriores e verificado o dimensionamento menor.

No primeiro momento, tem-se o interesse no dimensionamento do SFV baseado no consumo faturado pela concessionária no período de 2017 a 2019, expresso nas contas mensais de energia disponibilizados pela UFRA. As informações analisadas visam fornecer subsídios sólidos sobre a necessidade de alteração da demanda contratada pela UFRA com a concessionária de energia conveniada.

Desta forma, dado o aumento do consumo fora de ponta médio anual, o dimensionamento foi realizado levando em consideração o ano de 2019. Vale ressaltar que também foram realizados os cálculos para os anos anteriores e verificado o dimensionamento menor.

Levando em consideração uma estimativa de taxa de desempenho (TD) de 80%, de fator de dimensionamento de inversor (FDI) de 75% - valores são corroborados pelo trabalho de Pinho e Galdino (2014) e da irradiação global horizontal diária em Parauapebas de 5,254 kWh/m² (Global Solar Atlas, 2021), tem-se os dados mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dimensionamento painéis solares fotovoltaicos para a UFRA

Variáveis	Valores
Fator de correção (FC)	1,75
Consumo diário médio anual da edificação (E)	1.217 kWh/dias
Potência do SFV na entrada dos inversores (P_{FV})	289,55 kW
Potência nominal em corrente alternada (P_{Nca})	231,64 kW

Portanto, a potência de entrada do SFV é 289,55 kW, trata-se da potência produzida pelo gerador fotovoltaico diariamente necessária para suprir a média de consumo da Universidade. Considerando a utilização de painéis fotovoltaicos de 335 Wp de potência máxima seriam necessários 865 painéis solares fotovoltaicos.

Em relação ao inversor, considerando um Fator de Dimensionamento de Inversores (FDI) de 75%, e levando em conta inversores de 60 kW de potência serão necessários aproximadamente 4 inversores para suportar os 231,64 kW. Logo, a potência de geração fotovoltaica total necessária para atender o campus da UFRA é 240 kW. Nota-se que a demanda contratada (130 kW) é menor que a potência CA total do sistema, portanto não é possível instalar o sistema dimensionado. Neste caso, seria necessário solicitar para a concessionária esse aumento de demanda.

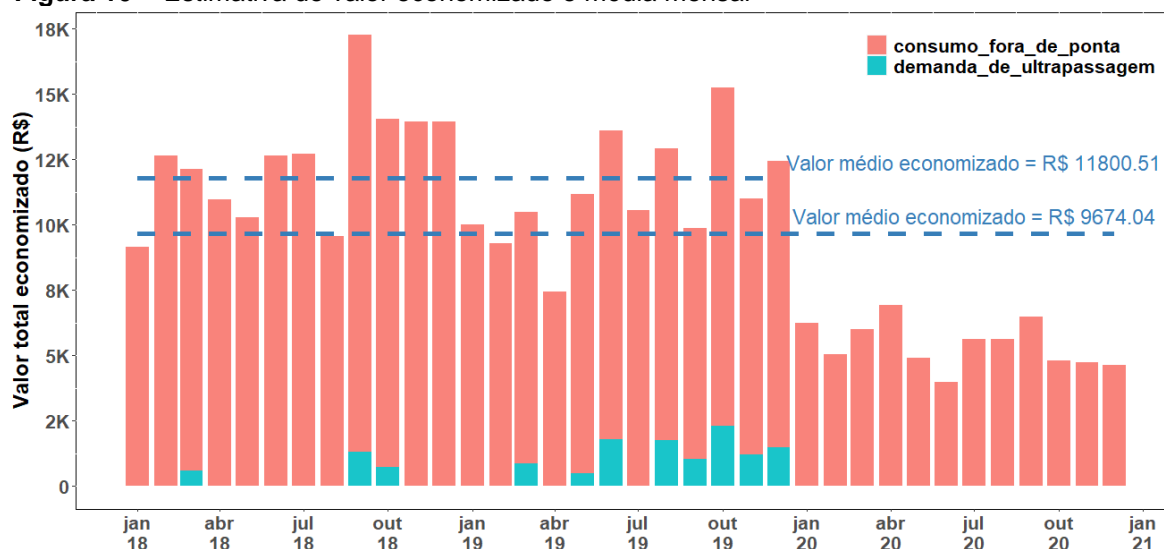
5.2 Análise do Caso 2

Os métodos utilizados para analisar a viabilidade econômica são amplamente discutidos na literatura. Porém, para esta parte do trabalho, todos os métodos utilizados foram retirados de (Hirschfeld, 2018). Diante da constante extrapolação da demanda (ver Figura 5) e dado o dimensionamento necessário de 240 kW que é maior que o valor de demanda contratada de 130 kW, tem-se como norma da ANEEL a não permissão de implementação superior à demanda contratada. Neste sentido, torna-

se necessário avaliar o impacto econômico referente à implementação de um SFV menor que 130 kW, sendo uma alternativa para não haver alteração no contrato.

Nesse sentido, pode-se observar na Figura 10 que haveria uma estimativa média de economia monetária de R\$ 9.674,04 mensal, considerando o valor de investimento inicial de R\$ 596.804,60, e representa o maior orçamento descrito na Tabela 3. Cabe ressaltar que essa média considerou o ano de 2020 e representa a soma dos valores de consumo fora de ponta e demanda ultrapassada.

Figura 10 - Estimativa de valor economizado e média mensal

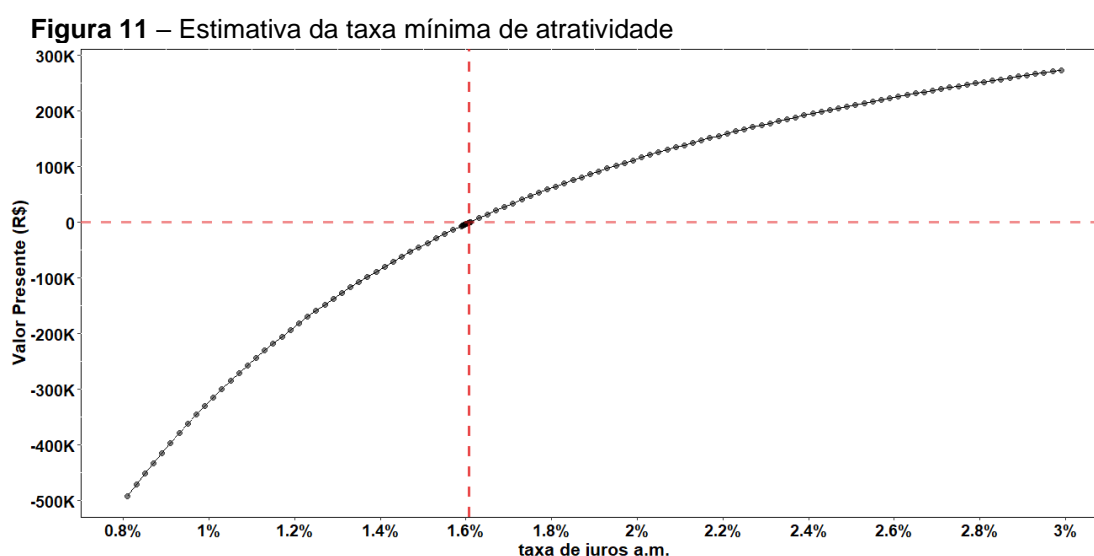


O impacto da economia esperada é considerado caso houvesse a implementação do SFV de 130kW em jan/2018. Deste modo, dado um investimento inicial considerando o maior valor orçado na Tabela 3 de R\$ 596.804,60 e uma vida útil estimada dos Kits geradores de energia solar de 25 anos, podemos calcular uma série de valores uniformes, a uma taxa de 2% a.m. e obter uma equivalência econômica de investimento mensal em R\$ 11.967,57. Assim, ao comparar com a estimativa média mensal de economia de implementação do SFV, tem-se uma diferença de R\$ 2.293,57 nos 3 anos de análise. Desconsiderando o ano 2020 e sua particularidade advinda da pandemia, tem-se uma economia média nas faturas de energia próxima do valor equivalente uniforme do investimento inicial.

Além disso, utilizou-se o método do valor presente líquido (VPL) que tem por finalidade determinar um valor economicamente equivalente no instante inicial a partir

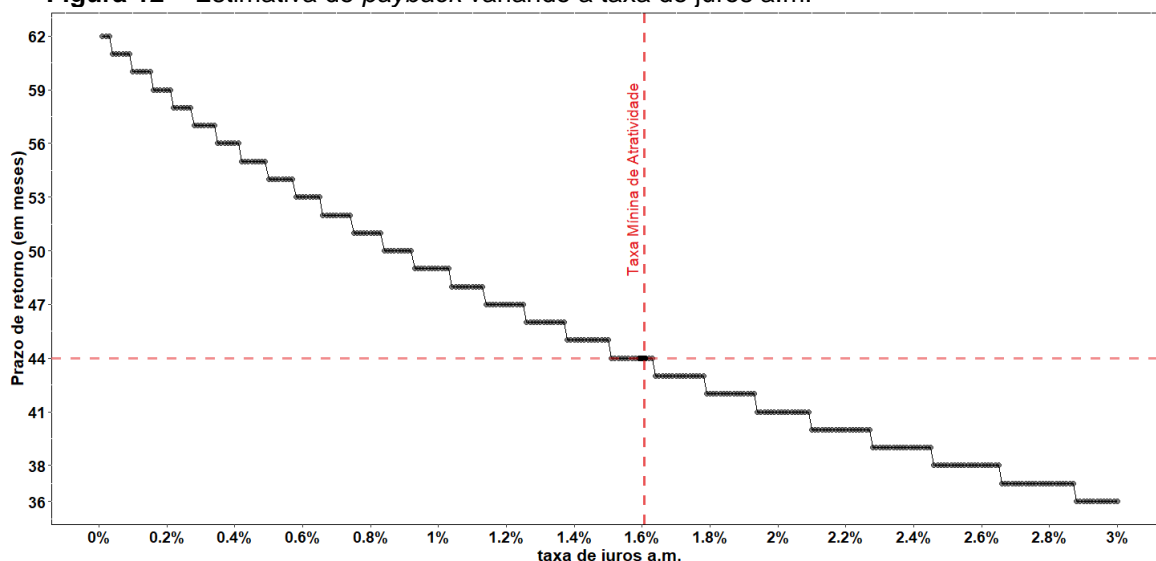
de uma série de valores. Logo, utilizando-se da série valores apresentados na Figura 10, cujo total é de R\$ 348.265,60, tem seu VPL = R\$ 258.858,54 a uma taxa de juros de 2% a.m.

Quando se deseja investir uma determinada quantia, é de interesse comparar as prováveis economias que serão proporcionadas e que se referem à implementação do SFV em janeiro/2018. Além do mais, em um contexto de prédios públicos e da UFRA, não se tem um conhecimento prévio da taxa de juros de retorno caso este valor fosse investido em outra alternativa. Calculou-se a taxa mínima de atratividade do investimento que, conforme apresentado na Figura 11, representa um valor de TMA = 1,6074% a.m.



Similarmente, pode-se estimar o tempo médio de retorno do investimento considerando que mantivesse uma mesma economia média mensal por todo o período. Cabe ressaltar que é razoável pensar que o valor de economia tende a aumentar com o tempo devido a uma tendência de aumento da demanda conforme apontado na Figura 5. Desta forma, tem-se um *payback* de aproximadamente 44 meses a uma TMA = 1,6074% a.m., além do que, é possível observar na Figura 12 como o *payback* varia em relação ao crescimento da taxa de juros ao mês.

Figura 12 – Estimativa de *payback* variando a taxa de juros a.m.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise de dimensionamento de implementação de sistema fotovoltaico na Universidade Federal Rural da Amazônia – *Campus* Parauapebas, levando em consideração as faturas de energia do período de 2017 a 2020. Conseqüentemente, buscou-se analisar a demanda contratada, verificando se o valor está condizente com a demanda utilizada pelo consumidor, no caso a IES.

Em resposta a esta problemática, o objetivo deste artigo foi atendido, por meio de uma metodologia estruturada de dimensionamento de um sistema fotovoltaico e de métodos de análise de viabilidade econômica aplicados ao contexto da Universidade Federal Rural da Amazônia – *Campus* Parauapebas, localizada no sudeste do Pará.

Os resultados mostram, para o Caso 1, que o dimensionamento realizado resulta em uma potência de geração fotovoltaica de 240 kW e que é superior ao atual valor contratado de 130 kW. Desta forma, recomenda-se a alteração contratual e também a implementação de sistema fotovoltaico no valor do novo contrato, caso esse não seja 240 kW, devido ao entendimento de que é viável economicamente a implementação. Cabe ressaltar ainda que os prédios que compõe o campus possuem área de construção disponível para tal implementação.

Para o Caso 2, na impossibilidade de alteração do contrato, a partir dos resultados deste trabalho, recomenda-se que é economicamente viável uma implementação de um SFV dimensionado em até 130 kW, com base em uma análise

de uma economia somada de R\$ 348.265,60 nos 3 anos considerados no estudo e economicamente equivalente em janeiro de 2018 no valor de R\$ 258.858,54. Tal valor representaria 43,37% do valor inicial investido.

Em síntese, a implementação de sistema fotovoltaico é economicamente viável e aplicável no contexto analisado, além de atender às demandas ambientais para o uso de fontes energias renováveis. Reitera-se que este trabalho fornece informações sólidas e objetivas que podem subsidiar os tomadores de decisão referente a investimentos em sistemas fotovoltaicos nesse *campus*.

Como sugestões para trabalhos futuros destaca-se a necessidade de projeção futura referente ao crescimento da IES até que se obtenha certa estabilidade quanto à estrutura física e quantidade de alunos. A partir disso, pode-se prever um novo dimensionamento e investimento para que o sistema continue atendendo toda a demanda de energia da Instituição. Esse experimento pode ser reproduzido para outros *campi* da Instituição promovendo maior sustentabilidade. Finalmente, outro estudo refere-se à utilização de técnicas determinísticas e/ou heurísticas para otimizar a melhor localidade do sistema fotovoltaico, considerando espaço da Universidade e maior captação solar.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia solar no Pará ultrapassa 100 megawatts em telhados e pequenos terrenos**, 2021.

Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-no-para-ultrapassa-100-megawatts-em-telhados-e-pequenos-terrenos/> . Acesso em: 09 fev. 2021.

ALDO SOLAR. **Tudo sobre painel solar**, 2021. Disponível em:

<https://www.aldo.com.br/categoria/energia-solar/produtos/painel-solar> . Acesso em: 06 maio 2021.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414**, 2010. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> . Acesso em: 16 mar. 2021.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração distribuída**, 2018. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida> . Acesso em: 16 mar. 2021.

BERALDO, F. M.; CAMPOS, S. P.; MUSSOLINI, T. P. **Análise de Viabilidade Econômica para Implementação de Painéis Fotovoltaicos nas Escolas Municipais de Itajubá – MG**. 2020. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, Foz do Iguaçu, 40., 2020. [Anais...]. Foz do Iguaçu, 2020.

BRASIL - PODER EXECUTIVO. **Decreto nº 5.163**, 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm . Acesso em: 25 fev. 2021.

DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. mai. 2018 (Texto para Discussão nº. 2388). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=33431:td-2388-viabilidade-economica-de-sistemas-fotovoltaicos-no-brasil-e-possiveis-efeitos-no-setor-eletrico&catid=411:2018&directory=1 . Acesso em: 25 mar. 2021.

DAVIES, F. S.; FRISSE, G. L.; BRANDÃO, M. V. A utilização do silício nacional para a fabricação de placas solares: uma reflexão das dificuldades tecnológica e financeira. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7., 2018. [Anais...]. Gramado, 2018. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6671922014>

DUAIK, I. R. *et al.* Viabilidade financeira de um sistema fotovoltaico: o caso do HU - UFSCAR contribuições da Engenharia de produção para a gestão de operações energéticas sustentáveis. 2020. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 40., 2020. [Anais...]. Foz do Iguaçu, 2020.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional 2020**: ano base 2019. Ministério de Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro, 2020.

FREITAS, A. F. D.; PINTO, F. R. Análise dos benefícios de painéis fotovoltaicos residenciais. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, n. 185, 2019. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/analise-dos-beneficios-de-paineis-fotovoltaicos-residenciais> .

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Atlas solar global**, 2021. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=-6.073304,-49.818192,11&s=-6.073436,-49.818541&m=site&pv=medium,0,12,100>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GOBBO, G. G. **Estudo de viabilidade econômica de uma usina fotovoltaica na Universidade Estadual de Londrina**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2018.

HIRSCHEFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

LABREN - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. Belém: Base de dados do Estado do Pará, 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/PA_glo.html . Acesso em: 10 maio 2021.

LIMA, J. S. **Energia solar fotovoltaica**: estudo de viabilidade técnica-financeira de implantação de sistema de geração de energia fotovoltaica para o Centro de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA, na cidade de Chapadinha - MA. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha. 2019.

MINHA CASA SOLAR. **Inversor solar**: tudo o que você precisa saber está aqui. 2019. Disponível em: <http://blog.minhacasasolar.com.br/inversor-solar-tudo-o-que-voce-precisa-saber-esta-aqui/> . Acesso em: 26 maio 2021.

MOREIRA, A. L. M.; OLIVEIRA, F. B. R. D. **Estudo de viabilidade de sistema fotovoltaico conectado à rede em uma instituição de ensino**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7., 2018. [Anais...]. Gramado, 2018.

NARUTO, D. T. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica)- Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2017.

NICHOLLS, J. A. Integrating Financial, Social and Environmental Accounting. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, v. 11, n. 4, p. 745-769, 2020. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-01-2019-0030>

PAULA, V. D. F. *et al.* Análise de risco da implantação de sistemas fotovoltaicos; estudo de caso em uma escola de Aparecida de Goiânia. 2020. In: XL ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 40., 2020. [Anais...]. Foz do Iguaçu, 2020. https://doi.org/10.14488/ENEGEP2020_TN_STO_348_1792_40557

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, p. 530, 2014.

SANTOS, F. C. M.; SANTOS, F. M. S. M. Geração distribuída versus centralizada. **Journal of Education, Technologies, and Health Millenium**, n. 15, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.19/350>. Acesso em: 25 abr. 2021

SANTOS, R. C. D. **Geração distribuída Brasil**: perspectivas para a expansão da energia solar. 2018. Monografia (Especialização em Planejamento e Estratégias de Desenvolvimento) - Escola Nacional de Administração Pública - ENAP. Brasília, 2018.

SANTOS, R. M. D.; RODRIGUES, M. D. S.; CARNIELLO, M. F. Energia e sustentabilidade: panorama da matriz energética brasileira. **Revista Scientia**, v. 6, n. 1, p. 13-33, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/scientia/article/view/9396> . Acesso em: 27 abr. 2021

SEBRAE. Blog do SEBRAE. **O que é e como calcular margem de lucro?**. 2019. Disponível em: <https://atendimento.sebrae-sc.com.br/blog/como-calcular-margem-de-lucro/> . Acesso em: 27 abr. 2021.

SILVA, T. C. *et al.* technical and economical evaluation of the photovoltaic system in brazilianpublic buildings: a case study for peak and off-peak hours. **Energy**, v. 190, n. 1, p. e116282, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116282>.

SIQUEIRA, A. F. P.; SANTOS, L. N. D. **Estudo de implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) na câmara municipal de São José dos Pinhais**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

SMITH, K. M.; KOSKI, C.; SIDDIKI, S. Regulating net metering in the United States: a landscape overview of states' net metering policies and outcomes. **The Electricity Journal**, v. 34, n. 2, p. e106901, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2020.106901>. Acesso em: 16 abr. 2021

SOARES, M. P. *et al.* Análise de viabilidade econômica no campus Aparecida de Goiânia (UFG): instalação de painéis solares. *In: XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 39., 2019. [Anais...]. Santos, 2019.

SOLENERG ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Cálculos do dimensionamento do gerador fotovoltaico conectado à rede elétrica**, 2012. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SYLVESTRIN, G. R.; JUNIOR, O. H. A.; LEDESMA, J. J. G. Projeto e dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede: estudo de caso empresa de fertilizante. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 94-127, 2018. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v7i4.18754>. Acesso em: 10 abr. 2021

UFRA - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA. **VT institucional UFRA**. www.novo.ufra.edu.br, 05 ago. 2019. Disponível em: https://novo.ufra.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2238&catid=17&Itemid=121. Acesso em: 01 maio 2021.

VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, v. 1, n. 2, p. 10-15, 2006.



Artigo recebido em: 31/05/2021 e aceito para publicação em: 21/07/2021
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i3.4342>

APÊNDICE A

Definições retiradas do contrato da Instituição de Ensino Superior com a concessionária de energia e de (ANEEL, 2010).

Carga: elemento que absorve potência, por exemplo: equipamentos elétricos, lâmpadas etc.

Concessionária: agente titular de concessão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica, doravante denominado “distribuidora”.

Consumo: quantidade de energia utilizada em uma unidade consumidora, em kWh (quilowatt-hora). Acumulado conforme os dias de uso.

Curva de carga: Registro horário, em um período diário, das demandas de capacidade, podendo ser, excepcionalmente para período semanal, mensal ou anual.

Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kVAr), respectivamente.

Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

Tarifa horo-sazonal verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.

Potência instalada ou carga instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

Posto tarifário fora ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

Posto tarifário ponta: período de três horas consecutivas, definidas pela distribuidora, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico. Exclui sábados, domingos e feriados.

Unidade consumidora: conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação, quando do fornecimento em tensão primária, caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em apenas um ponto de entrega, com medição individualizada, correspondente a um único consumidor e localizado em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas.