

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E FINANCEIRA DE CENÁRIOS DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA APLICADOS AO CAMPUS RECIFE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Vinícius Lopes, vinicius_lopes5@hotmail.com¹

Daniel Rodríguez, danivd1188@gmail.com¹

Jorge R. Henríquez, jorge.guerrero@ufpe.br¹

¹Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil

Resumo: Numa população, a demanda de energia está diretamente relacionada com o desenvolvimento social, econômico, tecnológico e com sua qualidade de vida, incluindo seu crescimento demográfico. Com o passar dos anos, conforme uma sociedade evolui, um aumento do consumo energético e da diversificação da matriz energética é esperado. Com o aumento do consumo e dos custos com energia elétrica através dos anos, discussões referentes à utilização deste recurso estão se tornando cada vez mais decorrentes nos diversos setores da indústria e dos serviços públicos e privados que consomem este vetor energético. Mas cada modelo energético depende da disponibilidade, dos custos e da relação com o meio ambiente para aquisição da fonte primária de energia. No caso do Nordeste brasileiro, o potencial solar se destaca como uma das alternativas promissórias de geração para atender o incremento do consumo de energia elétrica na região e contribuir à redução dos custos com energia elétrica dos consumidores. A Universidade Federal de Pernambuco – UFPE é uma das maiores instituições de ensino superior do Nordeste, e a mesma conta com duas cabines responsáveis por medir o consumo dos mais diversos prédios. O presente estudo avalia diferentes opções de aquisição de energia elétrica através da geração solar fotovoltaica na UFPE. As análises comparativas destes cenários são realizadas com base nos dados de consumo de energia elétrica coletados nas faturas energéticas do período de junho de 2020 a maio de 2021 na cabine de medição 1 do campus Recife da mencionada universidade. Esta cabine é responsável pela medição de prédios como o Centro de Tecnologia e Geociências, a Área 2, o Instituto de Pesquisa em Petróleo e Energia, dentre outros. Precisamente, os telhados destes prédios são utilizados para alocação de painéis solares afim de suprir a necessidade energética da instituição e são consideradas diferentes modalidades de geração, diferentes tipos de painéis e tensão de fornecimento. Os resultados obtidos tanto no âmbito da geração distribuída quanto na autoprodução de energia, apresentam uma redução considerável de custos energéticos, sendo o custo da aquisição e instalação do sistema o fator diferencial para a viabilidade dos projetos. Mas a viabilidade dos projetos também está influenciada pelos os custos associados à construção de subestações elétricas com o objetivo de aproveitar o ganho econômico devido à redução das tarifas de energia.

Palavras-chave: energia solar fotovoltaica, geração distribuída, autoprodução de energia, tarifas de energia, redução de custos energéticos

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma forma de energia produzida por processos de transformação a partir de outras fontes primárias de energia. O Brasil possui uma matriz de energia elétrica diversificada e com grande presença de fontes de energias renováveis, destacando-se positivamente no cenário mundial. Este panorama da matriz elétrica brasileira está associado historicamente a forte presença de hidroeletricidade e ao uso de combustíveis oriundos da biomassa e, de forma mais recente, ao crescimento da participação da energia solar e eólica na produção de eletricidade (EPE, 2021).

Com o aumento do consumo energético, discussões referentes aos custos com este recurso se tornam cada vez mais decorrentes. Segundo o relatório apresentado pelo Instituto Acende Brasil (2020), o Brasil possui a 37ª energia mais cara do mundo em um ranking com 110 países. Este estudo também apresenta que, para o consumo do setor comercial, a tarifa média é 22% superior a outros países citados na pesquisa, tais como Espanha, Bélgica e Canadá (IAB, 2020).

Fazendo uma comparação de quanto estes números representam para um comércio ou uma indústria, um estudo realizado pela Federação das indústrias do Estado do Rio de Janeiro apresentou que os gastos no setor industrial com energia elétrica podem representar mais de 40% dos custos com produção, tornando estes custos altamente relevantes para um negócio (FIRJAN, 2017).

Nos últimos anos, o mercado de energia elétrica vem passando por diversas transformações regulatórias, incluindo algumas formas de incentivo que facilitem a inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica nacional, mediante

novas regulamentações e abertura de leilões (Sardinha, 2018). Dentre estas mudanças, tem-se os incentivos para autoprodução de energia elétrica e a geração distribuída (de Souza et al., 2018; Rosas et al., 2019), assuntos cada vez mais populares entre os consumidores de energia elétrica (Joyce and Moosdorf, 2020). Nestas alternativas, o consumidor recebe permissão para produzir sua própria energia e, a depender do tipo de consumidor, repassar seu excedente de geração. Estas oportunidades permitiram estender a exploração de empreendimentos de geração de energia elétrica de diversa natureza e potência (Toreti et al., 2019; Xavier, 2019).

O potencial solar no Nordeste brasileiro se destaca como uma das alternativas promissórias de geração para atender o incremento do consumo de energia elétrica na região e contribuir à redução dos custos com energia elétrica dos consumidores. Esta região também apresenta um dos maiores rendimentos médios anuais quando comparados com outras regiões do país. É, portanto, que isto se reflete na quantidade de usinas solares fotovoltaicas de grande porte instaladas (EPE, 2021; E. Pereira et al., 2017).

Existem dois tipos fundamentais de sistemas para a geração de energia solar fotovoltaica. Os sistemas solares fotovoltaicos On-Grid, formados geralmente por pequenas usinas instaladas no ponto de consumo ou próximo destes, ou por grandes usinas, que geralmente ficam afastadas dos centros de consumo, necessitando assim do uso de extensas linhas de transmissão. Em alguns casos, neste tipo de sistema o usuário pode produzir sua própria energia e reverter os excedentes de geração em créditos de energia. Já no caso dos sistemas isolados, Off-Grid, não estão interconectados na rede e a energia gerada pode ser armazenada quando não consumida. Esse tipo de sistemas é mais adequado em locais remotos, de difícil acesso ou por estarem distantes das redes de distribuição elétrica (H. H. Silva and Silva, 2016).

As instalações solares fotovoltaicas dependem de análises e estudos que permitam avaliar a viabilidade econômica do projeto (Batista et al., 2019). Os dados solarimétricos, o preço de compra/venda da energia no local do empreendimento, a implementação da unidade de geração conforme o perfil de consumo e a forma de instalação da usina segundo o espaço disponível são fundamentais para determinar a viabilidade do projeto. Estes sistemas apresentam maturidade tecnológica, confiabilidade de desempenho e competitividade econômica (Lillo-Sánchez et al., 2021). Os programas de incentivos fiscais e tributários, bem como normas e regulamentações, desempenham papel fundamental e essencial no processo de inserção dos sistemas fotovoltaicos na matriz elétrica (A. A. C. Silva et al., 2020). Mas o perfil de consumo do usuário determina se parte da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico será injetada na rede da concessionária o que acarreta no pagamento de ICMS sobre essa energia (Toreti et al., 2019).

O dimensionamento de um sistema de geração solar fotovoltaica depende do levantamento do consumo energético que, em conjunto ao tipo de painel a ser levado em consideração o tipo de painel solar a ser instalado, possibilita o cálculo do número de painéis requeridas pelo sistema (Midea et al., 2009). Estes aspectos, estreitamente relacionados com o custo da tecnologia a ser implementada, permitem estimar a viabilidade do projeto. Considerando o retorno do investimento a curto prazo, o sistema fotovoltaico pode ser menos atrativo que outras aplicações financeiras. Porém, um cenário de redução gradativa dos custos de implementação dos sistemas vem se estabelecendo no mercado (J. D. F. Pereira et al., 2018). Também, a alocação do empreendimento no caso de unidades consumidoras separadas fisicamente, em um único local ou distribuído conforme o ponto de consumo, resulta importante no processo de avaliação do projeto. Isto depende da disponibilidade de espaço para a instalação, relacionada também com o tipo de painel, arranjo e configuração do sistema, resultando na potência por unidade de área.

Estudos mais detalhados levam em consideração, além dos aspectos anteriormente mencionados, o dimensionamento dos inversores, dos fusíveis e dos cabos de conexão. Estes aspectos, junto às análises de viabilidade econômica considerando os custos com a compra de energia diretamente da distribuidora, o montante de energia a ser gerada, custos de manutenção e o valor de investimento inicial aumentam a confiabilidade das análises (W. da Silva, 2018).

O presente trabalho tem como intuito realizar uma avaliação sobre o impacto nos gastos com energia elétrica ao incorporar a modalidade de autoprodutor numa instituição de ensino de grande porte. O estudo de caso foi realizado utilizando informações de consumo em uma das cabines de medição do campus Recife da Universidade Federal de Pernambuco. O estudo foi realizado através de análises de cenários que envolvem a Geração Distribuída e a Autoprodução de Energia. Os resultados foram avaliados de forma a verificar a melhor maneira da Universidade suprir sua demanda energética.

2. METODOLOGIA

2.1. Modalidades de Geração própria de Energia Elétrica

A partir de 1995, com a implementação da Lei Nº 9074, a figura dos produtores independentes e autoprodutores de energia ficaram regulamentadas no Brasil. Porém, com o surgimento destes novos conceitos no mercado energético, muitas lacunas a respeito do funcionamento logo se tornaram aparentes. Para sanar estas lacunas, em 1996, surgiu o decreto 2003. Este novo decreto surgiu com o intuito de regulamentar regras básicas para a produção de energia elétrica por produtor independente e autoprodutores de energia (Serra, 1999).

A partir do decreto 2003/96, o conceito de Autoprodutor de Energia (APE) ficou definida como: “A pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo” (PLANALTO, 1996). Já a figura dos Produtores Independentes de Energia (PIE) ficou conhecida como: “Pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder

concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco” (PLANALTO, 1996).

Em 2018, com o surgimento da lei 341/2018, os autoprodutores foram permitidos a possuírem contratações de médio/longo prazo sem prejudicar o consumo próprio, permitindo que, caso o consumo de suas unidades superasse o montante de garantia física descomprometida de suas usinas, o agente poderia entregar a energia adquirida de terceiros para honrar seus contratos de venda de energia elétrica. Assim, de acordo com a legislação do setor elétrico, a autoprodução de energia pode ser vista como a exploração de um empreendimento de geração de energia elétrica para atendimento de carga própria, podendo haver a comercialização de excedentes de geração.

A partir do ano de 2004, com o decreto de lei 5.163, o conceito de Geração Distribuída (GD) começou a ser adotado no Brasil. Neste decreto, passa ser considerado geração distribuída como: “A produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição” (PLANALTO, 2004).

Com o passar dos anos, várias outras resoluções referentes a geração distribuída foram homologadas. Com o surgimento das REN 482/12 e REN 517/12, este conceito começou a ganhar uma enorme força no setor elétrico. A REN 482/12 estabeleceu condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e outras providências (ANEEL, 2012). Enquanto isso, a REN 517/12 trouxe o sistema de compensação energética (ANEEL, 2012). Neste sistema de compensação, todos os agentes no Ambiente de Contratação Regulado ao qual possuem energia ativa injetada na rede por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída cedem energia, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente são compensadas no seu consumo de energia elétrica ativa. Para microgeração e minigeração distribuída entendem-se as seguintes definições:

- Microgeração Distribuída: “Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras” (ANEEL, 2015).
- Minigeração Distribuída: “Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras” (ANEEL, 2017).

Com o surgimento do sistema de compensação energética, o número de empresas aderindo à autoprodução de energia elétrica aumenta a cada ano. Impulsionadas pelo desejo de economizar nos gastos de energia e preocupação com a sustentabilidade cada vez mais empresas estão aderindo a sistemas de geração renováveis, como energia solar fotovoltaica e eólica.

2.2. Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é aquela obtida a partir da conversão direta da luz em energia elétrica, fenômeno este possível através do chamado efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico se trata do aparecimento de diferença potencial em um material nos extremos de uma estrutura composta por um material semicondutor após o contato e absorção da. Os Sistemas Fotovoltaicos podem ser classificados em sistemas isolados ou sistemas conectados à rede. A escolha da modalidade de operação vai depender da aplicação e da disponibilidade de recursos energéticos (CRESESB, 2004).

- Sistemas isolados (Off-Grid): Sistemas normalmente instalados onde a rede de distribuição não chega. Nestes casos, o sistema de geração atende uma unidade, ou grupo de unidades ligadas, de maneira isolada da rede de distribuição. Normalmente é necessário a instalação de sistemas de armazenamento da energia excedente gerada para que seja possível sua utilização quando não há incidência de energia solar (Fig. 2a).
- Sistemas conectados à rede (On-Grid): Sistemas de geração de energia conectados diretamente com a rede de distribuição. Através desta conexão o excedente de energia é enviado a rede e nos momentos em que não for possível gerar energia suficiente pode receber energia da mesma (Fig. 2b).

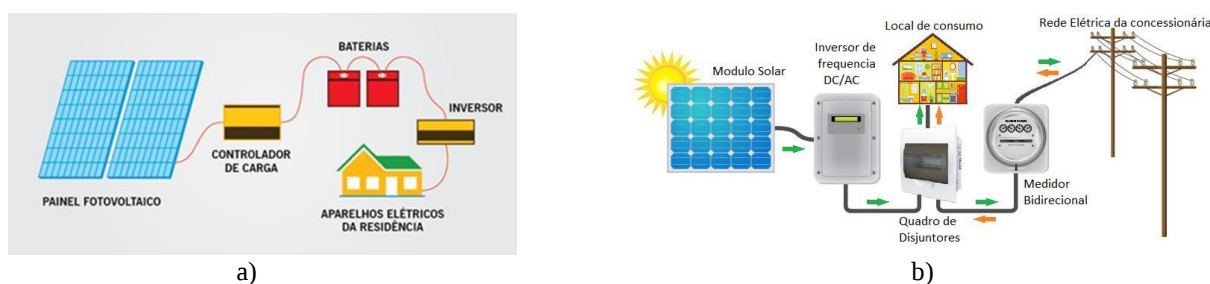


Figura 2. a) Sistema de Geração Isolado Off-Grid; b) Sistema de Geração On-Grid.

2.3. Descrição do Consumidor

A Universidade Federal de Pernambuco-UFPE é uma das maiores instituições de ensino superior do Nordeste. O campus Recife da UFPE conta uma área de 149 hectares que abriga mais 40 prédios. A instituição conta com duas cabines responsáveis por medir o consumo, de forma segmentada, do conjunto de prédios que integram o campus Recife da instituição (Fig. 3).

O atual estudo de cenários para redução de gastos com energia elétrica se concentrará na cabine de medição 1, que contempla os seguintes prédios: Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Laboratório Integrado de Tecnologia de Petróleo e Gás Natural (LITPEG), Museu de Oceanografia, Laboratório RiscTec, Departamento de Engenharia de Produção/CTG, Editora Universitária, Cogencasa, Diretoria de Planos e Projetos, Coordenação da Área II, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Centro de Informática, Niate – CCEN/CTG, Clube Universitário, Núcleo de Educação Física e Desportos, Departamento de Terapia Ocupacional, Departamento de Fisioterapia, Casa do Estudante Universitário e o Núcleo de Assistência ao Idoso. Atualmente, a cabine é atendida no Ambiente de Contratação Regulada pela Neoenergia Pernambuco, através de uma tensão de fornecimento 13.8 kV, no subgrupo tarifário A4. A cabine se encontra com modalidade tarifária Verde com demanda contratada de 2800 kW.

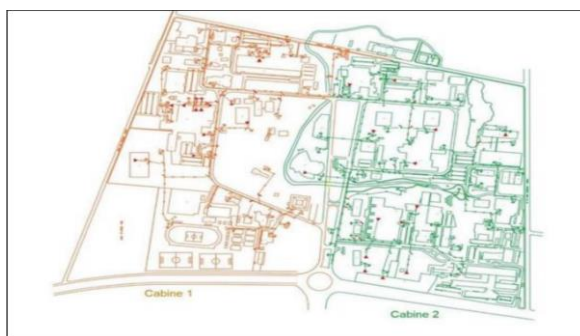


Figura 3. Distribuição do sistema de medição de energia elétrica – UFPE.

Na Tabela 1 são apresentados os dados de demanda registrada, demanda contratada, consumo ponta, consumo fora ponta e energia reativa da instituição no período de 1 ano, de junho 20 a maio/21. Vale destacar que, neste período, a UFPE não estava utilizando o máximo de sua carga devido aos efeitos da pandemia da COVID-19.

Tabela 1. Dados da cabine de medição 1 - UFPE.

Mês de Ref.	Demanda Fora Ponta [kW]	Demanda Contratada [kW]	Consumo Ponta [MWh]	Consumo Fora Ponta [MWh]	UFER ¹ Fora Ponta [MWh]
Jun-2020	1206	2800	59,66	547,93	50,06
Jul-2020	1302	2800	59,85	583,63	45,61
Ago-2020	1303	2800	61,45	582,12	31,16
Set-2020	1409	2800	48,05	649,24	28,81
Out-2020	1583	2800	70,70	715,18	34,52
Nov-2020	1662	2800	83,24	820,68	42,67
Dez-2020	1495	2800	70,16	661,58	49,73
Jan-2021	1682	2800	66,88	694,76	49,06
Fev-2021	1831	2800	67,53	710,05	37,63
Mar-2021	1554	2800	73,81	691,91	34,69
Abr-2021	1590	2800	62,59	671,41	31,92
Mai-2021	2018	2800	65,85	668,30	51,91

¹UFER: Unidade para Faturamento da Energia Reativa Excedente

2.4. Cálculo dos Custos para Aquisição de Energia como gerador

Neste cenário, será estudado a possibilidade de a Universidade adquirir energia através da geração solar fotovoltaica. Para isso, os telhados dos prédios referentes à cabine de medição 1 serão utilizados para alocação de painéis solares afim de suprir a necessidade energética da instituição.

Dois tipos de painéis serão utilizados no estudo de autoprodução de energia, Trina Solar TSM-PD14 320, de 320 W, e Trina Solar TSM-DD15M(II) 415, de 415 W. O módulo TSM-PD14 320 foi escolhido pois é um dos módulos mais empregados nos projetos de Usinas Solares Fotovoltaicas que estão sendo instalados na UFPE (UFPE, 2020). Enquanto que a escolha da outra placa, de 415 W, foi dada pela atratividade do mercado em relação ao custo-benefício que oferece, e também considerando o efeito da variação nas dimensões do módulo, pois módulos de maior potência geralmente tem maiores dimensões, resultando em uma redução da quantidade de placas na mesma área disponível e, portanto, um

incremento na geração por unidade de área não é percebido em ocasiões (Tab. 2). O uso destas placas de diferentes potências também tem como objetivo encontrar um range de capacidade de geração de energia.

Tabela 2. Especificações dos Painéis Solares.

Módulo	Trina Solar TSM-PD14 320	Trina Solar TSM-DD15M(II) 415
Potência [W]	320	415
Comprimento [m]	1,956	2,024
Largura [m]	0,992	1,004

Com ajuda do programa HelioScope, Versão de teste, utilizado comumente para projetos de energia solar, foi determinado montante anual de geração, afim de suprir a demanda energética da cabine de medição 1 (Folsomlabs, 2019). A área dos telhados dos prédios pertencentes a esta cabine de medição foi escolhida para montagem e instalação dos arranjos de painéis solares. A metodologia de cálculo da ferramenta permite calcular a quantidade de placas possíveis a serem alocadas em cada prédio conforme a Eq. (1), que utiliza como base a área disponível em cada telhado, as dimensões dos módulos e a separação entre eles.

$$N_{\text{Painéis}} = \text{Truncar} \left(\frac{C_{\text{Área}}}{C_{\text{Painel}} + EM} \right) \cdot \text{Truncar} \left(\frac{L_{\text{Área}}}{L_{\text{Painel}} + EL} \right) \quad (1)$$

Onde: $N_{\text{Painéis}}$ é o número de painéis a serem instalados em determinada área, $C_{\text{Área}}$ é o comprimento da área disponível para montagem do sistema em metros, C_{Painel} é o comprimento do painel em metros, $L_{\text{Área}}$ é a largura da área disponível para montagem do sistema em metros, L_{Painel} é a largura do painel em metros, EM é o espaçamento entre grupos de painéis ou arranjos em metros e EL é o espaçamento entre colunas de painéis ou arranjos em metros. O termo “Truncar” na Eq. (1) refere-se ao arredondamento do resultado da equação entre parênteses para o número inteiro imediatamente menor que o resultado.

Com o número de painéis calculados, é possível determinar a potência de geração do sistema fotovoltaico, considerando o efeito da temperatura de operação e da irradiação solar na tensão e na corrente dos módulos. Também é importante salientar que existe um ponto ótimo de equilíbrio entre tensão e corrente que garante a máxima potência do painel ou conjunto de painéis fotovoltaicos. Logo, para garantir o máximo desempenho de energia, os inversores possuem uma função para perseguir a condição ideal de geração independente das condições ambiente. Desta forma, a potência máxima fornecida pelo gerador fotovoltaico será calculada com base no método chamado de ponto de máxima potência (MPPT), Eq. (2) abaixo:

$$P_{\text{Máx}} = P_{\text{Painel}} \cdot N_{\text{Painéis}} \cdot \eta_{\text{FV}} \cdot \frac{H_{\text{PG}}}{H_{\text{ref}}} \cdot (1 - \lambda_{\text{MP}} \cdot (T_c - 25)) \quad (2)$$

Onde: $P_{\text{Máx}}$ é a potência máxima de geração em W, P_{Painel} é a potência de um painel em W, $N_{\text{Painéis}}$ é o número de painéis, η_{FV} é o rendimento do sistema, H_{PG} é a irradiação no plano gerador em W/m², H_{ref} é a irradiação de referência de 1000 W/m², λ_{MP} é o coeficiente de temperatura de máxima potência do modulo, e T_c é a temperatura de operação das células em graus Celsius.

A energia gerada, calculada no programa pelas projeções de dados apresentadas, segundo a Eq. (3):

$$\text{GeraçãoTotal}_{\text{Mês}} = \sum_{n=1}^{n=(\text{Dias}_{\text{Mês}} \cdot 24)} P_{\text{hora-n}} \cdot Pt \quad (3)$$

Onde: $P_{\text{hora-n}}$ refere-se à potência de geração na hora n , Pt é o período em horas e igual a 1, e $\text{Dias}_{\text{Mês}}$ é o número de dias no mês.

Com o total de geração calculado, será feita uma comparação entre o montante de energia gerada e consumida. A partir desta comparação, será verificado se é viável instalar 100% da capacidade de geração. Outro ponto a ser levado em consideração para produtores de energia é a necessidade de usar a rede da distribuidora nos momentos em que seu consumo excede sua geração e nos momentos onde sua geração excede o consumo. Para isso, o produtor de energia terá contratos no ambiente livre ou cativo de energia. Quanto a categoria ao qual um produtor se enquadra, caso o mesmo esteja no mercado livre de energia e cumpra as exigências, será enquadrado como Autoprodutor de energia. Se o mesmo estiver no mercado cativo e cumprir as exigências possuirá Geração Distribuída.

No caso de Autoprodutores de energia, a Eq. (4) pode ser utilizada para o cálculo dos custos com energia. Nesta fórmula, o excedente de geração não consumido é vendido no MCP por um preço a combinar.

Já para o caso de consumidor de energia com Geração Distribuída, a aquisição de energia elétrica é semelhante ao mercado cativo. Porém, a energia injetada na rede será utilizada para abater o consumo energético em horários em que houver necessidade de consumo de energia da distribuidora. Vale salientar que, para clientes do grupo A, a energia

injetada será abatida do consumo fora ponta e, se ainda existir sobra de energia injetada, o montante remanescente será multiplicado por um fator de ajuste e abatido do consumo ponta.

$$CE = C_D + C_P \cdot TUSD_P + C_{FP} \cdot TUSD_{FP} + C_{PAPE} \cdot TUSD_{PAPE} + C_{FPAPE} \cdot TUSD_{FPAPE} - Desc_{EI} + (C_P + C_{FP}) \cdot P_{CE} - G_{VE} \cdot P_{VE} \quad (4)$$

Onde: CE é o custo com energia em R\$, C_D é o custo com demanda em R\$, C_P é o consumo ponta da energia que não foi produzida em MWh, $TUSD_P$ é a tarifa pelo uso do sistema de distribuição encargo ponta em R\$/MWh, C_{FP} é o consumo fora ponta da energia que não foi produzida em MWh, $TUSD_{FP}$ é a tarifa pelo uso do sistema de distribuição encargo fora ponta em R\$/MWh, C_{PAPE} é o consumo ponta da energia produzida em MWh, $TUSD_{PAPE}$ é a tarifa do uso do sistema de distribuição Encargo ponta para energia produzida pelo próprio consumidor em R\$/MWh, C_{FPAPE} é o consumo fora ponta da energia produzida em MWh, $TUSD_{FPAPE}$ é a tarifa do uso do sistema de distribuição Encargo fora ponta para energia produzida pelo próprio consumidor em R\$/MWh, $Desc_{EI}$ é o desconto referente ao tipo de energia comprado em R\$, P_{CE} é o preço de compra de energia através do fornecedor de energia livre em R\$/MWh, G_{VE} é a geração de energia que foi comprometida com contratos de venda em MWh e P_{VE} é o preço de venda de energia no mercado livre em R\$/MWh.

Para o cálculo dos custos com Geração Distribuída serão consideradas as seguintes equações:

- Quando a geração excede o consumo fora ponta:

$$CE = C_D + (C_P - G_{Exc} \cdot FA) \cdot TUSD_P + (C_{FP} - G_{Solar}) \cdot TUSD_{FP} \quad (5)$$

- Quando a geração não excede o consumo fora ponta:

$$CE = C_D + C_P \cdot TUSD_P + (C_{FP} - G_{Solar}) \cdot TUSD_{FP} \quad (6)$$

Onde: CE é o custo com energia em R\$, C_D é o custo com demanda em R\$, C_P é o consumo ponta em MWh, $TUSD_P$ é a tarifa do uso do sistema de distribuição Encargo ponta em R\$/MWh, C_{FP} é o consumo fora ponta em MWh, $TUSD_{FP}$ é a tarifa do uso do sistema de distribuição fora ponta em R\$/MWh, G_{Solar} geração até o consumo fora ponta em MWh, G_{Exc} é a geração excedente ao consumo fora ponta e FA é o fator do ajuste para o crédito GD ponta.

2.5. Análises Financeiras dos Cenários Energéticos

Após as análises energéticas, um estudo considerando fatores financeiros permitirá auxiliar à Universidade na escolha da opção de aquisição de energia mais atraente. Para isso, serão aplicados indicadores de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e cálculo do tempo de retorno do investimento (Payback).

O Valor Presente Líquido (VPL), é um indicador utilizado para medir a viabilidade econômica de um projeto a partir de seu fluxo de caixa, ou seja, a partir de seus custos de implantação e seu rendimento dentro de um determinado período. Caso o valor do VPL seja positivo ao final do tempo determinado significa que o projeto é viável e atingiu seu retorno mínimo (de Campos et al., 2019). Já nos casos onde o VPL é menor que zero, isso significa que o projeto não é viável. Para o cálculo do VPL a Eq. (7) deve ser utilizada:

$$VPL = -I_0 + \sum_{j=1}^n \left(\frac{FC_j}{(1+i)^j} \right) \quad (7)$$

Onde: VPL é o valor presente líquido em R\$, I_0 é o valor do investimento inicial em R\$, FC_j é o fluxo de caixa referente ao período j em R\$, i é a taxa de desconto em %, e j é o período do estudo em anos (de Campos et al., 2019). Para aplicação da taxa de desconto para aplicação do VPL será considerada a taxa de 5,25% ao ano, valor com base na taxa Selic definida 04 de agosto/21 (Máximo, 2021)..

O Payback é definido como o tempo de retorno desde o investimento inicial até o momento em que os lucros ou a economia gerada a partir do projeto seja equivalente ao valor do investimento.

$$Payback = \frac{I_0}{FC} \quad (8)$$

A Taxa Interna de Retorno (TIR), é definida como a taxa de desconto que faz com que o VPL de um projeto seja igual a zero. Logo, este indicador é utilizado para identificar o percentual de retorno em um investimento (de Campos et al., 2019). Para analisar a viabilidade do projeto a TIR deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), definida pela empresa ou instituição que pretende realizar o projeto. Para o cálculo da TIR é usada a Eq. (9):

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \left(\frac{FC_j}{(1+TIR)^j} \right) \quad (9)$$

Onde: TIR é a Taxa Interna de Retorno em %, I_0 é o investimento inicial do projeto em R\$, FC_j é o fluxo de caixa referente ao período j em R\$, e j é o período em anos. A Taxa Interna de Retorno será considerada a taxa Selic de 5,25% a.a.

3. RESULTADOS

3.1. Capacidade de Geração – Cabine de Medição 1 da UFPE

Para a estimação da capacidade de geração foram consideradas áreas livres dos telhados referentes aos prédios que compõem o consumo da cabine de medição 1 da UFPE. Usando o software HelioScope, Versão de Teste, foi modelada a instalação nas áreas disponíveis dos dois modelos de placas diferentes, Trina Solar TSM-PD14 320 e Trina Solar TSM-DD15M(II) 415. A Fig. 4 mostra a distribuição dos arranjos solares nos telhados de uma das unidades consumidoras dentro da cabine de medição 1, considerando as alturas dos prédios e a influência das árvores no sombreamento dos módulos.

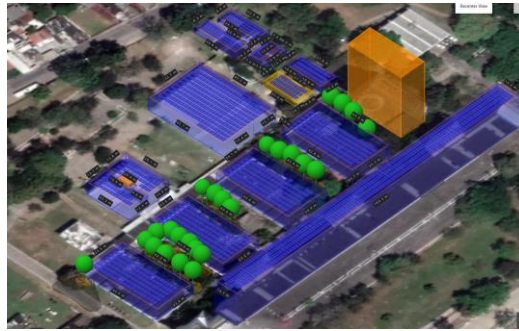


Figura 4. Distribuição dos arranjos solares nos telhados.

A partir destas configurações, foi possível simular a geração mensal e anual considerando os dois tipos de painéis estudados. As figuras 5a) e 5b) apresentam os resultados detalhados das simulações dos módulos Trina Solar TSM-PD14 320 e Trina Solar TSM-DD15M(II) 415 respectivamente, tais como Geração Anual, Relação de Performance, Distribuição Mensal da Geração, Distribuição das Perdas do Sistema, Irradiação Global Horizontal, Irradiação Total no plano do modulo levando em consideração os ângulos de inclinação e azimute, efeitos de sombreamento, entre outras.

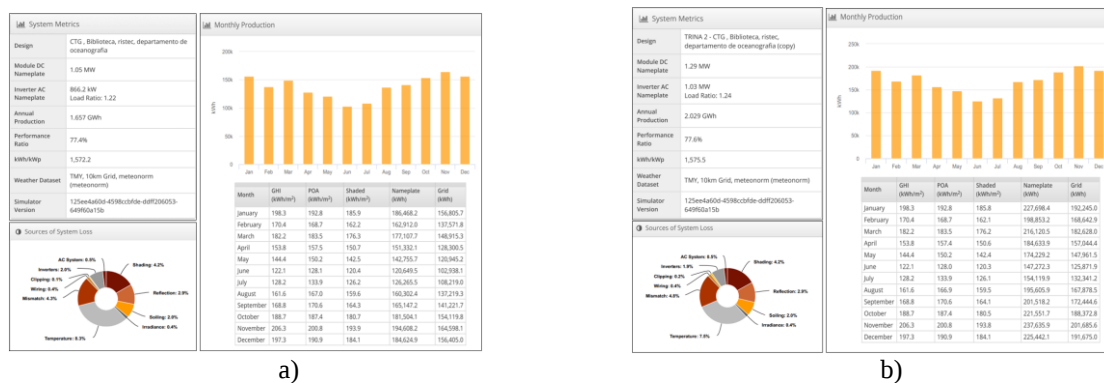


Figura 5. Resultados das simulações a) Módulo Trina Solar TSM-PD14 320 de 320 W; b) Módulo Trina Solar TSM-DD15M(II) 415 de 415W.

A geração de energia elétrica anual, considerando o módulo Trina Solar TSM-DD15M(II) 415 (Fig. 5b) foi superior em até 22,45% quando comparada com a geração elétrica considerando a placa Trina Solar TSM-PD14 320. O que torna o módulo de maior potência uma escolha mais atraente, pois o espaço disponível atende o aumento nas dimensões do módulo, permitindo aproveitar o máximo da geração possível.

Finalmente, conforme pode ser notado na Tab. (3), o somatório das capacidades de geração dos prédios analisados durante o período de 1 ano pode variar entre 5,9 GWh a 7,3GWh para modelos de placas de 320 W a 415 W

respectivamente. Com base nos resultados obtidos, o módulo maior potência (415 W) permite instalar uma capacidade de geração anual maior que o módulo de 320 W, em até 23%, sendo estabelecido, desta forma, o range de geração entre estes módulos.

Tabela 3. Geração Total Anual cabine de medição 1 - UFPE.

Modelo do Pannel	CTG e afins [MWh]	NIATE CTG e afins [MWh]	Área 2 e afins [MWh]	Ed. Física e afins [MWh]	Cogencasa e afins [MWh]	TOTAL [MWh]
TSM-PD14 320	1.657,0	486,0	1.680,0	1.660,0	421,0	5.904,0
TSM-DD15M 415	2.029,0	604,2	2.082,0	2.027,0	523,0	7.265,2

Portanto, com base nos resultados obtidos, as análises de Geração Distribuída e Autoprodução levarão em consideração a capacidade estimada de geração considerando o módulo TSM-DD15M(II) 415.

3.2. Comparativo entre Potencial de Geração e Consumo – Cabine de Medição 1 da UFPE

Realizando um comparativo entre o consumo da instituição e capacidade de geração dos prédios estudados (Tab. 4), é possível verificar que a capacidade de geração apresentada não é suficiente para suprir todo o consumo da cabine de medição 1 da UFPE. Portanto, é considerada a celebração de um contrato firme de aquisição de energia elétrica com objetivo de compensar a diferença entre o consumo e a geração. Com base nesses valores, é possível determinar os créditos de compensação de fatura de energia a partir de Geração Distribuída, mês a mês, a serem utilizados no consumo.

Tabela 4. Comparativo entre consumo e geração projetada cabine de medição 1 - UFPE.

Mês de Ref.	Consumo Total [MWh]	Geração TSM-DD15M 415 [MWh]	Crédito Fora Ponta [MWh]	Sobra de Energia [MWh]	Fator de Conversão [-]	Crédito Ponta [MWh]
Jun-2020	607,59	456,24	547,93	-91,69	0,61	0,0
Jul-2020	643,48	478,80	583,63	-104,83	0,61	0,00
Ago-2020	643,57	601,66	582,12	19,54	0,61	12,00
Set-2020	697,29	614,72	649,24	-34,52	0,61	0,00
Out-2020	785,88	672,00	715,18	-43,18	0,61	0,00
Nov-2020	903,92	720,22	820,68	-100,46	0,61	0,00
Dez-2020	731,74	684,79	661,58	23,21	0,61	14,20
Jan-2021	761,64	687,31	694,76	-7,45	0,61	0,00
Fev-2021	777,58	602,81	710,05	-107,24	0,61	0,00
Mar-2021	765,72	651,68	691,91	-40,23	0,61	0,00
Abr-2021	734,00	561,95	671,41	-109,46	0,61	0,00
Mai-2021	734,15	533,45	668,30	-134,85	0,61	0,00

3.3. Custos Anuais com Modalidade de Geração – Cabine de Medição 1 da UFPE

A partir dos valores de consumo, de geração e de crédito a ser abatido mensalmente no consumo ponta, e com base nas Eq. (6) e (7) são calculados os custos mensais com energia elétrica, utilizando a modalidade de Geração Distribuída para atender parte do consumo da cabine de medição 1 da UFPE.

Para as análises na modalidade de Autoprodução de Energia será considerada a Eq. (5), e que a Universidade possui um contrato firme de energia junto a um gerador ou comercializador afim de suprir seu consumo energético acima da capacidade de geração. Este contrato terá característica de incentivado 50% com os mesmos parâmetros usados na simulação de compra de energia no mercado livre. Levando em consideração que a geração de energia ocorrerá no mesmo ponto da carga, apenas será paga a tarifa TUSD sobre a energia não gerada e pela energia consumida em horário diferente do consumo. Por isso, foi considerado que um quinto da energia fora ponta da instituição é consumida no horário noturno.

Conforme observado na Tabela 5, o menor custo mensal apresentado é referente a aquisição de energia através de Autoprodução de Energia podendo chegar a uma economia de até 82% em relação aos custos atuais mediante compra de energia no mercado regulado.

Tabela 5. Comparativo de Custos Anuais dos Cenários Estudados.

Nº	Cenário	TOTAL [R\$]	Redução do Custo [%]
1	Custo Anual Atual	4.572.166,43	0,00
2	Custo Anual com Autoprodução 13,8 kV	1.156.402,30	-74,71%
3	Custo Anual com Autoprodução 69 kV	818.745,06	-82,09%
4	Custo Anual com Geração Distribuída 13,8 kV	1.934.263,56	-57,69%
5	Custo Anual com Geração Distribuída 69 kV	1.354.969,69	-70,36%

É importante destacar que os resultados apresentados na Tabela 5 levam apenas em consideração a redução de custos mensais. Porém, para a implementação de algumas destas alternativas, existem custos associados a aquisição e instalação de equipamentos. Por isso, a análise de viabilidade financeira considera os custos de aquisição e os custos mensais calculados acima.

3.4. Análise de Viabilidade Financeira

Para estimar a viabilidade financeira da adoção dos cenários de consumo de energia apresentados, foram levados em consideração os custos vigentes no momento das análises, ou seja, custos no mercado cativo em 13,8 kV com modalidade tarifária verde.

Para os cenários de migração para o mercado livre de energia, um custo de investimento total de R\$ 26.700,00 será utilizado. Este cálculo leva em consideração o custo de adesão da CCEE em janeiro de 2021 de R\$ 6.707,00 e o custo de R\$ 20.000,00 referente a adequações do sistema de medição para faturamento (SMF) visto que, comumente adequações de SMF do subgrupo A4 não ultrapassam esse valor (Frade, 2015). Vale destacar que o custo CCEE mencionado acima é referente a adesão, o custo desconsiderado no cálculo dos custos mensais são os associados a valores que variam mensalmente como liquidação financeira, contribuição associativa e energia reserva.

Para os cálculos de geração de energia foi utilizado um custo de R\$4.000/kW totalizando R\$ 18,36 milhões de custo para instalação de usina com 4.590 MW. Este valor foi utilizado com base nos custos estimados da Demape Energias Renováveis (2017). Com base na estimativa gerada pelo simulador de orçamento do site ANEEL, o custo estimado para construção de subestação em 69 kV é de R \$9.968.427,42 (Lopes, 2021). Segue a Tab. 6 com os resultados das análises financeiras para as diversas formas de aquisição de energia considerando um período de VPL e TIR de 10 anos.

Tabela 6. Resultados das análises financeiras.

Análise	69 kV Cativo	Autoprodução 13,8 kV	Autoprodução 69 kV	Geração Distribuída 13,8 kV	Geração Distribuída 69 kV
VPL [R\$]	-4.039.076,37	5.963.036,20	-1.429.458,03	55.556,72	-5.493.530,20
TIR [%]	-4,29	11,53	4,19	5,31	1,01
Payback [Anos]	12,83	5,76	8,03	7,61	9,46

Conforme pode ser observado, o projeto que apresenta maior taxa de retorno e menor tempo de payback é a migração para o mercado livre de energia se mantendo na tensão de 13,8 kV. Por fim, é importante ressaltar que, apesar do valor relativamente alto de Payback, a geração de energia elétrica se apresenta como uma boa forma de adquirir energia a longo prazo devido não apenas ao apelo ambiental como também ao potencial altíssimo de redução de custos.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo apresentar uma visão sobre métodos alternativos para aquisição de energia elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco e identificar, através de estudos com base em resoluções normativas e outros trabalhos, a possibilidade de redução de custos com energéticos para a UFPE. O estudo se concentrou nos métodos de adquirir energia pela geração elétrica através de sistemas solares fotovoltaicos instalados nos telhados de alguns prédios da UFPE.

Com a ajuda da versão de teste do software HelioScope e das resoluções normativas, foi possível perceber que, tanto no âmbito da Geração Distribuída quanto na Autoprodução de Energia, a redução de custos energéticos é considerável, sendo o custo da aquisição e instalação do sistema o fator diferencial para a viabilidade dos projetos.

Embora a área disponível nos telhados dos prédios atendidos pela cabine de medição 1 do campus Recife da UFPE não consiga atender um potencial de geração que permita abater o 100% do consumo de energia elétrica desta cabine, a compensação do consumo permite considerar energética, econômica e financeiramente este tipo de cenário, principalmente se considerada uma modalidade de geração de Autoprodução de Energia, mediante a correspondente migração para o Mercado Livre de Energia da instituição.

Logo, com base nos resultados obtidos, a geração fotovoltaica pode ser uma alternativa de economia para todos aqueles que não se enquadram nos requisitos para entrar no Ambiente de Contratação Livre e para aqueles consumidores que desejem produzir sua própria energia elétrica ficando independentes de preços regulados ou de mercado. Além disso, com o avanço da tecnologia, existe uma tendência de redução dos custos de instalação de usinas fotovoltaicas no futuro, o que pode gerar um aumento na quantidade de empresas e instituições com este sistema a longo prazo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFPE pela contribuição com os dados relacionados com o consumo de energia elétrica da Cabine de Medição 1 e à CAPES pela bolsa de doutorado concedidas ao segundo autor. Adicionalmente, o terceiro autor agradece ao CNPq pela bolsa Produtividade (Proc.315265/2020-5).

6. REFERÊNCIAS

- ANEEL. (2012). *Resolução Normativa ANEEL nº 517, de 11 de Dezembro de 2012*. <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>
- ANEEL. (2015). Resolução Normativa Nº 687, de 24 de Novembro de 2015. In *Agência Nacional De Energia Elétrica - ANEEL*.
- ANEEL. (2017). *Resolução Normativa Nº 786, de 17 de Outubro de 2017*. https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19373431/do1-2017-10-25-resolucao-normativa-n-786-de-17-de-outubro-de-2017-19373375
- Batista, F. R. S., Rodrigues, A. de F., de Melo, A. C. G., Guimarães, A. P. C., Ramos, M. da R., & Maia, D. N. (2019). Análise de viabilidade econômica de projetos solares fotovoltaicos considerando os riscos não sistemáticos dos empreendimentos desenvolvidos no Brasil. *XXV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, 1–10. <http://www.bvr.com.br/snp tee/xxvsnp tee/public/GES/3762.pdf>
- CRESESB. (2004). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltáicos* (PRC-PRODEE).
- da Silva, W. (2018). Estudo de Caso de um Projeto Fotovoltaico Integrado à Edificação [Universidade Federal da Paraíba]. In *Universidade Federal da Paraíba*. http://www.cear.ufpb.br/arquivos/cgee/TCC/TCC_-_Wisley_da_Silva_Bastos_-_Versão_Final.pdf
- de Campos, D., Conter, T. F., Leite, R., & Frantz, C. A. (2019). Análise Da Viabilidade Econômico-Financeira Da Implantação De Energia Solar Fotovoltaica No Hotel Praiano (Tapes/Rs). *Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - XXI ENGEMA*, 1–12. <http://engemasp.submissao.com.br/21/anais/arquivos/214.pdf>
- de Souza, J. L., Cavalcante, M. M., Machado, R., Ribeiro, M., de Mello, D. B., & Carvalho, M. (2018). Análise do crescimento da Geração Distribuída: Estudo de Caso do Brasil com ênfase no Estado de Minas Gerais. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 10(1), Páginas 169-183. https://www.researchgate.net/publication/325103392_Analise_do_crescimento_da_geracao_distribuida_Estudo_d_e_caso_do_Brasil_com_enfase_no_estado_de_Minas_Gerais
- DEMAPE. (2017). *Quanto custa para instalar um sistema de energia solar fotovoltaica*. Demape - Energias Renováveis. <https://demaperenovaveis.com.br/quanto-custa-para-instalar-um-sistema-de-energia-solar-fotovoltaica/>
- EPE. (2021). Balanço Energético Nacional 2021. In *Empresa de Pesquisa Energética - EPE*. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>
- FIRJAN. (2017). Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil? *Sistema FIRJAN - Pesquisas e Estudos Socioeconômicos*, 7. <http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/quanto-custa-a-energia-eletrica.htm>
- Folsomlabs. (2019). *HelioScope: Advanced Solar Design Software*. <https://www.helioscope.com/>
- Frade, R. (2015). *Estudo da viabilidade financeira de consumidores cativos para o Mercado Livre Incentivado* [Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais]. https://www2.dee.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2015_2_RFFonseca.pdf
- IAB. (2020). Evolução das Tarifas de Energia Elétrica. In *Instituto Acende Brasil*. <http://www.abrenergias.com.br/index.php/noticias/item/13-evolucao-das-tarifas-de-energia-eletrica>
- Joyce, A., & Moosdorf, K. (2020). Comparação de diferentes conceitos de Consumidor/Produtor, Fotovoltaico, com armazenamento, usando um modelo de integração na rede. *XVII Congreso Ibérico y XIII Congreso Iberoamericano de Energía Solar - CIES 2020*, 1–8. <https://doi.org/10.34637/cies2020.1.2051>
- Lillo-Sánchez, L., López-Lara, G., Vera-Medina, J., Pérez-Aparicio, E., & Lillo-Bravo, I. (2021). Degradation analysis of photovoltaic modules after operating for 22 years. A case study with comparisons. *Solar Energy*, 222(February), 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.04.026>
- Lopes, V. (2021). *ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE CENÁRIOS DO MERCADO DE ENERGIA APLICADOS AO CAMPUS RECIFE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO*. UFPE.
- Máximo, W. (2021). *Copom eleva juros básicos da economia para 5,25% ao ano Agência Brasil*. Empresa Brasil de Comunicação. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-08/copom-eleva-juros-basicos-da-economia-para-525-ao-ano>
- Midea, L. G., Galvão, L. C. R., & Prado Jr, F. A. A. (2009). Análise Econômica Financeira comparativa da autoprodução direta ou conectada no SIN – Um Estudo de Caso. *Revista Brasileira de Energia*, 15(11), 33–57. http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v15n02/v15n02a2.pdf
- Pereira, E., Martins, F., Gonçalves, A., Costa, R., Lima, F., Rüther, R., Abreu, S., Tiepolo, G., Pereira, S., & Souza, J. (2017). Atlas brasileiro de energia solar. In *INPE* (2nd ed.). <https://doi.org/10.34024/978851700089>
- Pereira, J. D. F., Neto, P. B. L., Saavedra, O. R., Torres, A. R., & Dias, F. J. S. (2018). Operação econômica de um sistema de Autoprodução de Energia baseada em correntes de maré considerando sistema de armazenamento. *XXII Congresso Brasileiro de Automática*, 1–8. <https://doi.org/10.20906/CPS/CBA2018-1239>
- PLANALTO. (1996). *Decreto Nº 2.003, de 10 de Setembro de 1996*. PLANALTO. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2003.htm
- PLANALTO. (2004). *Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004*. PLANALTO. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM

- Rosas, M. A., Fontes, F. B., Arrais de Miranda, M. C., & Torres, E. A. (2019). Solar Photovoltaic Distributed Generation in Brazil: The Case of Resolution 482/2012. *Energy Procedia*, 159, 484–490. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.036>
- Sardinha, R. (2018). *Energia Solar: O Desenvolvimento De Um Novo Mercado*. Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Serra, L. F. (1999). *O Papel dos Produtores Independentes de Energia e do mercado atacadista de energia no novo mercado energético brasileiro* [Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro]. http://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Luis_Felipe_Serra_Nogueira_de_Paula.pdf
- Silva, A. A. C., Oliveira Filho, O. D. Q. de, Araújo, A. M., Silva, C. O. G. da, Ferreira, C. R., Andrade, L. I. de, & Arruda Filho, P. H. C. de. (2020). Análise Das Atuais Políticas De Incentivo À Mini E Microgeração Distribuída E Da Certificação De Aerogeradores De Pequeno Porte No Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 52217–52235. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-755>
- Silva, H. H., & Silva, A. L. (2016). Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo De Caso Para Consumidores Residenciais De Salvador - Ba. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 5(1), 164–180. <https://doi.org/10.5380/rber.v5i1.45270>
- Toreti, L., Arns, G., & Rambo, C. R. (2019). Brazilian Journals of Business. *Journal of Business*, 1(3), 1252–1268.
- UFPE. (2020). *UFPE inicia implantação do sistema de geração de energia a partir da matriz solar para seus campi*. ASCOM - UFPE. https://www.ufpe.br/agencia/noticias/-/asset_publisher/dlhi8nsrz4hK/content/ufpe-inicia-implantacao-do-sistema-de-geracao-de-energia-a-partir-da-matriz-solar-para-seus-campi/40615
- Xavier, N. (2019). *Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica o Brasil: Geração Distribuída vs Geração Centralizada*. Instituto de Ciência e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

TECHNICAL, ECONOMIC AND FINANCIAL FEASIBILITY ANALYSIS OF SOLAR PHOTOVOLTAIC GENERATION SCENARIOS APPLIED TO THE RECIFE CAMPUS OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Vinícius Lopes, vinicius_lopes5@hotmail.com¹
Daniel Rodríguez, danivd1188@gmail.com¹
Jorge R. Henríquez, jorge.guerrero@ufpe.br¹

¹Federal University of Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil

Abstract. The energy demand of a population is directly related to its social, economic and technological development and its quality of life, including its demographic growth. Over the years, as a society evolves, an increase in energy consumption and diversification of the energy matrix is expected. With the increase in consumption and costs with electricity through the years, discussions regarding the use of this resource are becoming more and more frequent in the various sectors of industry and public and private services that consume this energy vector. But each energy model depends on the availability, the costs, and the relationship with the environment for the acquisition of the energy primary source. In the case of the Brazilian Northeast, the solar potential stands out as one of the promising generation alternatives to attend the electric energy consumption increment in the region. As well as contributing to the reduction of the consumers' electricity costs. Federal University of Pernambuco - UFPE, is one of the largest higher education institutions in the Northeast. It has two cabins to measure the consumption of several buildings. This study evaluates different electricity purchasing options through solar photovoltaic generation at UFPE. The comparative analyses of these scenarios are carried out based on electric energy consumption data collected from energy bills. The data were collected in the period from June 2020 to May 2021 in measurement Cabine 1 of the university' Recife Campus. This cabin is responsible for measuring the consumption of buildings such as the Center for Technology and Geosciences, Area 2, the Petroleum and Energy Research Institute, among others. Precisely, the roofs of these buildings are used for the allocation of solar panels in order to supply the energy needs of the institution. Considering in the analysis different generation modalities, types of panels and supply voltage. The results obtained in both distributed generation and self-production of energy present a considerable reduction in energy costs, with the cost of acquisition and installation of the system being the differential factor for the viability of the projects. But the viability of the projects is also influenced by the costs associated with the construction of electrical substations in order to take advantage of the economic gain due to the reduction of energy tariffs.

Keywords. solar photovoltaic energy, distributed generation, energy self-production, energy tariffs, energy cost reduction