

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODOLFO ALMEIDA SACOMAN

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

LONDRINA

2023

RODOLFO ALMEIDA SACOMAN

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Relatório técnico apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de MBA Gestão Estratégica em Energias Naturais e Renováveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Lucieli Rossi

LONDRINA

2023

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Rodolfo Almeida Sacoman

RESUMO

Há muito tempo os gastos com energia elétrica compõem uma boa parte das despesas fixas de todas as famílias e empresas, mas hoje em dia pode-se reduzir esse custo com a instalação de um sistema de geração própria. A oportunidade de produzir a própria energia e diminuir os gastos com a fatura tem se mostrado um investimento promissor, ao passo que o valor do investimento retorna na forma de economia na conta de luz, mesmo no caso de um financiamento, onde a parcela muitas vezes se equivale ao valor que era gasto mensalmente com a fatura, acrescentando a vantagem que após o período previsto de *payback* o investimento estará pago e essa redução de gasto proporcionará uma efetiva economia. O presente estudo analisa a oportunidade de instalação de geração fotovoltaica em um condomínio residencial horizontal, tendo como objetivo produzir a energia necessária para compensar os gastos com as instalações internas e áreas de uso comum do condomínio, e delimita os principais pontos de análise de projeto, como área disponível, tipo e quantidade de módulos fotovoltaicos e inversores de frequência, e os gastos previstos para a instalação, identificando os parâmetros de viabilidade técnica e econômica, incluindo o tempo previsto de *payback* do investimento. Os resultados demonstram que, para o caso em estudo, o investimento necessário estimado em R\$216.419,64 obteria o retorno em cerca de seis anos, considerando como custo de capital a taxa básica de juros (SELIC em DEZ/2022) de 13,75% ao ano .

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Condomínio. Viabilidade Econômica. Viabilidade Técnica. Geração Distribuída.

ABSTRACT

Spending on electricity has long made up a large part of the fixed expenses of all families and companies, but nowadays this cost can be reduced by installing a self-generating system. The opportunity to produce one's own energy and reduce billing expenses has proven to be a promising investment, while the investment value returns in the form of savings on the electricity bill, even in the case of financing, where the installment often is equivalent to the amount that was spent monthly on the invoice, adding the advantage that after the expected payback period, the investment will be paid and this reduction in spending will provide effective savings. The present study analyzes the opportunity of installing photovoltaic generation in a horizontal residential condominium, with the objective of producing the necessary energy to compensate the expenses with the internal installations and areas of common use of the condominium, delimits the main points of analysis of the project, such as available area, type and quantity of photovoltaic modules and frequency inverters,

and estimated costs for installation, identifying technical and economic feasibility parameters, including expected payback time for the investment. The results show that, for the case under study, the necessary investment estimated at R\$216,419.64 would obtain a return in about six years, considering the basic interest rate (SELIC in DEC/2022) of 13.75 % as the capital cost per year .

Keywords: Photovoltaics. Condominium. Economic viability. Technical viability. Distributed generation.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	7
2.1.1 APONTAMENTO E INCLINAÇÃO	8
2.1.2 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA <i>OFF-GRID</i> , <i>ON-GRID</i> E HÍBRIDO	9
2.2 MICRO GERAÇÃO DISTRIBUIDA.....	11
2.3 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	12
2.4 A LEI 14.300 DE JANEIRO DE 2022	12
2.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	12
2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA	13
2.6.1 VPL.....	13
2.6.2 TIR.....	14
2.6.3 TMA.....	14
2.6.4 <i>PAYBACK</i> DESCONTADO	14
2.6.5 CUSTO DE OPORTUNIDADE	15
2.7 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL.....	15
3 OBJETIVOS	16
4 JUSTIFICATIVA	16
5 METODOLOGIA	16
5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS	16
5.2 CAPACIDADE DE GERAÇÃO E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS	17
5.3 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO	17
5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	18
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6.1 DADOS LEVANTADOS.....	18
6.1.1 CONSUMO E ENTRADAS DE SERVIÇO.....	18
6.1.2 ÁREA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO DA CAPTAÇÃO SOLAR	20
6.1.3 ESTUDO DO POTENCIAL DE IRRADIAÇÃO LOCAL.....	21
6.1.4 LEVANTAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E USO DE ENERGIA.....	21
6.2 CÁLCULO DA GERAÇÃO E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS.....	22
6.3 MODELAGEM, ÁREA NECESSÁRIA E LOCAL DE INSTALAÇÃO.....	23
6.4 CUSTO DO PROJETO.....	24

6.5 VIABILIDADE ECONÔMICA	24
6.6 INSCRIÇÃO NO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	25
7 CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de produção de energia sustentável se tornou um fator primordial para a sociedade, pois hoje tudo que se pensa dentro das necessidades básicas da vida moderna utiliza alguma forma de energia. Nesse contexto a energia elétrica se destacou por diversas razões, entre elas a boa capacidade de transmissão, possibilidade de armazenamento, diferentes formas de geração a partir de fontes renováveis e as diversas possibilidades de uso final, podendo inclusive substituir boa parte da necessidade de uso dos combustíveis fósseis, substituição essa que está sendo chamada de transição energética.

A possibilidade de instalação da geração própria de energia evidencia a capacidade do consumidor se posicionar de uma forma diferenciada na relação com a empresa de distribuição de energia, de modo que ele pode decidir o que é mais vantajoso economicamente, se decide comprar a energia da rede ou se opta por investir e instalar um sistema de geração própria e reduzir despesa com a fatura de energia. Por diversos fatores, dentre eles a queda nos preços dos equipamentos, atualmente a geração própria usando a energia solar fotovoltaica tem se mostrado uma opção que agrega economicidade e sustentabilidade.

Alguns dos fatores que potencializam a viabilidade de um projeto de instalação de geração fotovoltaica são: a disponibilidade de área para instalação das placas aliada a um consumo de energia relativamente alto e a capacidade de investir ou buscar financiamentos, assim, projetos dessa natureza se adaptam bem para instalação em condomínios residenciais horizontais, propiciando aos moradores a redução nos gastos com a energia utilizada nas áreas comuns além da possibilidade de abatimento de créditos excedentes de geração nas contas individuais das residências.

O presente estudo foi realizado em um condomínio, na cidade de Londrina, no norte do estado do Paraná, e tem como foco o projeto de geração fotovoltaica para compensar o consumo dos equipamentos e das áreas comuns do condomínio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Pinho e Galdino (2014) o Sol é em última instância, responsável por praticamente todas as outras fontes de energia da Terra.

Indiretamente, uma vez que é através de sua energia que ocorre o ciclo das águas que irá abastecer os reservatórios das usinas hidrelétricas, é pelo balanço da

interação da radiação solar com as diferentes latitudes que se formam os ventos, até mesmo o carvão, petróleo, gás natural e biomassas foram gerados a partir de resíduos de animais e plantas que originalmente utilizaram a energia proveniente do sol para seu crescimento.

E diretamente, através de duas grandes vertentes, quais são: a solar térmica e a solar fotovoltaica.

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O efeito fotovoltaico foi observado cientificamente pela primeira vez em 1839, por um cientista francês chamado Edmond Becquerel, ele observou o aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica decorrente da absorção de luz. Durante anos esse efeito foi sendo testado e melhorado. No entanto a produção industrial de tecnologia eletrônica baseada no efeito fotovoltaico se iniciou apenas a partir de 1956, com o uso de um dispositivo feito com um material semicondutor, que se constituiu como base desse processo tecnológico, e é conhecido como célula fotovoltaica (PINHO;GALDINO,2014)

Hoje as células fotovoltaicas são feitas com base no material semicondutor silício, segundo Nascimento (2004) o silício é o segundo elemento mais abundante no planeta.

O uso desse semicondutor na eletrônica já é consolidado e isso o tornou também o material mais usado para as placas fotovoltaicas.

Atualmente existem diversos estudos em relação a diferentes tipos de material para uso na geração fotovoltaica, no entanto segundo o IEEE (2014) o silício cristalino corresponde a 90% do mercado de painéis fotovoltaicos.

Nascimento (2014) define dois conceitos importantes. Primeiro que o fluxo de elétrons está relacionado com a intensidade de luz incidente, dessa forma fica claro que a geração de energia fotovoltaica na célula será proporcional à quantidade de radiação solar que receber, e o segundo, que a célula não armazena energia, ou seja, a energia gerada deve ser utilizada instantaneamente ou armazenada em baterias, enquanto a luz estiver incidindo sobre a célula.

Os três principais tipos de painéis solares e suas características principais estão descritos na QUADRO 1.

QUADRO 1 – Principais tipos de painéis solares e suas características

Tipo de Painel	Material	Eficiência	Custo	Aparência
Monocristalino	Cristal de silício simples e puro	Em torno de 18% ou um pouco mais	Mais alto que os outros 2	Rígido, células pretas ou azuis com cantos arredondados
Policristalino	Fragmentos de silício	15 - 17%	Médio	Rígido, células azuis retangulares
Filme fino	Vários (Ex. Silício amorfo, Arseneto de Gálio, etc)	11% - pode atingir até 15%	Mais baixo que os outros 2	Maleável, preto ou azul uniforme.

Fonte: Adaptado de SOLARMAGAZINE (2023)

Existem novas tecnologias sendo desenvolvidas como, por exemplo: tecnologia solar bifacial, solar fotovoltaica concentrada (CPV), telhas solares, painéis solares transparentes (SOLARMAGAZINE), porém o foco desse estudo está no uso de tecnologias já consolidadas.

2.1.1 APONTAMENTO E INCLINAÇÃO

Dois fatores importantes que influenciam a eficiência de geração do sistema fotovoltaico são: a inclinação e o apontamento geográfico dos painéis solares.

Em geral, de acordo com Pinho e Galdino (2014), os módulos devem estar com sua orientação apontada no sentido do equador. Sendo assim, para locais que estejam no hemisfério sul, por exemplo o Brasil, o apontamento deve ser para o norte verdadeiro, e caso contrário, se estiverem no hemisfério norte o apontamento deve ser para o sul verdadeiro, que são os respectivamente os pontos ao norte e ao sul do eixo de rotação da Terra. Dessa forma receberão maior irradiação ao longo de um dia, na média anual.

Para determinar a posição do norte verdadeiro atualmente é mais prática a utilização de um mapa geográfico local com um ponto de referência definido ou um GPS. Para determinar o norte verdadeiro utilizando uma bússola deve-se efetuar a correção do referencial magnético, devido ao fato que a direção mostrada refere-se ao norte magnético do planeta, e pode não coincidir exatamente com o norte geográfico.

Pinho e Galdino (2014) acrescentam que para a geração máxima ao longo do período de um ano, a inclinação dos módulos fotovoltaicos deve ser igual a latitude do local, podendo haver variações em torno de 10° sem perdas significativas.

Zomer et. al. (2012) ressaltam que apesar de o apontamento e inclinação ideal fornecerem a maior eficiência, certas instalações para atender princípios estéticos e arquitetônicos podem ter uma boa aplicabilidade mesmo estando fora desses parâmetros, tendo em seu estudo apresentado uma diferença negativa de geração em torno de 15% em relação a um mesmo sistema instalado em condições ideais de apontamento e inclinação.

2.1.2 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA *OFF-GRID*, *ON-GRID* E HÍBRIDO

O uso da energia fotovoltaica pode ser dividido em dois sistemas principais de funcionamento distintos: sistemas isolados (*off grid*) e sistemas conectados à rede (*on grid*). Além desses, recentemente foi regulamentada a utilização de um sistema híbrido, onde são instaladas as duas modalidades de uso da geração.

2.1.2.1 *OFF GRID*

O sistema conhecido como *off grid* ou sistema isolado, é aquele em que a energia proveniente da geração dos painéis solares não tem conexão com a rede de distribuição, ou seja, a energia gerada é consumida instantaneamente ou armazenada em um sistema de baterias, é um sistema de circuito fechado.

2.1.2.2 *ON GRID*

Com a evolução da tecnologia e regulamentação do setor foi desenvolvida outra modalidade conhecida como sistema conectado à rede ou *on grid*, no qual com o uso de equipamentos adequados e protocolos de acesso, existe a conexão elétrica entre o sistema de geração fotovoltaica, a instalação elétrica interna e a rede de distribuição local.

Para Villalva (2015) o objetivo do sistema conectado à rede é produzir energia para o consumo local como forma de reduzir a energia consumida da rede pública.

Quando o sistema não é capaz de produzir toda a energia demandada pela instalação interna ocorre a alimentação pela rede de distribuição, garantindo o

fornecimento ininterrupto sem a necessidade de utilização de baterias o que torna o sistema relativamente mais barato. (VILLALVA,2015)

Existe ainda a vantagem de em acordo com a RES 482/2012 da ANEEL fornecer o excedente de energia não utilizada para a rede pública, para posterior compensação da energia consumida da rede

Nessa configuração são cobrados valores de consumo mínimo mensal e taxas de iluminação pública na fatura de energia.

Para Pereira (2019), o sistema *on grid* é vantajoso para consumidores que estejam próximos das redes de distribuição existentes, por dispensar o uso de baterias, enquanto o sistema *off grid* é mais vantajoso para aqueles que estão muito afastados das redes de distribuição.

2.1.2.3 HÍBRIDO

Já o sistema híbrido se baseia na instalação das duas outras tecnologias citadas na mesma propriedade.

A grande vantagem desse sistema é o fato que em caso de queda no fornecimento da rede pública, o sistema *off grid* pode dentro de suas configurações fornecer a energia para instalação sem afetar a rede externa.(OAKENERGIA,2023)

Nessa configuração são acumuladas as vantagens dos dois sistemas, porém da mesma forma são acumuladas as desvantagens dos dois sistemas. Na medida em que se tem uma elevação no custo com inversores híbridos, custo de instalação e manutenção das baterias, cobrança pelo uso da rede, taxa de iluminação pública e encargos da fatura. (OAKENERGIA,2023)

É uma configuração relativamente nova e que depende de autorização e normatização por parte da concessionária local, no Paraná, por exemplo, a COPEL autorizou esse tipo de instalação apenas em março de 2022.(NHSOLAR,2023)

Os inversores híbridos possuem duas funções, tanto a injeção de energia para a rede de distribuição, como o armazenamento através de um backup de baterias (...) O impacto dessa autorização da Copel irá favorecer principalmente os produtores rurais que são muito prejudicados com a falta de energia, como a fumiicultura e a piscicultura que dependem da energia de maneira constante. (NHSOLAR,2023)

2.2 MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

O modelo de abastecimento de energia predominante no mundo é o modelo de geração centralizada, no qual são construídas as conhecidas usinas de geração de energia com capacidade de produzir uma enorme potência diariamente, os modelos mais comuns são a geração hidroelétrica, térmica e nuclear.

Porém considerando todo o arranjo necessário para o melhor aproveitamento e os impactos inerentes aos processos de geração, em geral as usinas são afastadas dos centros de consumo. Assim é necessário levar toda essa produção até os centros urbanos por linhas de transmissão extensas, subestações e redes de distribuição, o que adiciona um custo de construção e manutenção dessas instalações, perdas técnicas presente nos processos de transmissão e transformação da energia, além de grandes impactos socioambientais. (ZILLES,2012)

Na geração distribuída (GD) a produção ocorre dentro dos centros de consumo ou em suas proximidades, e têm como característica um baixo impacto socioambiental. Ao redor do mundo existem diferentes legislações a respeito da GD. De acordo com PEREIRA (2014) “A Agência Internacional de Energia IEA, (2002), define geração distribuída como produção de energia localizada que fica próxima à unidade de consumo, independentemente do tamanho ou da fonte geradora, sejam elas células fósseis, eólica ou fotovoltaica.”

No Brasil desde 2012 com a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012, é possível que o cidadão possua geração própria de energia elétrica de fonte renovável ou co-geração qualificada, conectado com a rede de distribuição local (ANEEL, 2023). A energia gerada e não consumida na instalação interna é fornecida para a rede. Do mesmo modo quando a geração é insuficiente para a demanda interna a rede de distribuição fornece a energia necessária, todo esse fluxo de corrente elétrica é registrado com a instalação de um medidor bidirecional, e no fechamento do mês a concessionária irá averiguar o resultado dessa troca.

Foram definidas diferentes modalidades de acesso ao sistema de compensação de energia e conexão à rede de distribuição. Para o presente estudo existe uma modalidade importante, definida como “empreendimento com múltiplas unidades consumidoras”, que se destina a aplicação em condomínios, e que será a modalidade utilizada como referência para o estudo.

2.3 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo a ANEEL (2023), na medição de consumo mensal será aferida pelo medidor bidirecional, a diferença entre a energia injetada na rede e a consumida na instalação.

Se o valor de energia injetado na rede for maior do que o valor consumido, o valor em KW/h excedente ficará como crédito para ser descontado em até 60 meses. No mês que o consumo de energia da rede pública tenha sido superior ao fornecido pelo sistema para a rede será efetuada a cobrança na fatura da diferença em KW/h pelo valor da tarifa vigente, e se houver, será descontado do valor de créditos de KW/h.

O crédito excedente poderá ser utilizado também em outras modalidades descritas no chamado sistema de compensação de energia elétrica (CCEE), por exemplo, pode ser descontado de outra fatura de energia desde que esteja no mesmo CPF/CNPJ e na área de atuação da mesma concessionária.

“Um exemplo é o da microgeração por fonte solar fotovoltaica: de dia, a “sobra” da energia gerada pela central é passada para a rede; à noite, a rede devolve a energia para a unidade consumidora e supre necessidades adicionais. Portanto, a rede funciona como uma bateria, armazenando o excedente até o momento em que a unidade consumidora necessite de energia proveniente da distribuidora..”(ANEEL,2023)

2.4 A LEI 14.300 DE JANEIRO DE 2022

No ano de 2022 foi aprovada a lei 14.300 de 06/01/2022 conhecida como marco legal da micro e mini geração distribuída, e em 07/02/2023 a ANEEL publicou a RES 1059/2023 que entre outras providências revogou a RES 482/2012, apesar de definir algumas modificações os conceitos de geração distribuída tratados neste estudo foram mantidos e/ou aprimorados.

2.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Antes de pensar como produzir mais energia para atender uma demanda crescente é necessário se aprofundar na análise de como essa energia está sendo usada, e as possibilidades de redução de consumo, como uma forma de reduzir a necessidade de geração e proporcionar a oportunidade de armazenar essa energia, que seria usada sem necessidade, em baterias ou nos reservatórios de usinas hidrelétricas.

Eficiência significa fazer mais (ou, pelo menos, a mesma coisa) com menos, mantendo o conforto e a qualidade. Quando se discute energia, eficiência energética significa gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obter o mesmo serviço ("realizar trabalho") com menos energia.(EPE,2023)

Esse conceito vem ao encontro das medidas de preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável, pois a forma de energia mais limpa que existe é a energia que não se necessita produzir. (ECOIA,2022)

2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para realização do estudo de viabilidade econômica existem diversos métodos e modelos. Nesse estudo serão utilizados os métodos: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e *payback* descontado.

2.6.1 VPL

O método de análise do valor presente líquido tem como objetivo mensurar em termos presentes de valor o impacto de eventos futuros, ao longo do período de análise, demonstrando o fluxo de caixa e sua relação ao investimento inicial. O processo de análise converte em valores presentes os fluxos de caixa futuros, pois de acordo com SAMANEZ(2002), "fluxos de épocas diferentes não podem ser comparados nem agregados enquanto não forem colocados em uma mesma época."

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (1)$$

Onde:

FC_t é fluxo de caixa no t-ésimo período, I é o investimento inicial, K o custo do capital.

O intuito da análise de VPL é encontrar um valor igual ou maior do que zero, o que significa que o investimento trará um retorno maior do que o valor investido no período analisado. (SAMANEZ,2002)

2.6.2 TIR

O método de análise da taxa interna de retorno (TIR) tem como objetivo encontrar o valor de uma taxa intrínseca de rendimento, ou seja, não traduz a rentabilidade em um valor absoluto como o VPL, e sim um valor percentual, que caso seja menor do que o custo de capital K da análise do valor de VPL, indica a viabilidade do projeto. (SAMANEZ,2002)

Matematicamente é o valor de i^* que satisfaz a equação:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i^*)^t} = 0 \quad \text{critério de decisão: se } i^* > K \Rightarrow \text{projeto economicamente viável} \quad (2)$$

Onde:

FC_t é fluxo de caixa no t-ésimo período, I é o investimento inicial, i^* o custo do capital. (SAMANEZ,2002)

2.6.3 TMA

Antes de se dizer que um investimento é viável, ou não, pelo método de análise da TIR precisa-se definir uma taxa mínima de retorno esperado. Essa taxa é conhecida como taxa mínima de atratividade (TMA).

A definição da TMA deve ser fruto de uma análise geral do risco do investimento e levar em conta outras possibilidades de investimento desse capital que ofereçam retorno seguro, como por exemplo, o valor de rendimento de uma caderneta de poupança ou um investimento de renda fixa.

Caso o valor calculado da TIR seja superior ao valor definido da TMA, o projeto possui potencial de retorno financeiro adequado conforme as projeções.

2.6.4 PAYBACK DESCONTADO

É a análise que demonstra quantos anos decorrerão até que o valor presente dos fluxos de caixa se iguale ao valor do investimento inicial, e é geralmente utilizado como complemento ao método VPL.

O *payback* descontado é o instrumento que melhor permite a avaliação do tempo de retorno, uma vez que leva em consideração a atualização dos valores monetários ocorridos ao longo do fluxo de caixa (portanto, em períodos diferentes).(SAMANEZ,2002)

2.6.5 CUSTO DE OPORTUNIDADE

Todo investimento passa por um processo de decisão que às vezes vai além da análise financeira, pois ao se aplicar capital em um projeto, abre-se mão de realizar esse investimento em outro projeto que poderia também trazer algum retorno ou benefício. Esse dilema é conhecido como custo de oportunidade, e as tomadas de decisão são chamadas de TRADE-OFF, no caso em questão, a decisão de investir no sistema de geração, mesmo apresentando retorno financeiro a médio prazo, em tese, toma o lugar de outra melhoria que traria um benefício diferente.

2.7 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL

A Copel é a distribuidora de energia que detém a concessão do serviço na área do condomínio, de acordo com a Lei 9.991/2000 as concessionárias de energia de todo o país são obrigadas a investir uma fração mínima de 0,5% de sua receita operacional líquida (ROL) em projetos que promovam a eficiência energética, o investimento deve ser dividido em projetos de P&D e na eficiência do uso final da energia. (BRASIL,2000)

A Copel por meio de chamadas públicas seleciona projetos para investimento em eficiência energética, onde os preponentes realizam o diagnóstico energético de sua instalação e apresentam um projeto de melhoria com os dados de economia e melhoria de eficiência, geralmente com a substituição de equipamentos antigos por outros mais modernos e mais eficientes.

A ANEEL por meio do Programa de Eficiência Energética – PEE e os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE define os critérios para o aporte desses recursos pelas distribuidoras, e a Copel seguindo essas diretrizes elabora e publica o edital por meio de chamada pública, onde é realizada a seleção e o investimento nos projetos que atendam às exigências do edital e apresentem melhor relação custo-benefício – RCB.

Nos últimos editais foi incluída a possibilidade de uso desses recursos em projetos de compensação do consumo da área comum em condomínios com microgeração a partir de fontes renováveis, com a exigência de que já estejam

realizadas e esgotadas as possibilidades de melhoria de eficiência energética nas instalações.

3 OBJETIVOS

- Geral: Analisar a viabilidade de instalação do sistema de microgeração no condomínio em questão, a fim de compensar o consumo da área de uso comum.
- Específicos: Detalhar o modelo de análise e os parâmetros a serem observados para projetos dessa natureza, demonstrar o custo de implantação do sistema e suas características, realizar os estudos de viabilidade econômica demonstrando o fluxo de caixa, e o tempo estimado de retorno do valor investido, as oportunidades de melhoria em eficiência energética e do bom uso da energia e a possibilidade de inclusão do projeto em programas de financiamento.

4 JUSTIFICATIVA

A modelagem proposta demonstra os pontos de análise técnica e econômica para instalação de um sistema de geração fotovoltaica conectado à rede e pode servir como base para a aplicação em outros condomínios semelhantes.

O estudo avalia como a instalação do sistema de geração própria pode trazer certa independência das oscilações nas tarifas de energia no futuro, além de contribuir para disseminação de uma fonte renovável de energia elétrica de baixa emissão de gases do efeito estufa.

5 METODOLOGIA

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para o desenvolvimento do estudo foi realizado o levantamento do histórico anual de consumo de energia elétrica das áreas de uso comuns do condomínio e dos equipamentos de uso da administração.

Foram identificadas e feitas as medições das áreas de uso comuns disponíveis, que são possíveis locais para instalação das placas fotovoltaicas.

Para realizar o levantamento dos valores de irradiação solar foi utilizado o site do CRESESB (Centro de referência para as energias solar e eólica Sergio Brito), e está ligado ao CEPEL (centro de pesquisas de energia elétrica), o site disponibiliza

acesso ao aplicativo SUNDATA, que foi atualizado com os dados do Atlas Brasileiro de Energia Elétrica – 2ª Edição, publicado em 2017, e possui uma base de dados de radiação solar com base em imagens de satélite de 17 anos, de 1999 até 2015. (CEPEL, 2023)

Ainda foi feito um levantamento da eficiência energética das instalações internas, e dos hábitos de utilização nas áreas comuns do condomínio.

5.2 CAPACIDADE DE GERAÇÃO E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

Com os dados de consumo, de área disponível e irradiação solar média foi desenvolvida uma planilha onde foram realizados os cálculos para a determinação do potencial anual de geração, tendo como parâmetro se aproximar do valor médio de consumo anual.

Foi realizado um levantamento dos tipos de equipamentos disponíveis no mercado e suas principais diferenças técnicas para a definição do tipo de material a ser empregado como opção mais eficiente e econômica do caso em estudo.

Vários fatores causam perdas técnicas na geração como: aquecimento, incidência de sombra, sujidades, perdas nos cabos e no inversor. Para a modelagem de acordo com as características do projeto foi considerado uma perda de 22%.

5.3 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO

Foi realizada uma pesquisa com empresas fornecedoras, os custos para aquisição e custos médios de manutenção do sistema de geração fotovoltaica.

Considerando o tempo de vida útil, custo de aquisição, instalação, contratação de seguro e manutenção do sistema foram feitos os estudos de viabilidade econômica. Foi elaborada uma planilha que projeta o VPL (Valor Presente Líquido) pelo tempo de vida útil (25 anos), *payback* (tempo de retorno do valor investido) e cálculo da TIR (Taxa Interna de Retorno).

Foram agregados ao estudo os custos com seguro (0,5% do valor dos equipamentos) e manutenção anual (limpeza da placas), custos esses que incidirão somente após a instalação. Ao final do primeiro ano serão de respectivamente R\$ 869,60 e R\$500,00, com previsão de reajuste de 5,78% (IPCA acumulado em 12 meses DEZ/2022) ao ano.

As placas possuem garantia de 25 anos e o inversor de 10 anos, dessa forma também foi previsto o custo de substituição dos inversores no ano 12. Ao

mesmo custo de aquisição atual, tendo como premissa que a inflação do período possa ser compensada pela tendência de queda no preço do equipamento devido à evolução tecnológica que vem se demonstrando nos últimos anos.

De acordo com as especificações do fabricante das placas será considerada uma perda de eficiência do sistema que atenua a capacidade de geração em 0,55% por ano.

5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para o cálculo de viabilidade econômica foi considerado uma tarifa de energia elétrica de R\$0,77 (COPEL em Janeiro de 2022) por KW/h no ano um.

Os reajustes da tarifa da Copel nos últimos 9 anos constam em seu site, e representaram 11,48% de acréscimo anualmente, em média. Porém como esse é um item com forte pressão política, para uma análise mais conservadora foi utilizada taxa de 5,78% (IPCA DEZ/22) de previsão do reajuste anual da tarifa.

Para projeção do fluxo anual de caixa foi calculado o valor de energia produzida multiplicando a tarifa, descontado os custos com seguro e manutenção.

O custo de capital (K) usado para o cálculo do VPL foi o da taxa SELIC em DEZ/2022 que era de 13,75%.

A TMA adotada para análise foi de 13,68%, usando como base a taxa de rendimento da poupança no ano de 2022 (7,89%) somada à taxa de inflação (IPCA) no mesmo período (5,79%).

Esses dados foram a base para desenvolvimento da planilha de cálculo que norteou as simulações para análise de viabilidade do projeto.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 DADOS LEVANTADOS

6.1.1 CONSUMO E ENTRADAS DE SERVIÇO

Foi identificado que no total o condomínio possui quatro faturas de energia elétrica todas elas pertencentes ao grupo B, sendo que três dessas possuem medição direta, ou seja, possuem medidor e leitura mensal, e outra fatura que não possui medição e é calculada por demanda.

Pode-se classificar essas quatro unidades consumidoras como sendo:

- I. Atendimento do condomínio:
 - o Disjuntor trifásico de 125 A.

- Média de consumo mensal 2022 de 1262 KW/h.
 - Nessa medição estão englobados: atendimentos de uso geral como portaria, salão de festas, motores das piscinas, iluminação de passeios e quadra esportiva.
- II. Captação de água:
- Disjuntor trifásico de 100 A.
 - Média de consumo mensal 2022 de 3949 KW/h.
 - Essa medição é a que apresentou um maior consumo entre todas as outras e é o medidor responsável pelo sistema de captação e bombeamento d'água.
- III. Atendimento cisterna:
- Disjuntor trifásico de 100 A.
 - Média de consumo mensal 2022 de 872 KW/h.
 - medição onde estão ligados os sistemas de bombeamento auxiliar da caixa d'água e sistema de segurança.
- IV. Iluminação: essa é uma fatura que não possui medidor e se refere à iluminação das vias internas do condomínio que alimentam exclusivamente as luminárias instaladas nos postes da rede de distribuição e são conectadas diretamente à rede de baixa tensão, essa fatura tem seu valor fixo, e é calculado de acordo com a potência das lâmpadas e fator de potência dos reatores multiplicado pela quantidade de pontos de iluminação.

Os valores de consumo obtidos estão nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1 – Consumo Anual de Energia (em KW/h)

Unidade Consumidora / Mês	Jan/22	Fev/22	Mar/22	Abr/22	Mai/22	Jun/22
Iluminação	1861	1861	1861	1861	1861	1861
Atend. Cond.	1483	1494	1693	1237	1168	1246
Captação água	4599	4680	5166	3838	3874	3908
Atend. Cisterna	942	898	1000	810	871	937
Total no mês	8885	8933	9720	7746	7774	7952

Fonte : O autor (2023)

TABELA 2 – Consumo Anual de Energia (em KW/h)

Unidade Consumidora / Mês	Jul/22	Ago/22	Set/22	Out/22	Nov/22	Dez/22
Iluminação	1861	1861	1861	1861	1861	1861
Atend. Cond.	1096	1125	1175	1108	1242	1071
Captação água	3687	3709	3965	3306	3099	3555
Atend. Cisterna	881	852	857	783	766	862
Total no mês	7525	7547	7858	7058	6968	7349

Fonte : O autor (2023)

As quatro faturas estão cadastradas em nome do condomínio, portanto no mesmo CNPJ, dessa forma de acordo com a RES 1059/23 a instalação do sistema e o medidor bidirecional poderá ser realizada em qualquer uma das três entradas de serviço com medição direta e os possíveis créditos de energia sobressalentes podem ser descontados das outras faturas.

O valor de consumo médio mensal em 2022 foi de 7943 KW/h por mês.

6.1.2 ÁREA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO DA CAPTAÇÃO SOLAR

O condomínio possui algumas instalações de uso comum que dispõe de telhados e podem ser usados para instalação dos painéis fotovoltaicos.

Foi identificado que também existem vagas para carros de visitantes onde poderão ser instalados estruturas do tipo “garagem solar” ou “carport”.

A garagem solar, também chamada de estacionamento solar ou carport solar, é uma instalação de painéis solares em estacionamentos/garagens de carros e motos, na qual as próprias placas solares funcionam como cobertura para os veículos ao mesmo tempo em que geram energia elétrica por meio da luz do sol. (PORTALSOLAR,2023)

A TABELA 3 apresenta as características das áreas disponíveis, onde estão descritos: a área disponível, a distância do quadro de distribuição de energia mais próximo, a orientação geográfica principal do local para o posicionamento adequado das placas e se o local está sujeito a sombreamento. As vagas citadas são todas descobertas e necessitam de construção da estrutura carport.

TABELA 3 – Locais com possibilidade de instalação de captação solar

Local	Área (m ²)	Distância do QD	Orientação	Sombreamento
Cobertura da Portaria	110	50	L	Não
Cobertura do Salão de festas	150	5	NO	Não
Cobertura das Lixeiras	50	55	NE	Sim
Vagas no salão de festas	400	15	NO	Não
Vagas na portaria	70	55	L	Sim
Vagas na churrasqueira	160	45	N	Sim
Vagas px Caixa d'água	150	10	N	Não

Fonte : O autor (2023)

6.1.3 ESTUDO DO POTENCIAL DE IRRADIAÇÃO LOCAL

Foi utilizada a localização da cidade de Londrina/PR e os resultados estão descritos na FIGURA 1. Para realização dos cálculos será utilizado o valor de maior média anual 5,13 KWh/m².dia, na configuração de apontamento 23° N.

FIGURA 1 – Irradiação solar no local de estudo

Estação: Londrina
Município: Londrina, PR - BRASIL
Latitude: 23,301° S
Longitude: 51,149° O
Distância do ponto de ref. (23,246415° S; 51,158892° O): 6,2 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,84	5,71	5,26	4,63	3,66	3,37	3,58	4,54	4,70	5,26	6,00	6,26	4,90	2,89
✓	Ângulo igual a latitude	23° N	5,28	5,46	5,43	5,28	4,53	4,39	4,58	5,41	5,02	5,15	5,49	5,56	5,13	1,17
✓	Maior média anual	21° N	5,35	5,50	5,44	5,24	4,47	4,32	4,51	5,36	5,01	5,18	5,56	5,64	5,13	1,32
✓	Maior mínimo mensal	36° N	4,74	5,05	5,24	5,36	4,78	4,72	4,89	5,60	4,94	4,83	4,96	4,93	5,00	,88

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Londrina–Londrina, PR-BRASIL

23,301° S; 51,149° O

Fonte: CRESESB/CEPEL/SUNDATA (2023)

6.1.4 LEVANTAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E USO DE ENERGIA

Durante o estudo das instalações foi verificado que o sistema de iluminação das vias internas, fora recentemente substituído por luminárias do tipo LED, que são mais econômicas em relação ao sistema antigo, que era composto por lâmpadas e reatores de vapor de sódio 70 W. Porém ainda não havia sido realizada a alteração desse valor de consumo na fatura de energia, diante disso, foi protocolada a solicitação de alteração de carga que efetivou uma alteração do valor cobrado de

1861 KW/h.mês para 995 KW/h.mês, tendo como resultado uma redução de 866 KW/h.mês, essa redução será considerada na modelagem do sistema de geração.

Foi proposta uma alteração no uso de iluminação de áreas comuns com baixo uso durante períodos específicos, como playground e quadra, e instalação de sensores de presença temporizados em áreas de passagem que irão refletir em redução de consumo, essa redução não será considerada na demanda de geração, pois, ainda não foi possível ser mensurada adequadamente.

6.2 CÁLCULO DA GERAÇÃO E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

Com os dados descritos anteriormente nas TABELAS 1 e 2, tem-se que o valor médio de consumo mensal durante o ano de 2022 foi de 7943KW/h.

Para a modelagem do sistema será:

1. considerada a redução de consumo oriunda da alteração da iluminação interna, que significou uma redução de 866 KW/h.mês;
2. reduzido dessa média o valor da tarifa de consumo mínimo das 3 medições que somadas representam 300KW/h.mês.

Dessa forma obtém-se o valor de 6777KW/h.mês.

Para dimensionar o sistema de geração necessário para essa demanda, primeiro foi calculado o valor médio diário de consumo a cada mês:

$$\circ \text{ 6777 KW/h.mês} / 30 \text{ dias} = 226 \text{ KW/h.dia}$$

Considerando o método aplicado que estimou perdas no sistema de 22 % e a irradiação solar de 5,13 KW/h.dia, obtém-se a potência de geração necessária:

$$\circ \text{ 226 KW/h.dia} / (0,78 * 5,13 \text{ KW/h.dia}) = 56,48 \text{ KWp}$$

O QUADRO 2 mostra uma pesquisa das opções de painéis fotovoltaicos.

QUADRO 2 – Potência x Custo dos Painéis Fotovoltaicos

Marca / Modelo	Potência (Wp)	Valor Unidade (R\$)	Qtd. Necessária	Custo Total (R\$)
RESUN – RS6E	150	343,17	377	129.375,09
RESUN – RS6C	280	631,47	202	127.556,94
RESUN – RS7I	465	836,07	121	101.164,47
SUNOVA - 72MHD	555	929,07	102	94.765,14

Fonte : Adaptado de <https://www.minhacasasolar.com.br/painel-solar> (2023)

Observa-se que uso de painéis de maior potência apresenta melhor relação custo benefício (R\$ por Wp), além de ocupar menor área o que reduz custo com estruturas.

Utilizando painéis de 555W para uma geração de 56,48Kwp, calcula-se :

- $56480 \text{ W} / 555 \text{ W} = 102$ painéis de 555 W.

O QUADRO 3 mostra uma pesquisa de opções de inversores de frequência.

QUADRO 3 – Potência x Custo dos Inversores de Frequência

Marca / Modelo	Potência (KWp)	Valor Unidade (R\$)	Qtd. Necessária	Custo Total (R\$)
Growatt – MAX60KTL3	60	31.450,00	1	31.450,00
Growatt – MAC30KTL3	30	20.677,25	2	41.354,50

Fonte : Adaptado de www.oneshopsolar.com.br (2023)

Para a geração de 56,5 KWp o uso de apenas um inversor de 60 KWp atenderia a demanda, porém, como será descrito na modelagem do projeto, é necessário dividir essa potência utilizando 2 inversores instalados em locais diferentes, assim será projetado o uso de 2 inversores de 30KWp cada.

6.3 MODELAGEM, ÁREA NECESSÁRIA E LOCAL DE INSTALAÇÃO

Para instalações dos 102 painéis serão necessários aproximadamente 204m² de área. Será projetada a construção de estruturas tipo “carport” (garagem solar) de 3 x 5m cada, totalizando 14 estruturas, essa opção agrega vagas de estacionamento cobertas ao condomínio de forma moderna e sustentável.

A modelagem do sistema identificou que para o sistema de geração fotovoltaica ser conectado à rede, será necessário realizar a divisão da energia injetada em dois acessos. Isso porque a potência total da central geradora de 56,5 KWp, poderia atingir 148 ampéres e ficaria limitada pelo disjuntor geral da entrada de serviço existente que tem maior capacidade (125 ampéres).

Assim o sistema fica com um total de 102 painéis fotovoltaicos de 555W, sendo dividido igualmente nos dois locais de instalação, que serão: as vagas do salão de festas e as vagas próximas à cisterna, conectados aos dois inversores.

Dessa forma não será necessário investimento com alteração de padrão de entrada de serviço. Os créditos de energia gerados nos dois acessos podem ser abatidos mutuamente das quatro faturas do condomínio.

O estudo teve como intenção modelar a geração da energia necessária apenas para a compensação dos valores de energia gastos pelo condomínio, sendo ainda possível um estudo para o aumento de geração com a intenção de divisão dos créditos de energia nas contas individuais dos moradores. Além disso uma forma mais econômica de instalação seria aproveitar os telhados das casas que estão com apontamento para o Norte, mas isso depende de aprovação dos moradores e pode gerar algum tipo de conflito em algumas situações.

6.4 CUSTO DO PROJETO

Os valores dos equipamentos necessários, da mão de obra para instalação e outros valores necessários à instalação do sistema estão descritos no QUADRO 4.

QUADRO 4 – CUSTOS DO PROJETO

Descrição	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Painéis Solares 555W	929,07	102	94.765,14
Inversores de Frequência 30KWp	20.677,25	2	41.354,50
Estruturas de fixação e Carpot	2.700	14	37.800,00
Cabos e Conectores	**	**	2.500,00
Instalação/ Homologação / ART	**	**	40.000,00
Custo Total	**	**	216.419,64

Fonte : Elaboração do autor (2023)

6.5 VIABILIDADE ECONÔMICA

Os cálculos de VPL e TIR foram realizados com auxílio da planilha elaborada em Excel e possibilitaram simulação de diversas variáveis.

Os resultados, a evolução dos custos e do retorno do investimento no tempo estão apresentados em anexo.

O tempo de *Payback* do investimento ficou em aproximadamente 6 anos, e apresentou uma previsão de VPL positivo ao final de 25 anos de R\$ 1.557.727,65

com uma TIR de 21%, superior à TMA adotada que foi de 13,68%, o que demonstra a viabilidade econômica do investimento.

6.6 INSCRIÇÃO NO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A última chamada pública de projetos dessa natureza da Copel Distribuição foi realizada entre 27/12/2022 e 17/03/2023, e contemplava a tipologia áreas comuns de condôminos, levando em consideração que as chamadas geralmente são realizadas anualmente, considerando que não ocorram mudanças, o presente projeto pode ser fruto de inclusão no programa na próxima chamada.

7 CONCLUSÕES

Conclui-se que a instalação de geração fotovoltaica no objeto desse estudo se mostrou viável do ponto de vista técnico, pois não foram esgotadas as possibilidades de capacidade de geração e o projeto atende a demanda interna.

E do ponto de vista econômico também, pois, foi demonstrado que o investimento necessário, considerando a taxa de 13,75% como custo de capital, apresenta retorno financeiro considerável ao final de vida útil do sistema (cerca de 7,2 vezes o valor investido), e um payback descontado em torno de 1/5 da vida útil de 25 anos do sistema. Foi adotada como premissa uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 13,68% ao ano (rendimento da poupança + IPCA) e o valor obtido no cálculo da taxa interna de retorno (TIR) ficou em 21% o que demonstra a projeção de retorno financeiro acima do mínimo esperado.

Foram demonstrados quais são os pontos de análise para determinação da potência necessária e da quantidade de placas necessárias para atender a demanda do objeto em estudo, podendo ser usado o mesmo método para cálculos de instalações similares.

Ao realizar o levantamento da eficiência energética, foi reduzido o valor cobrado na fatura de iluminação das vias internas do condomínio que haviam sido substituídas por lâmpadas do tipo LED, que são mais econômicas e eficientes do que as antigas, e não estavam atualizadas junto à concessionária.

Projetos dessa natureza podem ser incluídos em editais de incentivo para financiamentos como, por exemplo, os projetos de eficiência energética, além da possibilidade de financiamento junto a instituições financeiras.

REFERÊNCIAS

BRITO, Fabiano Baldez Da Costa, [et al.]. Energia Termosolar: Uma Revisão De Literatura – Campos dos Goytacazes/RJ : BOAARL, 2022.

BAJAY, Sergio [et al.]. Geração distribuída e eficiência energética: Reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro – Campinas/SP: IEI Brasil, 2018.

ZILLES, Roberto [et al.]. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica – São Paulo : Oficina de Textos, 2012.

SILVA, Lyandra Araújo da [et al.]. Energia solar fotovoltaica: estudo de caso, viabilidade técnica e financeira para atendimento de prédio comercial - Tucuruí-PA, 2023.

NASCIMENTO, Cássio Araujo do. Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica – Lavras/MG : UFLA, 2004.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos – Rio de Janeiro/RJ : CEPEL, 2014.

PEREIRA, Naron Xavier. Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no brasil: geração distribuída vs geração centralizada – Sorocaba/SP : UNESP, 2019.

VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. - São Paulo/SP : Érica, 2015.

SAMANEZ, Carlos Patricio. Matemática financeira : Aplicações à análise de investimentos – São Paulo/SP : Prentice Hall, 2002.

ZOMER, Clarissa Debiazi. Megawatt Solar: Geração solar fotovoltaica integrada a uma edificação inserida em meio urbano e conectada à rede elétrica. Estudo de caso: Edifício sede da Eletrosul – Florianópolis/SC: UFSC, 2010.

ZOMER, Clarissa Debiazi. [et AL.] Geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas: compromissos entre forma e função – São Paulo/SP : ISES ,2012.

IEEE - INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS. Energia solar fotovoltaica de terceira geração. 2014. Disponível em: <http://www.ieee.org.br/wpcontent/uploads/2014/05/energia-solar-fotovoltaica-terceira-geracao.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

OAK ENERGIA. Sistema fotovoltaico guia completo energia solar, 2023 . Disponível em : <https://oakenergia.com.br/sistema-fotovoltaico-guia-completo-energia-solar>. Acesso em 10 mar. 2023.

NHSOLAR. O uso de inversor híbrido é autorizado pela Copel, 2023. Disponível em: [//www.nhsolar.com.br/inversor-hibrido-na-area-rural-uso-autorizado-pela-copel/](http://www.nhsolar.com.br/inversor-hibrido-na-area-rural-uso-autorizado-pela-copel/). Acesso em 25 mar 2023.

CEPEL, Cresesb. Potencial Solar SUNDATA. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/> Acesso em 05 mar 2023.

ANEEL. Micro e Mini Geração Distribuída, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida> . Acesso em 25 mar 2023.

BRASIL. LEI 9991 de 24 de julho de 2000. Disponível em : <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9991-24-julho-2000-359823-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em 05 mar 2023.

ANEXOS

TABELA DE FLUXO DE CAIXA							
Ano	EnergiaProduzida	TarifaKW/h	ValorEconomia	Manutenção	Seguro	FluxodeCaixa	VPL
0							-R\$216.419,64
1	56,45	R\$0,77	R\$43.470,00	R\$500,00	R\$869,60	R\$42.100,40	-R\$179.408,30
2	56,14	R\$0,81	R\$45.729,66	R\$528,90	R\$919,86	R\$44.280,90	-R\$140.480,03
3	55,84	R\$0,86	R\$48.106,79	R\$559,47	R\$973,03	R\$46.574,29	-R\$99.535,60
4	55,53	R\$0,91	R\$50.607,48	R\$591,81	R\$1.029,27	R\$48.986,40	-R\$56.470,64
5	55,22	R\$0,96	R\$53.238,16	R\$626,01	R\$1.088,76	R\$51.523,39	-R\$11.175,35
6	54,92	R\$1,02	R\$56.005,59	R\$662,20	R\$1.151,69	R\$54.191,70	R\$36.465,71
7	54,62	R\$1,08	R\$58.916,88	R\$700,47	R\$1.218,26	R\$56.998,15	R\$86.573,97
8	54,32	R\$1,14	R\$61.979,50	R\$740,96	R\$1.288,68	R\$59.949,87	R\$139.277,15
9	54,02	R\$1,21	R\$65.201,33	R\$783,79	R\$1.363,16	R\$63.054,38	R\$194.709,57
10	53,72	R\$1,28	R\$68.590,63	R\$829,09	R\$1.441,95	R\$66.319,59	R\$253.012,51
11	53,43	R\$1,35	R\$72.156,12	R\$877,01	R\$1.525,30	R\$69.753,81	R\$314.334,53
12*	53,13	R\$1,43	R\$75.906,94	R\$42.282,20*	R\$1.613,46	R\$32.011,28	R\$342.476,32
13	52,84	R\$1,51	R\$79.852,74	R\$981,32	R\$1.706,72	R\$77.164,70	R\$410.313,42
14	52,55	R\$1,60	R\$84.003,66	R\$1.038,05	R\$1.805,36	R\$81.160,25	R\$481.663,09
15	52,26	R\$1,69	R\$88.370,34	R\$1.098,04	R\$1.909,71	R\$85.362,59	R\$556.707,12
16	51,97	R\$1,79	R\$92.964,02	R\$1.161,51	R\$2.020,10	R\$89.782,41	R\$635.636,72
17	51,69	R\$1,89	R\$97.796,49	R\$1.228,65	R\$2.136,86	R\$94.430,98	R\$718.652,96
18	51,40	R\$2,00	R\$102.880,15	R\$1.299,66	R\$2.260,37	R\$99.320,12	R\$805.967,36
19	51,12	R\$2,12	R\$108.228,08	R\$1.374,78	R\$2.391,02	R\$104.462,28	R\$897.802,33
20	50,84	R\$2,24	R\$113.854,00	R\$1.454,25	R\$2.529,22	R\$109.870,54	R\$994.391,81
21	50,56	R\$2,37	R\$119.772,37	R\$1.538,30	R\$2.675,41	R\$115.558,66	R\$1.095.981,85
22	50,28	R\$2,51	R\$125.998,39	R\$1.627,21	R\$2.830,05	R\$121.541,13	R\$1.202.831,19
23	50,00	R\$2,65	R\$132.548,05	R\$1.721,27	R\$2.993,62	R\$127.833,16	R\$1.315.211,99
24	49,73	R\$2,80	R\$139.438,18	R\$1.820,76	R\$3.166,65	R\$134.450,77	R\$1.433.410,47
25	49,46	R\$2,97	R\$146.686,47	R\$1.926,00	R\$3.349,69	R\$141.410,79	R\$1.557.727,65
						TIR >>	21%

*troca dos inversores no ano 12