

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GREISON LOIMAR GOBBI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM SUPERMERCADO**

PATO BRANCO

2021

GREISON LOIMAR GOBBI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM SUPERMERCADO**

**Technical and economic feasibility analysis of implementing the
photovoltaic system in a supermarket**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Portolann.

PATO BRANCO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GREISON LOIMAR GOBBI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM SUPERMERCADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 16/dezembro/2021.

César Augusto Portolann

Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Alexandre Batista de Jesus Soares

Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Jose Paulo de Barros Neto

Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**PATO BRANCO
2021**

Dedico este trabalho ao meu orientador, Portolann,
você continuará vivo no coração de seus alunos nas
recordações de seus exemplos.

RESUMO

GOBBI, Greison Loimar. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica da Implementação do Sistema Fotovoltaico em um Supermercado**. 2021. Monografia. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

O aumento do valor da energia elétrica dos últimos anos impacta cada vez mais no custo operacional dos estabelecimentos comerciais. O setor varejista se utiliza de diversos equipamentos em sua operação que demandam de energia elétrica e aplicam diversas iniciativas para reduzir seu consumo, uma alternativa em utilização atualmente é geração distribuída, principalmente a geração fotovoltaica. Este trabalho propõe efetuar um estudo de viabilidade técnico e financeiro para a aplicação de um sistema de geração fotovoltaica *on-grid* em um supermercado situado na cidade de Barracão estado do Paraná. Foi realizado, primariamente, levantamento bibliográfico dos conceitos de geração fotovoltaica para posteriormente ser aplicada no projeto. No projeto foram levantadas as áreas disponíveis, a irradiação solar local, determinado o consumo médio para aplicar no dimensionamento da potência do sistema, dimensionamento dos painéis solares, inversores e o levantamento de custos global para a aplicação de dois projetos de geração fotovoltaica, com estes dados foram aplicadas as teorias de estudo de retorno de investimento. Na conclusão é apresentada a análise dos resultados e a comparação dos sistemas propostos e suas viabilidades técnica econômica.

Palavras-chave: dimensionamento de sistema fotovoltaico, energia solar fotovoltaica, *on-grid*, viabilidade técnica e econômica.

ABSTRACT

GOBBI, Greison Loimar. **Technical and Economic Feasibility Analysis of the Implementation of the Photovoltaic System in a Supermarket.** 2021. Monograph. (Work Completion Of Course) - Course Of Electrical Engineering, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Pato Branco, 2018.

The increase in the value of electricity in recent years impacts even more in the operating cost of commercial establishments. The retail sector uses several equipment in its operation that demand electricity and apply several initiatives to reduce its consumption, an alternative currently in use is distributed generation, mainly photovoltaic generation. This work presents a technical and financial feasibility study for the application of an on-grid photovoltaic generation system in a supermarket located in the city of Barracão, state of Paraná. Primarily, a bibliographic survey of the concepts of photovoltaic generation was carried out to be later applied in the project. On the project, the available areas and local solar irradiation data were collected, the average consumption was determined to apply in the sizing of the system's power, sizing of solar panels, inverters and the global cost survey for the application of two photovoltaic generation projects, with these data the return on investment study theories were applied. In conclusion, the analysis of the results and the comparison of the proposed systems and their technical-economic feasibility are presented.

Keywords: photovoltaic solar energy, sizing of on-grid photovoltaic system, technical and economic viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema básico de um sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>.....	17
Figura 2 - Exemplo de aplicação de um dispositivo de proteção (DP)	20
Gráfico 1 - Consumo médio mensal do supermercado	22
Gráfico 2 - Irradiação solar média mensal ao longo do ano para o local da instalação	24
Gráfico 3 - Geração e consumo de energia para o sistema proposto	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de tensão de acordo com a potência instalada para geração distribuída	17
Tabela 2 - Proteção mínima exigida em função da potência instalada	18
Tabela 3 - Tarifas vigentes COPEL subgrupo B3 modalidade tarifária convencional.....	22
Tabela 4 - Irradiação solar média mensal para o supermercado	23
Tabela 5 - Dados técnicos básicos entre painéis fotovoltaicos	25
Tabela 6 - Orçamento sistema fotovoltaico abrangência total	26
Tabela 7 - Orçamento sistema fotovoltaico geração parcial.....	27
Tabela 8 - Reajustes tarifários Copel 2013 a 2021	28
Tabela 9 - <i>Payback</i> para o sistema fotovoltaico total.	29
Tabela 10 - <i>Payback</i> para o sistema fotovoltaico parcial	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DEA	Diretoria de Estudos Econômicos-Energéticos E Ambientais
DPS	Dispositivos de proteção contra surtos
EPE	Empresa de pesquisa energética
F	Fase
F/N	Fase/neutro
GD	Geração distribuída
GW	Gigawatt
HSP	Horas de sol pleno
KWh	Quilowatt-hora
MPP	Maximum power point
MPPT	Maximum power point tracking
MW	Megawatts
NTC	Norma técnica copel
on-grid	Sistema conectado à rede
PB	Payback
PE	Aterramento
Rs	Radiação solar
PRODIST	Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional
SELIC	Sistema especial de liquidação e custódia
TIR	Taxa interna de retorno
Wp	Watt-pico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VPL	Valor presente líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

$C_{diário}$	Consumo Médio Diário
d	Dias utilização equipamento em um mês
E_{real}	Energia Média Consumida Mensalmente
F_{Cn}	Fluxo de caixa do período
F_{C0}	Investimento Inicial do Projeto
F_{Ct}	Valor presente das entradas de caixa
I_0	Investimento
M	Média consumo mensal
n	Período de tempo
$P_{aparelho}$	Potência do equipamento elétrico
$P_{arranjo}$	Potência nominal do sistema fotovoltaico
$P_{inversor}$	Potência do inversor
$P_{sistema}$	Potência necessária geração do sistema
r	Taxa de custo capital
$R_{smáxima}$	Radiação solar máxima
t	Enésimo Período do Tempo
η	Rendimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1.1	Objetivo geral	14
2.1.2	Objetivos específicos	14
2.1.3	Objetivos específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Projeto de sistemas fotovoltaicos	15
3.1.1	Localização	15
3.1.2	Levantamento do recurso solar local	15
3.1.3	Levantamento do consumo de energia elétrica	15
3.1.4	Conexão do sistema fotovoltaico on-grid	16
3.1.5	Dimensionamento do sistema fotovoltaico	18
<u>3.1.5.1</u>	<u>Dimensionamento do sistema inversor e do conjunto de painéis fotovoltaicos</u>	<u>19</u>
3.1.6	Estruturas de fixação painéis fotovoltaicos	19
3.1.7	Dispositivos de proteção instalações elétricas	19
3.2	Análise financeira de um projeto	20
3.2.1	Payback	21
3.2.2	Valor presente líquido (VPL)	21
3.2.3	Taxa interna de retorno (TIR)	21
3.3	Análise técnica e econômica do Sistema	22
3.3.1	Área disponível para implantação do sistema	22
3.3.2	Fatura de energia da unidade consumidora	22
3.3.3	Dados de consumo	22
3.3.4	Irradiação solar incidente	23
3.3.5	Dimensionamento do sistema fotovoltaico	24
<u>3.3.5.1</u>	<u>Dimensionamento para atender totalmente o consumo de energia do supermercado</u>	<u>24</u>
<u>3.3.5.2</u>	<u>Dimensionamento de painéis fotovoltaicos</u>	<u>25</u>
<u>3.3.5.3</u>	<u>Dimensionamento do inversor</u>	<u>25</u>
<u>3.3.5.4</u>	<u>Dimensionamento para atender parcialmente o consumo de energia do supermercado</u>	<u>26</u>
3.3.6	Levantamento de custo para a implantação do sistema	26
3.3.7	Análise de viabilidade para a aplicação do sistema fotovoltaico	27

3.4	Comparativo entre sistema geração total e parcial	31
4	CONCLUSÕES FINAIS.....	32
	REFERÊNCIAS	33
	ANEXO A - Imagem superior supermercado / local da instalação.	35
	ANEXO B - Informações fatura Copel unidade consumidora	37

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Boletim Trimestral de Consumo de Eletricidade, o consumo de energia elétrica cresceu 12,8% no segundo trimestre de 2021, comparado ao mesmo período de 2020, o consumo comercial foi responsável pelo aumento de 15,9%. Mesmo com esse aumento, o consumo não atingiu o patamar do ano de 2019, mas mostra que o retorno do crescimento da atividade econômica traz reflexos no consumo de energia elétrica (EPE, 2021).

Em estudo efetuado anterior a pandemia do Covid-19, era projetado uma taxa de aumento anual do consumo de energia elétrica de 3,6% no Brasil até o ano de 2029, onde o seguimento comercial apresentava projeção de 3% ao ano até 2030 (EPE, 2019).

Com este aumento da demanda é clara a necessidade de que o sistema elétrico garanta o suprimento de energia elétrica, favorecendo a diversificação e dando oportunidade a formas diferenciáveis e renováveis de fontes de energia (GRIEBELER et al, 2016).

Neste último trimestre de 2021, o Brasil alcançou a marca de 180 gigawatts (GW) de potência de geração elétrica. Dentre as fontes de obtenção de energia, 82,81% são provenientes de fontes renováveis, nesta mais de 60% correspondem a base hídrica, 11,13% eólica, 8,61% biomassa e 2,53% Solar, está com pouco mais de 4,5GW de potência instalada (ANEEL, 2021).

Dentro desta diversificação da matriz energética, a geração distribuída (GD), onde a geração concentra-se próximo as localidades consumidoras, tem se destacado no Brasil possuindo um potencial instalado superior a 7,3 GW em micro e minigeração de energia elétrica. Fortemente relacionado com os incentivos econômicos governamentais via ANEEL (Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015).

Dentro da GD, o grande potencial de captação solar, tornou a geração fotovoltaica abundante em quase todo território nacional, está fácil disponibilidade tornou como a fonte mais promissora na inserção na matriz elétrica nacional (DEA, 2014).

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Examinar, aplicando análise técnica e econômica, a viabilidade da aplicação de um sistema fotovoltaico na modalidade *on-grid* com intuito de atendimento total ou parcial da demanda de energia de uma instalação comercial do ramo supermercadista situado no município de Barracão estado do Paraná.

2.1.2 Objetivos específicos

- Pesquisa sobre característica do sistema fotovoltaico formato *on-grid*;
- Levantamento do perfil de consumo do supermercado;
- Levantamento de informações para obtenção da irradiação solar local;
- Dimensionamento do sistema fotovoltaico adequado para a demanda de energia do estabelecimento;
- Análise da viabilidade técnica e econômica do sistema fotovoltaico *on-grid* projetado.

2.1.3 Objetivos específicos

O trabalho compreende o estudo da aplicação de sistema de geração distribuída fotovoltaica em um supermercado.

Conhecendo o consumo da empresa, por meio do histórico da concessionária local, foi calculada a amplitude do sistema de geração fotovoltaico necessário utilizando-se das teorias de dimensionamento técnico. Tendo analisado a disposição de espaço físico viável para instalação foi possível comparar a aplicação de um sistema que abrangesse a instalação de forma total ou parcial e seus respectivos retornos financeiros.

O sistema de geração projetado para ser instalado e operar conectado à rede de distribuição local (*on-grid*), da concessionária Copel e deverá atender a demanda de energia elétrica e a disponibilidade estrutural da unidade consumidora.

Este trabalho visa expor as diferenças, técnicas e financeiras, entre o sistema de geração que absorva totalmente ou parcialmente o consumo da empresa, mas não afirma qual a opção deve ser aplicada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Projeto de sistemas fotovoltaicos

No processo de determinação de um sistema de geração fotovoltaica deve-se levar em conta a orientação geográfica dos módulos, área disponível para a instalação, o recurso solar local, demanda a ser atendida e demais fatores descritos no decorrer do trabalho. O sistema fotovoltaico deve se adequar ao atendimento do consumo de energia elétrica, absorvendo em sua totalidade ou de forma parcial, o projeto é de suma importância para que o sistema projetado atenda com exatidão as necessidades do consumidor (PROGRAMA ALTENER 2004).

3.1.1 Localização

Deve-se conhecer o endereço ou latitude e longitude do local pretendido para a instalação do sistema de geração. Além disso, é recomendado efetuar a integração dos painéis solares com os elementos locais para seja evitado sombreamento, atingindo boa incidência de radiação solar e o mais próximo possível do local da carga consumidora a ser atendida (PINHO; GALDINO, 2014).

A Norma Técnica Copel (NTC) nº 903109 (COPEL, 2015), recomenda que a localização do sistema de geração seja a mais próxima possível do ponto de medição do consumo e energia elétrica, onde deve ser de fácil acesso.

3.1.2 Levantamento do recurso solar local

O recurso solar é uma das etapas dos projetos de sistemas fotovoltaicos, onde é realizada a quantificação da radiação solar incidida sobre os painéis no local em que serão instalados. Nessa quantificação são identificadas as Horas de Pleno Sol. O (HSP) é determinado como o intervalo de tempo, em horas, em que se concentraria, ao longo do dia, uma hipotética irradiância solar constante de 1000W/m^2 , desta forma, simula uma produção máxima da potência do sistema, sendo considerada eficiência total para cada metro quadrado instalado (PINHO, 2008).

3.1.3 Levantamento do consumo de energia elétrica

Costumeiramente, o consumo de energia elétrica, que se deseja atender com a geração fotovoltaica, é determinado com os dados das faturas de energia elétrica

da unidade consumidora, onde é obtida a média de consumo mensal e anual, dados do ponto de conexão com a rede de distribuição, classe de consumo, valor pago e demanda, para atendimento em alta tensão (VILLALVA, 2015).

No caso de unidades consumidoras que não possuem faturas de energia, ou sejam novas instalações ou até consumidores isolados, a demanda é encontrada somando as energias consumidas por cada equipamento instalado.

Uma forma de efetuar este cálculo estimado do consumo médio mensal é representado na equação (1) (PINHO, GALDINO 2014).

$$M = \frac{P_{\text{aparelho}} \cdot d \cdot \eta}{1000} \quad (1)$$

Na equação (1), M é média de consumo mensal, P_{aparelho} é potência nominal do aparelho elétrico em watts, d é a quantidade de dias de uso do aparelho ao decorrer do mês e n (h/dia) é a quantidade de horas diárias que o aparelho é utilizado.

Nesta média de consumo mensal deve ser aplicada uma taxa de rendimento global que leva em conta os rendimentos dos componentes do sistema de acordo com sua utilização. Com isso é possível determinar a energia consumida real, como apresentado na equação (2).

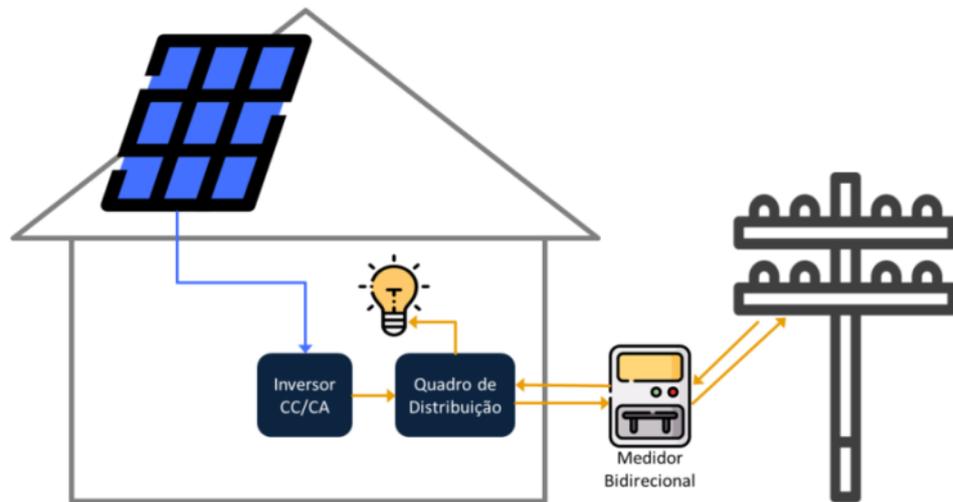
$$E_{\text{real}} = \frac{M}{\eta_{\text{global}}} \quad (2)$$

Onde E_{real} é o valor da energia média de consumo mensal η_{global} é a taxa de rendimento global dos equipamentos da instalação.

3.1.4 Conexão do sistema fotovoltaico on-grid

Nos sistemas de geração distribuída *on-grid*, a energia elétrica gerada é conectada à rede de distribuição local, desta forma, o sistema elétrico de distribuição poderá fornecer energia à unidade consumidora no caso de o sistema fotovoltaico não gerar a energia elétrica total necessária, além das ocasiões de baixa ou nenhuma incidência de radiação solar (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 1 - Esquema básico de um sistema fotovoltaico *on-grid*



Fonte: Adaptado de (PDE, 2020).

A Figura 1 apresenta os seguintes equipamentos: inversor, quadro de energia e do medidor bidirecional, componentes básicos que são necessários para que o sistema funcione no formato *on-grid*, preservando a qualidade do sistema elétrico ao qual se interliga o gerador fotovoltaico. O medidor bidirecional, por sua vez, tem a função de medir tanto a energia excedente quanto a consumida da rede de energia local. Caso o excedente seja maior que a energia consumida, vai gerar créditos na conta de energia, garantindo posteriormente uma compensação (LUZ SOLAR, 2016).

Os métodos para acesso de conexão de micro e minigeração distribuída à rede de distribuição são encontrados na seção 3.7 do guia de Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) da ANEEL, onde se estabelece que o sistema deve obedecer às determinações da concessionária onde será efetuada a conexão.

A potência instalada do sistema de geração determina se a conexão com a linha de distribuição do sistema de energia deve ser monofásica, bifásica ou trifásica, além de sua amplitude de tensão.

A Tabela 1 ilustra valores de potência máxima de acordo com os níveis de tensão do sistema.

Potência Instalada (kW)	Nível de Tensão (V)
< 10	Baixa tensão (mono, bi ou trifásico)
10 a 100	Baixa tensão (trifásico)
101 a 500	Baixa tensão (trifásico) / Média tensão
501 a 5.000	Média tensão

Fonte: Aneel (2014).

A aplicação dos dispositivos de proteção deve respeitar determinados parâmetros em função da potência instalada, descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Proteção mínima exigida em função da potência instalada

EQUIPAMENTO	Potência Instalada		
	$P \leq 75 \text{ kW}$	$75 \text{ kW} < P \leq 500 \text{ kW}$	$500 \text{ kW} < P \leq 5 \text{ MW}$
Elemento de desconexão	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim	Sim	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim	Sim	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Sim	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de sincronismo	Sim	Sim	Sim
Anti-ilhamento	Sim	Sim	Sim
Medição	Sistema de medição bidirecional	Medidor de 4 quadrantes	Medidor de 4 quadrantes

Fonte: Adaptado de Aneel (2017).

3.1.5 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Para o dimensionamento do sistema de geração fotovoltaico podemos utilizar as equações e as observações listadas nesta seção.

A potência (P_{sistema}) exigida do sistema pode ser determinada a utilizando a equação (3).

$$P_{\text{sistema}} = \frac{C_{\text{diário}}}{HSP \cdot \eta_{\text{global}}} \quad (3)$$

Onde $C_{\text{diário}}$ é o consumo médio diário da unidade consumidora e o η_{global} representa o rendimento global do sistema.

De acordo com o projeto do sistema, a energia gerada poderá atender a carga de maneira parcial, total ou até mesmo de maneira excedente, fornecendo energia para a rede de distribuição.

A potência nominal máxima instalada da geração fotovoltaica $P_{\text{sistema,máx}}$, pode ser determinada utilizando a radiação solar máxima $Rs_{\text{máxima}}$ (W/m^2), representado pela equação (4) (FIQUEIRA, 2014).

$$P_{\text{sistema,máx}} = \eta_{\text{painel}} \cdot Rs_{\text{máxima}} \cdot A \quad (4)$$

Onde A é a área de cobertura e η_{painel} é o rendimento dos painéis solares.

3.1.5.1 Dimensionamento do sistema inversor e do conjunto de painéis fotovoltaicos

No melhor dimensionamento da capacidade do inversor de frequência e do conjunto de painéis fotovoltaicos a serem utilizados, além da potência do sistema, devem ser analisados determinados fatores importantes como o prazo de garantia, eficiência de operação, elevados pontos de máxima potência (MPPT) para os inversores, e (MPP) para os painéis solares e características de compatibilidade entre os componentes do sistema. A concessionária local, no caso a Copel, fornece em sites públicos a lista das marcas, modelos e os requisitos estabelecidos para os inversores (ANEEL, 2014).

A potência nominal do inversor deve ser determinada, utilizando a equação (5) (Santos, 2006; Figueira, 2014).

$$0,7 \cdot P_{\text{arranjo}} \leq P_{\text{inversor}} \leq 1,2 \cdot P_{\text{arranjo}} \quad (5)$$

Em que P_{arranjo} é a potência instalada do sistema fotovoltaico e P_{inversor} é a potência do inversor.

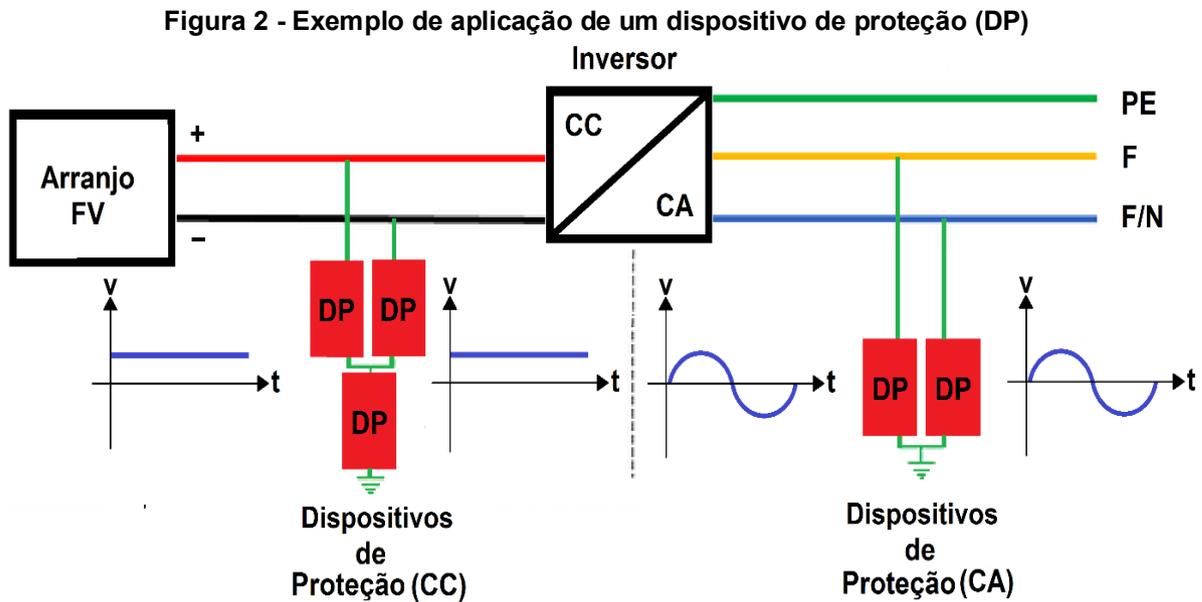
3.1.6 Estruturas de fixação painéis fotovoltaicos

Devido à vida útil dos painéis geradores possuem, de maneira geral, 25 anos, a forma de fixação deve ser observada a fim de não ocorrerem eventuais prejuízos à segurança no local da instalação. Este custo, obviamente deve ser aplicado ao custo global do sistema.

3.1.7 Dispositivos de proteção instalações elétricas

Como qualquer outra instalação elétrica, devem ser aplicados dispositivos de proteção ao longo de todo o sistema de geração fotovoltaico, sendo eles: elementos fusíveis, disjuntores e dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

A Figura 2 expõe a utilização de dispositivos de proteção CC/CA de uma instalação fotovoltaica.



Fonte: Adaptado de Moura (2017).

Observa-se na Figura 2, que os dispositivos de proteção CC efetuam a proteção dos terminais positivo e negativo que interligam o arranjo fotovoltaico, painéis solares, ao inversor.

Os terminais de saída do inversor, Fase (F), Fase/Neutro (F/N) também são conectados aos dispositivos de proteção CA, no caso do terminal de Aterramento (PE), é conectado diretamente ao barramento de aterramento.

3.2 Análise financeira de um projeto

A análise financeira de um projeto verifica, basicamente, quanto tempo será necessário para que ocorra o retorno do investimento e qual possibilidade do retorno financeiro posterior, desta forma pode-se verificar se o empreendimento atende as expectativas futuras.

Para efetuar este estudo podemos utilizar o cálculo o cálculo do *payback* (PB), do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR).

3.2.1 Payback

Utiliza o tempo de retorno do capital investido levando em conta a mudança do valor do dinheiro no tempo (Gitman, 2010). Este índice é indicativo direto, quanto maior o PB, maior será o tempo necessário para recuperar o investimento.

É imprescindível levar em conta a vida útil dos equipamentos, utilizando do PB descontado, é aplicada a taxa de desconto anual sobre o retorno do investimento (EICK, 2010, p. 20-21).

Equação matemática do PB descontado conforme equação (6).

$$\sum_{t=0}^n FC_n = I_0 \quad (6)$$

Onde n é o intervalo de tempo analisado, FC_n é fluxo de caixa durante o intervalo de tempo analisado e I_0 é o valor do investimento realizado.

3.2.2 Valor presente líquido (VPL)

Neste recurso é computado o valor inicial do investimento. Calcula a diferença do valor presente das receitas deduzindo o valor presente dos custos e do capital investido. Podemos calcular o VPL utilizando a equação (7) (GITMAN, 2010).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - FC_0 \quad (7)$$

Onde, FC_t é o valor presente das entradas de caixa, FC_0 o investimento inicial do projeto, r a taxa de custo de capital do supermercado e t o enésimo período no tempo em que o dinheiro será investido no projeto, iniciando no período 1.

3.2.3 Taxa interna de retorno (TIR)

A TIR é a análise no ponto onde o investimento foi pago em sua totalidade, ou seja, o VPL seja igual a zero quando o PB é atingido. Esta taxa leva em conta o dinheiro no tempo e confronta com o custo de capital, demonstrando a viabilidade do projeto (LEMES JR et al, 2015). Neste cálculo pode-se vincular o resultado ao longo da vida de um determinado equipamento para avaliar o benefício econômico. A TIR pode ser calculada de acordo com a equação (8).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad (8)$$

3.3 Análise técnica e econômica do Sistema

3.3.1 Área disponível para implantação do sistema

Neste trabalho consta o estudo de viabilidade de um supermercado localizado na cidade de Barracão-PR. Inicialmente utilizam-se as coordenadas do local do estabelecimento e, utilizando software Google Maps e de levantamento das dimensões no local, foi identificado a área disponível para a instalação do sistema de geração fotovoltaico. Visto que o proprietário definiu previamente que o local de instalação deve ser na área local do estabelecimento.

A área total da cobertura é de 579,00 m², dos quais 360,00 m² são livres de sombreamento e com potencial para instalação do sistema.

3.3.2 Fatura de energia da unidade consumidora

O supermercado se enquadra como unidade consumidora no subgrupo B, desta forma, é atendido com uma tensão de fornecimento trifásico de 220 V.

Tabela 3 - Tarifas vigentes COPEL subgrupo B3 modalidade tarifária convencional

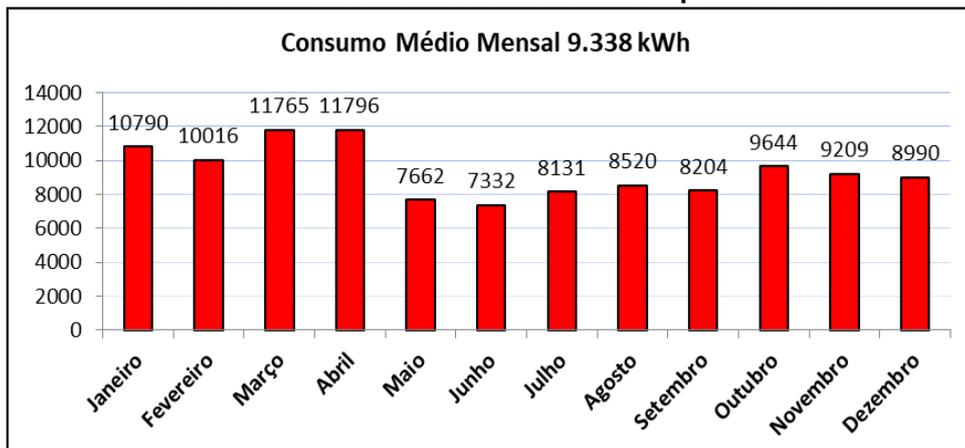
Modalidade Tarifária	Resolução Homologatória 2.704, de 23 de junho de 2020.	
Convencional	Tarifa com impostos (ICMS, PIS/COFINS)	Tarifa sem impostos
B3 – Demais Classes	0,75297 R\$/kWh	0,51277 R\$/kWh

Fonte: Copel (2021).

3.3.3 Dados de consumo

Utilizando-se do histórico de consumo foi possível levantar os dados de consumo anual, ilustrados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Consumo médio mensal do supermercado



Fonte: Autoria própria (2021).

Observando o Gráfico 1, a média de consumo do supermercado foi definida em 9.338,00 kWh.

Normativamente, deve-se pagar 100 kWh à concessionária local pela disponibilidade do uso da rede de distribuição, desta forma, este valor foi deduzido do valor total calculado. Com tudo, foi determinado que o sistema de geração fotovoltaica deve suprir, de maneira total, 9.238,00 kWh/mês de consumo total mensal (ANEEL, 2014).

3.3.4 Irradiação solar incidente

Utilizando o programa online do CRESESB, denominado de SunData v 3.0, foi verificado a irradiação média diária do local da instalação da captação solar, comparando diferentes ângulos de inclinação para obter o melhor aproveitamento do sistema (CRESESB, 2018).

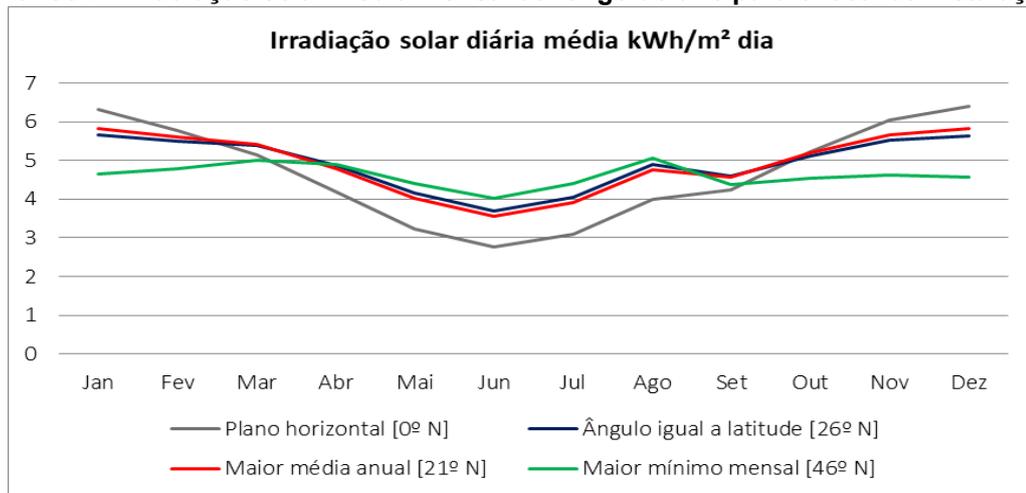
As coordenadas locais de geolocalização possibilitam encontrar os dados de irradiação, listadas abaixo na Tabela 4.

Tabela 4 - Irradiação solar média mensal para o supermercado

Mês	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia] para as dadas inclinações			
	Plano horizontal [0° N]	Ângulo igual a latitude [26° N]	Maior média anual [21° N]	Maior mínimo mensal [46° N]
Janeiro	6,31	5,65	5,83	4,66
Fevereiro	5,76	5,5	5,61	4,78
Março	5,15	5,38	5,4	5,01
Abril	4,17	4,86	4,78	4,88
Mai	3,24	4,15	4,02	4,41
Junho	2,76	3,7	3,56	4,03
Julho	3,08	4,06	3,92	4,39
Agosto	3,99	4,88	4,77	5,05
Setembro	4,24	4,58	4,57	4,38
Outubro	5,22	5,12	5,2	4,55
Novembro	6,05	5,51	5,67	4,61
Dezembro	6,39	5,62	5,83	4,57
Média	4,7	4,92	4,93	4,61

Fonte: Adaptado de Cresesb (2021).

O Gráfico 2 mostra a variação da irradiação média diária mensal no decorrer do ano no local da instalação.

Gráfico 2 - Irradiação solar média mensal ao longo do ano para o local da instalação

Fonte: Adaptado de Cresesb (2021).

Analisando o Gráfico 2, com a aplicação dos dados da Tabela 4 as diferentes configurações de inclinação foram obtidas as respectivas curvas de irradiação. Com isso, é visível que a maior irradiação solar ocorrerá com uma inclinação de 21° norte (em vermelho), com valor médio de 4,93 kWh/h² dia.

3.3.5 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Um fator relevante no dimensionamento da potência necessária para sistema caracteriza-se no rendimento do sistema e depende da eficiência do inversor e dos painéis solares, das perdas dos cabamentos e suas conexões, perdas ocasionadas por sujidades, temperaturas elevadas, disponibilidade do sistema, perdas devido a orientação do local onde são fixados os painéis elétricos e discrepâncias nos valores nominais e reais dos equipamentos.

Para estas perdas é convencionado uma taxa de perda em 35%.

3.3.5.1 Dimensionamento para atender totalmente o consumo de energia do supermercado

Devidos às perdas, descritas no tópico anterior, foi adotado um rendimento para o sistema de 65%.

Desta forma, utilizando a equação (9):

$$P_{\text{sistema}} = \frac{9.238 \text{ kWh}}{4,93h \cdot 0,65 \cdot 30} = 96,09 \text{ kWp}$$

(9)

Obtido as grandezas básicas necessárias, de acordo com a teoria de sistema de geração fotovoltaica *on-grid*, foi determinado que o sistema deverá possuir uma capacidade instalada de 96,09kWp para atender ao consumo do supermercado.

3.3.5.2 Dimensionamento de painéis fotovoltaicos

Obtido o consumo da unidade consumidora, potência necessária para atender a carga do supermercado, foi definida o modelo do painel que formará o conjunto que captará a energia do sol. Sendo assim, foi analisado o melhor custo benefício comparando a vida útil, potência, eficiência e custo.

Utilizando os dados obtidos de consumo médio e da demanda do supermercado, foi determinado o painel solar a ser utilizado.

Na Tabela 5 é demonstrado os dados básicos para comparação entre os 2 diferentes modelos utilizados pelos fornecedores de sistemas da região do estabelecimento e que sejam certificados pelo INMETRO:

Fabricante	JINKO	CANADIAN
Vida Útil (Anos)	25	25
Potência (Wp)	450	450
Eficiência (%)	20,85	20,37
Preço (R\$)	1.098,00	1.031,00
Custo Específico (R\$/W)	2,44	2,29
Referência	ELETROMALU SOLAR	MINHA CASA SOLAR

Fonte: Adaptado de ELETROMALU SOLAR; MINHA CASA SOLAR (2021).

Analisando dos dados técnicos dos modelos descritos na Tabela 5 verificase que a marca CANADIAN possui um custo benefício mais atrativo ao projeto.

Desta forma:

- Potência necessária do sistema: 96,09 kWp;
- Quantidade de painéis: 214 (450Wp cada);
- Área necessária para instalação dos painéis solares: 473m²;
- Potência de geração pico nominal: 96,30 kWp.

3.3.5.3 Dimensionamento do inversor

A partir da equação (5) e da potência total do arranjo, que é composto por 214 placas de 450 Wp, chega-se à faixa de valores de potência para o inversor:

$$67,41 \text{ kW} \leq P_{\text{inversor}} \leq 115,56 \text{ kW} \quad (10)$$

Devido este intervalo de potência calculada, selecionaram-se três inversores fotovoltaicos on-grid marca Growatt 25 kW trifásico 380 V.

3.3.5.4 Dimensionamento para atender parcialmente o consumo de energia do supermercado

Em contrapartida, a área útil sem sombreamento de 360 m², considerando as dimensões dos módulos fotovoltaicos e sua estrutura, tem-se que o número ideal de módulos é de 158.

Com base nisso e com os valores de potência dos módulos já estabelecidos, obteve-se o valor da potência que deverá ser instalada para atender parcialmente a demanda de 67,95 kWp, não atendendo o consumo de forma total o supermercado, mas com garantia de geração sem sombreamento.

3.3.6 Levantamento de custo para a implantação do sistema

O levantamento do valor para a instalação foi efetuado levando em conta o preço praticado por 3 empresas regionais, nomes não apresentados no trabalho, que oferecem a aplicação de geração fotovoltaica, cada empresa efetuou o orçamento para os 2 sistemas propostos neste trabalho, os valores foram orçados item a item para que fosse possível ser calculado um valor médio geral equilibrado, tanto para o sistema que pretende atender totalmente o consumo, como para o sistema de atendimento parcial.

Na Tabela 6 é possível observar o valor orçado médio, 3 orçamentos, para cada item do sistema que atenderá de forma completa toda a demanda de energia exigida pelo supermercado.

Tabela 6 - Orçamento sistema fotovoltaico abrangência total

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
1	Painel Fotovoltaico <i>Canadian</i> 450 Wp	214
2	Inversor fotovoltaico 25 kW	3
3	Sistema de aterramento CC/CA	1
4	Sistema de proteção CC/CA	1
5	Projeto elétrico	1
6	Mão de obra especializada	1
7	Monitoramento remoto (<i>notebook/celular</i>)	1
8	Contratos, homologação, testes, substituição do medidor e liberação da geração distribuída	1
Equipamentos gerador solar 96,30 kWp + projeto e instalação		R\$ 387.000,00
TOTAL PREVISTO PROJETO GERAÇÃO TOTAL		R\$ 387.000,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Observa-se na Tabela 6 que o orçamento contempla todos os equipamentos que compõem o sistema fotovoltaico como a mão de obra e projeto necessários para a sua execução e adequação de acordo com as normativas.

O custo para manutenção do sistema foi estimado em R\$ 2.627,00 por ano, no qual salientando que para o primeiro ano, o sistema fotovoltaico não necessita de manutenção (NAKABAYASHI, 2014).

Na Tabela 7 é possível observar o valor orçado médio dos três orçamentos para o sistema, no qual atenderá de forma parcial a demanda de energia exigida pelo supermercado.

Tabela 7 - Orçamento sistema fotovoltaico geração parcial

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
1	Painel Fotovoltaico <i>Canadian</i> 450 Wp;	158
2	Inversor fotovoltaico 25 kW	2
3	Sistema de aterramento CC/CA	1
4	Sistema de proteção CC/CA	1
5	Projeto elétrico	1
6	Mão de obra especializada;	1
7	Monitoramento remoto (<i>notebook/celular</i>);	1
8	Contratos, homologação, testes, substituição do medidor e liberação da geração distribuída	1
Equipamentos gerador solar 71,10 kWp + projeto e instalação		R\$ 284.370,00
TOTAL PREVISTO PARA O PROJETO		R\$ 284.370,00

Fonte: Autoria própria (2021).

A manutenção referente ao orçamento apresentado pela Tabela 7 foi orçada em um custo de R\$ 2.220,00 por ano.

Foi levado em conta que no primeiro ano o sistema não necessita de manutenção (NAKABAYASHI, 2014).

O fabricante do inversor assegura uma vida útil média acima de 10 anos, no caso dos painéis fotovoltaicos, a garantia de geração é de 80% em 25 anos.

3.3.7 Análise de viabilidade para a aplicação do sistema fotovoltaico

Os custos monetários apresentados dos equipamentos, juntamente com os custos de instalação do sistema fotovoltaico são aplicados como o valor do investimento inicial do projeto e utilizados como referência para análise da viabilidade econômica. Também foi considerada a despesa em manutenção ao longo de sua vida útil para um intervalo de 25 anos.

Um ponto importante é o fato de que o supermercado tanto irá gerar como irá consumir energia elétrica, então são considerados as variações das tarifas dos últimos anos como base para a projeção futura.

Os reajustes tarifários dos últimos anos aplicados pela Copel são ilustrados na Tabela 8, onde os períodos entre os anos de 2013 e 2021 resultaram em uma média anual de reajuste.

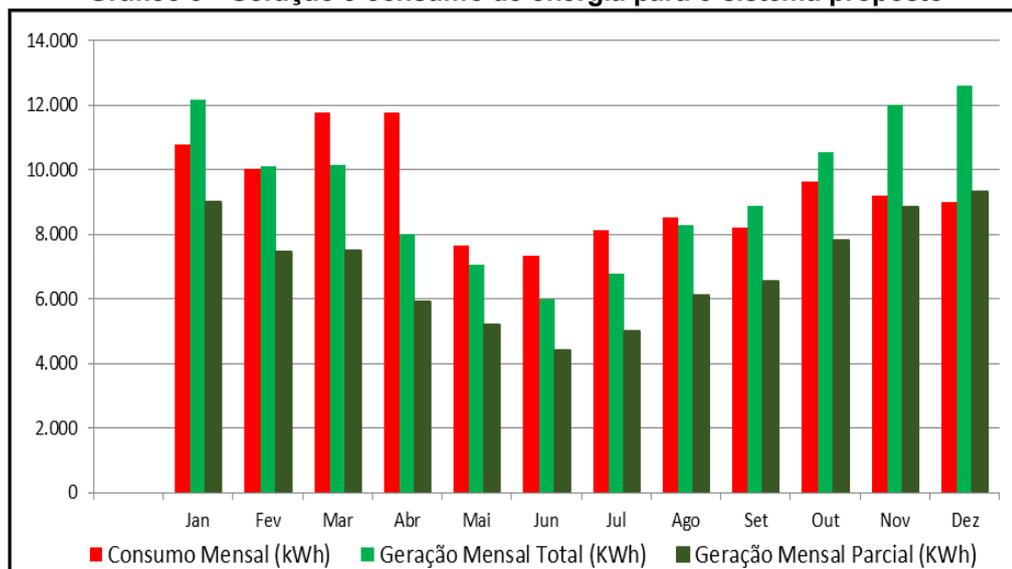
Tabela 8 - Reajustes tarifários Copel 2013 a 2021

Resolução	Ano	Varição Percentual
2886	2021	+ 9,89%
2704	2020	+ 0,41%
2559	2019	+ 3,41%
2402	2018	+ 15,99%
2255	2017	+ 5,85%
2096	2016	- 12,87%
1897	2015	+ 15,32%
1858	2015	+ 36,79%
1763	2014	+ 24,86%
1565	2013	+ 9,55%
1431	2013	- 19,28%
Média anual		+ 9,99%

Fonte: Copel (2021).

Determinados os valores da potência de geração individual para os dois sistemas fotovoltaicos propostos, foram obtidos como resultados os dados aplicados graficamente no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Geração e consumo de energia para o sistema proposto



Fonte: Autoria própria (2021).

No Gráfico 3 é observado os valores de energia gerada mensalmente pelos 2 sistemas propostos comparados ao consumo médio mensal.

No cálculo do *payback* foi aplicada uma taxa anual de aumento de energia elétrica de 10,00%, e uma perda anual de 0,8% comparada ao valor inicial de geração resultando em uma geração em 80% no final dos 25 anos. Foi aplicado também o valor estimado anual para a manutenção do sistema.

Utiliza-se na alíquota mínima de atratividade a taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), cotada em 7,75 % ao ano no período deste estudo.

Levando em consideração os parâmetros expostos anteriormente neste trabalho, o *payback* para o sistema fotovoltaico total é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Payback para o sistema fotovoltaico total.

Ano	Rendimento	Geração de Energia	Economia Gerada	Fluxo de Caixa Acumulado (VPL)
1	100,00%	112.551	R\$ 79.348	-R\$ 310.279
2	99,20%	111.650	R\$ 86.577	-R\$ 226.591
3	98,40%	110.757	R\$ 94.464	-R\$ 135.305
4	97,60%	109.871	R\$ 103.070	-R\$ 35.731
5	96,80%	108.992	R\$ 112.460	R\$ 72.884
6	96,00%	108.120	R\$ 122.705	R\$ 191.359
7	95,20%	107.255	R\$ 133.883	R\$ 320.591
8	94,40%	106.397	R\$ 146.080	R\$ 461.555
9	93,60%	105.546	R\$ 159.388	R\$ 615.316
10	92,80%	104.701	R\$ 173.909	R\$ 783.036
11	92,00%	103.864	R\$ 189.752	R\$ 965.980
12	91,20%	103.033	R\$ 207.038	R\$ 1.165.530
13	90,40%	102.209	R\$ 225.900	R\$ 1.383.194
14	89,60%	101.391	R\$ 246.479	R\$ 1.620.615
15	88,80%	100.580	R\$ 268.934	R\$ 1.879.586
16	88,00%	99.775	R\$ 293.434	R\$ 2.162.061
17	87,20%	98.977	R\$ 320.166	R\$ 2.470.173
18	86,40%	98.185	R\$ 349.333	R\$ 2.806.249
19	85,60%	97.400	R\$ 381.158	R\$ 3.172.824
20	84,80%	96.621	R\$ 415.881	R\$ 3.572.667
21	84,00%	95.848	R\$ 453.769	R\$ 4.008.795
22	83,20%	95.081	R\$ 495.107	R\$ 4.484.498
23	82,40%	94.320	R\$ 540.212	R\$ 5.003.369
24	81,60%	93.566	R\$ 589.426	R\$ 5.569.321
25	80,80%	92.817	R\$ 643.123	R\$ 6.186.625

Fonte: Autoria própria (2021).

A Tabela 9 torna visível que no decorrer do quinto ano, o saldo do investimento passa a ser positivo, indicando uma tendência viável economicamente positiva para a aplicação do sistema.

Aplicando a equação para o cálculo da taxa TIR, foi obtido um valor de 36%, valor superior da taxa SELIC atual, um indicativo positivo do ponto de vista econômico.

O *payback* para o sistema fotovoltaico parcial da Tabela 7 é apresentado a seguir, na Tabela 10.

Tabela 10 - Payback para o sistema fotovoltaico parcial

Ano	Rendimento	Geração de Energia	Economia Gerada	Fluxo de Caixa Acumulado (VPL)
1	100,00%	83.098	R\$ 58.584	-R\$ 228.006
2	99,20%	82.433	R\$ 63.921	-R\$ 166.526
3	98,40%	81.774	R\$ 69.745	-R\$ 99.468
4	97,60%	81.120	R\$ 76.098	-R\$ 26.323
5	96,80%	80.471	R\$ 83.031	R\$ 53.458
6	96,00%	79.827	R\$ 90.595	R\$ 140.480
7	95,20%	79.188	R\$ 98.848	R\$ 235.398
8	94,40%	78.555	R\$ 107.854	R\$ 338.928
9	93,60%	77.926	R\$ 117.679	R\$ 451.851
10	92,80%	77.303	R\$ 128.400	R\$ 575.021
11	92,00%	76.685	R\$ 140.097	R\$ 709.365
12	91,20%	76.071	R\$ 152.860	R\$ 855.897
13	90,40%	75.463	R\$ 166.786	R\$ 1.015.723
14	89,60%	74.859	R\$ 181.980	R\$ 1.190.048
15	88,80%	74.260	R\$ 198.559	R\$ 1.380.187
16	88,00%	73.666	R\$ 216.647	R\$ 1.587.574
17	87,20%	73.077	R\$ 236.384	R\$ 1.813.772
18	86,40%	72.492	R\$ 257.919	R\$ 2.060.487
19	85,60%	71.912	R\$ 281.416	R\$ 2.329.580
20	84,80%	71.337	R\$ 307.053	R\$ 2.623.079
21	84,00%	70.766	R\$ 335.025	R\$ 2.943.196
22	83,20%	70.200	R\$ 365.547	R\$ 3.292.345
23	82,40%	69.638	R\$ 398.848	R\$ 3.673.158
24	81,60%	69.081	R\$ 435.183	R\$ 4.088.505
25	80,80%	68.529	R\$ 474.829	R\$ 4.541.515

Fonte: Autoria própria (2021).

Analisando a Tabela 10, semelhante ao sistema de geração total, verifica-se que no quinto ano de investimento, o saldo para o sistema passa a ser positivo, indicando, também viabilidade econômica. A TIR do sistema fotovoltaico parcial também retornou uma taxa de 36%.

3.4 Comparativo entre sistema geração total e parcial

Os dois sistemas projetados diferenciam-se apenas em sua capacidade de geração, mas possuem o mesmo propósito básico, redução do custo operacional do estabelecimento de forma confiável.

A diferença entre os dois sistemas é a quantidade de equipamentos que os compõe. No sistema de geração total da carga do estabelecimento, a amplitude do sistema se torna maior, além do fato de extrapolar o espaço ideal disponível, torna o valor do investimento mais elevado, no entanto remete um saldo positivo maior ao final da projeção de 25 anos.

No sistema de geração parcial, utilizando-se da área útil, levando em consideração a área sem sombreamento, o sistema possui um tamanho reduzido e, conseqüentemente, um valor de implantação total menor que acaba sendo mais atrativo, no entanto, possui um saldo final menor comparado ao outro sistema.

Com isso, temos como resposta que ambos os casos são viáveis de acordo com suas peculiaridades.

4 CONCLUSÕES FINAIS

Este estudo teve como propósito avaliar a viabilidade técnica e econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico de um estabelecimento comercial.

Utilizou-se a metodologia de projeto para sistemas de geração on-grid, aplicando valores médios de consumo, localização geográfica do local da instalação, determinação da irradiação solar, regulamentações vigentes aplicadas ao sistema e fatores essenciais que possibilitam identificar sua viabilidade técnica e econômica.

Estudo referente ao município de Barracão estado do Paraná, unidade consumidora estabelecimento comercial do ramo supermercadista. Devido as características das instalações, foram projetados dois sistemas fotovoltaicos, onde ambos apresentaram retornos de investimento no quinto ano de instalação do sistema, levando em conta os valores apresentados no orçamento, os dois sistemas obtiveram a TIR aproximada de 36%, favoráveis perante a taxa SELIC atual de 7,75%.

Como resultado, observa-se que a aplicabilidade de ambos os sistemas propostos são tecnicamente e economicamente viáveis, variando entre si a área de instalação da captação solar, valor do investimento e por fim, valor do saldo positivo ao final dos 25 anos de projeção de funcionamento.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Micro e Minigeração Distribuída. **Sistema de Compensação de Energia Elétrica**, Brasília, 2014.

ANEEL. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <[https:// bit.ly/2IGf4Q0](https://bit.ly/2IGf4Q0)>. Acesso em: 30 de novembro de 2021.

COPEL. **Alterações Tarifárias**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>>. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

CRESESB. **Centro de Referência para Energia Solar**, Eólica Sérgio de S. Brito. CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Av. Horácio Macedo, 354 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ – Brasil. 2018.

CRESESB. Sun Data. 2018.[s.n.], 2018. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em 15 de setembro de 2021.

EICK, Guilherme. **Viabilidade Econômica e Financeira de uma Pequena Central Hidrelétrica no Brasil**. 69 p. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://tcc.bu.ufsc.br/Economia292743>. Acesso em: 10 de outubro 2021.

ENERGIA, Companhia P. D. **NTC 905200**: Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL. 2015. Paraná. 2015.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030. Micro e Minigeração Distribuída & Baterias**. Avenida Rio Branco, 1 - 11o andar 20090-003 Centro - Rio de Janeiro.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Boletim trimestral de consumo de eletricidade**. Rio de Janeiro: EPE, ano II número 6 – 2º trimestre de 2021. Disponível em: <<https://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/boletimtrimestral-de-consumo-de-eletricidade>>. Acesso em: 05 de outubro 2021.

FIGUEIRA, Fabio Fernandes. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Para Alimentar a Sala de Computação da Escola Municipal Tenente Antônio João**. 2014. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

GITMAN, Lawrence Jeffrey Gitman. **Princípio de administração financeira**. 12. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

LEMES JR, A. B.; CHEROBIM, A. P. M.; RIGO, C. M. **Fundamentos de finanças empresariais: técnicas e práticas essenciais**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2015.

LUZ SOLAR. **Painel solar e outros equipamentos que compõem o sistema.**
Disponível em: <<https://luzsolar.com.br/equipamentos-sistema-energia-solar/>>. Acesso em:
24 de outubro de 2020.

NAKABAYASHI, Renny Kunizo. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras.** 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PINHO, João T. **Sistemas Híbridos - Soluções Energéticas para a Amazônia.** MME, Brasília, 2008.

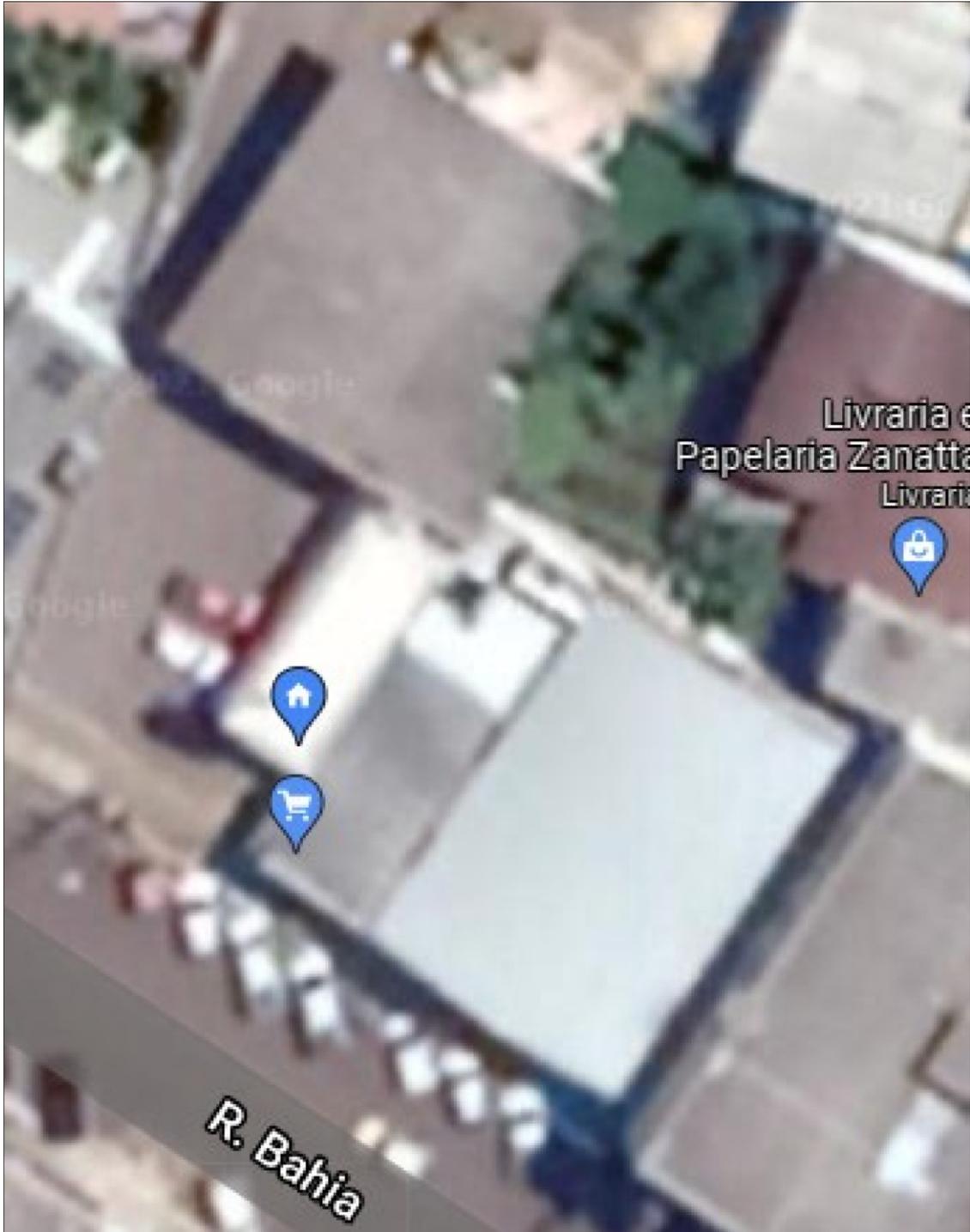
PINHO, J. T.; GALDINO M. A.; **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.

PROGRAMA ALTENER. (2004). **Energia Fotovoltaica-Manual sobre tecnologias, projecto e instalação.** Europa: Comissão Europeia: Projeto GREENPRO.

SANTOS, Afonso Henrique Moreira et al. **Conservação de Energia Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.** 3. ed. Itajubá: Eletrobrás / Procel Educação, 2006.

VILLALVA, Marcelo Grandella. **Energia sola fotovoltaica: conceitos e aplicações /** Marcelo Grandela Villalva. – 2. ed. rev. e atual. – São Paulo: Érica, 2015.

ANEXO A - Imagem superior supermercado / local da instalação



ANEXO B - Informações fatura Copel unidade consumidora



COPEL

Copel Distribuição S.A.
José Izidoro Biazzetto, 158 bl.C - Mossunguê - Curitiba PR - CEP 81200-240
CNPJ: 04.368.898/0001-06- IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4



www.copel.com
0800 51 00 116

██████████ CIA LTDA ME
R BAHIA, 151 - 001 496800 CENTRO SUPERMERCADO GOBBI
CENTRO - BARRACAO - PR - CEP: 85700-000

80804 01 001 496800
CNPJ 10. ██████████ 0001-79 - IE: ██████████

Mês de referência

Abril / 2019

Vencimento

16/05/2019

Unidade Consumidora

86██6██2██

VALOR A PAGAR

R\$ 7.352,45

FAT-01-20212265846084-77

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 4936441215