



**ESPECIALIZAÇÃO : MBA
EXECUTIVO EM ENERGIA**



**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA PARA A
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA
AUTOCONSUMO REMOTO PARA MICROERVEJARIA.**

**EMANOEL FRANCISCO DE CASTRO
ANTONIO ROBERTO DONADON**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Emanoel Castro

Estudo de viabilidade econômico-financeira para a implantação de sistema de geração distribuída autoconsumo remoto para microcervejaria.

**São Paulo
2022**

Emanoel Francisco de Castro

Estudo de viabilidade econômico-financeira para a implantação de sistema de geração distribuída autoconsumo remoto para microcervejaria.

Monografia apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como requisito para a obtenção do título de especialista. no Curso de Especialização : MBA Executivo em Energia,

Data da aprovação ____/____/____

Prof. Antonio Roberto Donadon
Docente do MBA Executivo em Energia

Membros da Banca Examinadora:

Prof. Antonio Roberto Donadon (Orientador)
Docente do MBA Executivo em Energia

Prof. Leonardo Santos Caio (Membro)
CONSULFESP – Consultoria e Formação Especializada

Prof. Gustavo Gonçalves Borges (Membro)
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

Emanoel Francisco de Castro

Estudo de viabilidade econômico-financeira para a implantação de sistema de geração distribuída autoconsumo remoto para microcervejaria.

Monografia apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como requisito para a obtenção do título de especialista. no Curso de Especialização : MBA Executivo em Energia,

Data da aprovação ____/____/____

Prof. Antonio Roberto Donadon
Docente do MBA Executivo em Energia

São Paulo
Abril/2022

Ficha Catalográfica

Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica – DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

C355e

Castro, Emanuel Francisco de

Estudo de viabilidade econômico-financeira para a implantação de sistema de geração distribuída autoconsumo remoto para microcervejaria. / Emanuel Francisco de Castro. São Paulo, 2022.

34p.

Monografia (Especialização em MBA Executivo em Energia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Unidade de Negócios em Ensino Tecnológico, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Roberto Donadon

1. Geração de energia fotovoltaica 2. Viabilidade econômica 3. Microcervejaria 4. Sorocaba (SP) 5. Consumo de energia elétrica 6. Irradiação solar 7. Eficiência energética 8. Pequena empresa 9. Trabalho de especialização I. Donadon, Antonio Roberto, orient. II. IPT. Unidade de Negócios em Ensino Tecnológico III. Título

2022-25

CDU 621.311(043)

RESUMO

Este trabalho teve como foco o desenvolvimento do estudo de viabilidade para instalação de sistema geração fotovoltaico, na modalidade de microgeração autoconsumo remoto, para microcervejaria localizada em Sorocaba (SP). Para isso, foi realizada uma breve abordagem histórica da formação da matriz elétrica brasileira e a contextualização de como incentivos para geração de energia por energia renovável nos centros de carga podem contribuir na gestão de todo sistema, sobretudo em cenário de escassez de recursos de naturais. Para o estudo de caso, foi considerado o consumo histórico da empresa analisada e, com base nos dados de irradiação, foi dimensionado sistema no qual o volume de geração de energia elétrica seria suficiente para atender toda sua demanda de energia elétrica. Com base nos investimentos propostos, o resultado demonstrou como a projeção da tarifa de energia para os próximos anos é a principal premissa para a tomada de decisão do investimento.

Palavras-chaves: microgeração; energia fotovoltaica; estudo de viabilidade econômico-financeira.

ABSTRACT

Economic and financial feasibility study for the implementation of a remote self-consumption distributed generation system for a microbrewery.

This work focused on the development of a feasibility study for the installation of a photovoltaic generation system, in the form of remote self-consumption microgeneration, for a microbrewery located in Sorocaba (SP). For this, a brief historical approach to the formation of the Brazilian electrical matrix was carried out and the contextualization of how incentives for energy generation by renewable energy in load centers can contribute to the management of the entire system, especially in a scenario of scarcity of natural resources. For the case study, the historical consumption of the analyzed company was considered and, based on the irradiation data, a system was designed in which the volume of electricity generation would be sufficient to meet all its electricity demand. Based on the proposed investments, the result showed how the projection of the energy tariff for the coming years is the main premise for decision making about the investment.

Key-Words : microgeneration; photovoltaics, economic-financial feasibility study.

Lista de ilustrações

Figura 1	Comparação da matriz elétrica brasileira entre 2010 e 2020	14
Figura 2	Base de transição energética	17
Figura 3	Potencial de geração solar fotovoltaica	18
Figura 4	Ciclos frio e quente microcervejaria	23
Figura 5	Irradiação solar média região de Sorocaba	24
Figura 6	Gráfico irradiação mensal média região de Sorocaba	24
Figura 7	Consumo de energia dos últimos 12 meses	25
Quadro 1	Subgrupos categorias tarifárias mercado cativo	20
Quadro 2	Percentual da tarifa TUSD período de transição.	21
Quadro 3	Características técnicas do painel fotovoltaico utilizado	26
Quadro 4	Características técnicas dos inversores utilizados	28
Quadro 5	Investimentos previstos	29
Quadro 6	Comparação entre sistema atual e geração distribuída	31
Quadro 7	Retorno do Investimento	32

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
USP	Universidade de São Paulo
PROINFA	Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
CNI	Confederação Nacional da Indústria
PNE	Plano Nacional de Energia
TUSD	Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia
APL	Arranjo Produtivo Local
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
BACEN	Banco Central do Brasil
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia

Lista de Símbolos

<i>TWh</i> :	Terawatt-hora
kWh	Quilowatt-hora
MWh	Megawatt-hora
kWp	Quilowatt-pico
GWh	Gigawatt-hora
°C	Grau Celsius
Km	Quilometro
M ²	Metro quadrado
V	Volt
A	Ampere
Mm	Milímetros
Hz	Hertz

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Especificos	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 DISCUSSÃO	13
4.1 Matriz elétrica brasileira	13
4.2 Importância da eficiência energética e aspectos socioambientais	15
4.3 Energia Solar Fotovoltaica	18
4.4 Estrutura tarifária brasileira	19
4.5 Geração Distribuída e Arcabouço Regulatório	20
4.6 Microgeração e minigeração distribuída	22
4.7 Estudo de Caso	22
4.8 Resultado.....	29
5 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia diante do cenário de aquecimento global e escassez dos recursos naturais, tem sido tema recorrente para a formação de políticas estratégicas dos maiores países do mundo.

A busca pela mudança da matriz energética para fontes renováveis, com objetivo de alcançar a neutralidade na emissão de carbono, é um desafio para o setor, que precisa realizar uma transição que seja rápida e, ao mesmo tempo, ofereça segurança de suprimento para o atendimento da demanda.

No Brasil, embora apresente uma das matrizes energéticas mais limpas e sustentáveis do mundo, a relevante dependência da fonte hidrelétrica, diante dos eventos climáticos extremos e grandes períodos de estiagem, tem impactado diretamente a geração de energia.

A exemplo de países desenvolvidos, o setor elétrico brasileiro converge na direção de trazer o consumidor para o centro das decisões, tornando-o parte fundamental do processo. Diante disso, aspectos de eficiência, gerenciamento do consumo e geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis nos grandes centros de carga, são importantes mecanismos que contribuem para a melhor gestão do sistema como um todo.

A aprovação do marco legal para geração distribuída no Brasil (Lei 14.300/2022) foi um grande avanço para o segmento, pois trouxe segurança jurídica para aqueles empreendimentos em operação e estabelece um período de transição para o novo modelo.

No que se refere à estrutura do presente estudo, está organizado em 4 capítulos: 1 Introdução; 2 Objetivos; 3 Justificativa; 4 Discussão e 5 Conclusão.

2 OBJETIVOS

Realizar estudo de viabilidade econômico-financeira para implantação de sistema de geração distribuída para autoconsumo remoto, por meio de energia fotovoltaica, em empresa de pequeno porte, visando reduzir o custo da energia elétrica no processo produtivo e minimizar as oscilações do preço da *commodity* em períodos de utilização de bandeira tarifária. Além disso, espera-se apresentar como as medidas de incentivo da geração de energia com fonte renovável, nos centros de cargas, assim como as medidas de eficiência energética, são importantes iniciativas para o sistema elétrico, sobretudo considerando a dependência do Brasil da fonte hidroelétrica, em um cenário de mudanças climáticas.

2.1 Objetivo Específicos

- ✓ Analisar o consumo de energia elétrica da empresa;
- ✓ Estudo da irradiação solar da região de Sorocaba;
- ✓ Dimensionar o sistema de geração de energia fotovoltaica;
- ✓ Analisar a viabilidade do investimento proposto e retorno a longo prazo considerando a inflação energética para os próximos anos .

3 JUSTIFICATIVA

Considerando os benefícios da geração distribuída para o sistema elétrico, o resultado socioambiental positivo e as condições estabelecidas no novo marco regulatório para o setor, é importante avaliar os aspectos que envolvem a implantação de um sistema de geração distribuída, com fonte solar, para uma empresa de pequeno porte, principalmente no que se refere ao aspecto financeiro, o qual deve apresentar viabilidade financeira no médio ou longo prazo.

4 DISCUSSÃO

4.1 Matriz elétrica brasileira

A matriz elétrica no Brasil é composta em sua maioria por fontes renováveis que no decorrer da história, foi favorecida pela abundância de recursos hídricos e se desenvolveu durante o período da expansão dos grandes centros, com a demanda de iluminação, serviços de transporte públicos e o crescimento do segmento industrial.

O setor de manufaturas, no acionamento de sua maquinaria, utilizava como fonte primária de energia o carvão importado. Convencidos de que a eletricidade de origem hidráulica era mais econômica que o carvão importado, os industriais da época passaram a utilizar crescentemente a nova opção. Um exemplo emblemático dessa mudança foi dado pelo empresário Bernardo Mascarenhas. O industrial, pela primeira vez na América Latina, fez uso de motores a hidreletricidade em sua Companhia Têxtil Bernardo Mascarenhas. (GOMES et al., 2002, p. 2).

De acordo com Gomes *et al* (2002), em 1930 a maior parte da geração de energia já era realizada por meio da fonte hidráulica. A entrada de investimentos estrangeiros para o Brasil e a evidente importância do recurso, despertou a atenção da sociedade na época, fato que, em 1934 houve a formalização do Código de Águas. Com aspectos regulatórios mais rígidos, essa lei determinou que as autorizações e concessões deveriam ser conferidas exclusivamente à brasileiros ou empresas organizadas no Brasil. Esse fato reduziu a participação de companhias internacionais no setor.

O desestímulo dos empresários e a restrição às importações de máquinas e equipamentos durante a Segunda Guerra Mundial reduziram efetivamente o ritmo de expansão da capacidade instalada, em descompasso com o crescimento do consumo. (GOMES et al., 2002, p. 5).

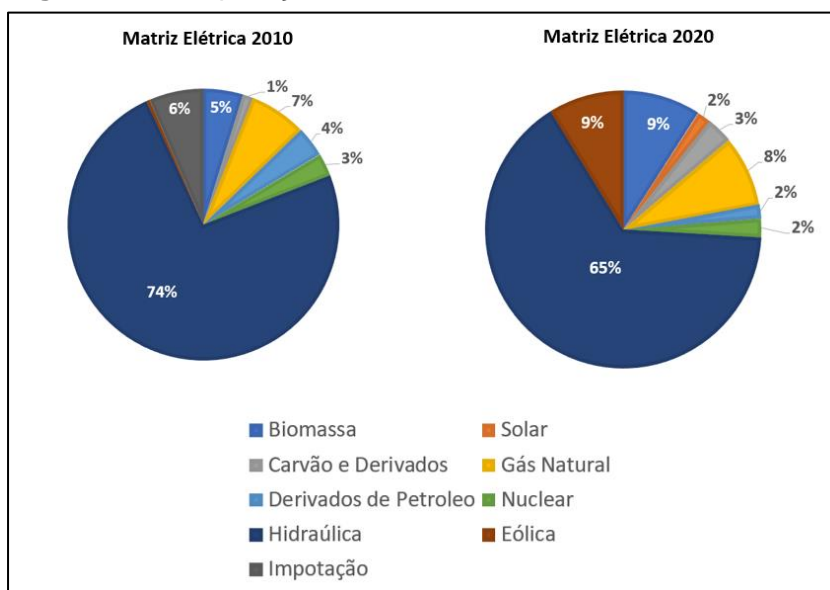
As décadas seguintes foram marcadas por relevante atuação estatal no setor com investimentos e apoio por meio de financiamentos para projetos hidrelétricos estruturais, condição que, até os dias de hoje, sagrou a energia hidráulica como a principal fonte de geração da matriz energética brasileira.

Com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) em 2002 e o novo modelo do setor elétrico Brasileiro (2004), foi observado o incremento da capacidade de geração na matriz energética por meio de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e outras fontes como a biomassa e eólica, sendo essa última a fonte que apresentou o maior desenvolvimento no período.

O ganho de competitividade da indústria eólica brasileira ao longo da década e a perspectiva de continuidade de seu desenvolvimento no país atraíram diversos fornecedores de relevante experiência no mercado mundial. A desaceleração das economias americana e europeia, a partir de 2008, contribuiu para a busca de novos mercados por esses fabricantes e acabou se traduzindo em uma oportunidade para o desenvolvimento do parque produtivo de equipamentos de geração de energia eólica no Brasil. (LAGE; PROCESSI, 2013, p. 195).

Os Balanços Energético Nacional de 2010 e 2020, disponibilizados MME (2011) e MME (2021), indicam que nos últimos dez anos houve incremento de 18,5% no consumo final (2010 – 455,7 TWh e 2021 540,2 TWh). Considerando a redução da participação da geração hidráulica nesse período, que passou de 74% para 65%, pode-se inferir que a maior parte do crescimento de geração de energia foi sustentado pela geração eólica, que teve sua participação na matriz de 0,4% em 2010 para 9% em 2020, conforme quadro a seguir:

Figura 1 – Comparação da matriz elétrica brasileira entre 2010 e 2020.



Fonte: MME (2011) e (2021). Gráficos elaborados pelo autor.

Embora nos últimos anos tenha havido uma redução da participação da fonte hidráulica na matriz elétrica brasileira, notadamente a dependência dessa fonte ainda é elevada. A recente crise hídrica expôs essa fragilidade, com a necessidade de acionamento emergencial de usinas térmicas e a importação de energia de países como Argentina e Uruguai.

Diante da restrição hídrica observada nos últimos, constatou-se que o volume e a velocidade de investimentos na geração de energia renovável mostraram-se insuficientes para atender o aumento da demanda. Essa condição exigiu que, em diversas ocasiões, houvesse o acionamento emergencial de usinas térmicas para suprir a necessidade do sistema.

Além do aspecto ambiental, essa condição produz relevante aumento do custo de geração, com reflexos negativos para economia devido à queda da competitividade da indústria nacional e impacto na renda das famílias.

De acordo com dados divulgados pela CNI (2021) a perda estimada no PIB da indústria de transformação em decorrência do aumento no preço da energia elétrica será de R\$ 1,7 bilhão em 2022 e deve impactar negativamente as exportações em R\$ 5,2 bilhões.

A produção de energia elétrica é o principal insumo no desenvolvimento econômico de um país. O aumento da demanda em um cenário no qual há um pleito da sociedade por uma produção limpa e sustentável é um constante desafio no desenvolvimento e na implementação de uma política estratégica para o segmento.

Mesmo no Brasil, que apresenta um dos melhores cenários de diversidade energética de renováveis, os desafios impostos por um país de dimensão continental, são inúmeros, sobretudo diante da concentração populacional.

A manutenção da matriz elétrica sustentável do Brasil exige aplicação efetiva dos avanços tecnológicos e o aproveitamento eficiente de todos os recursos disponíveis. De acordo com Gomes *et al.* (2002), para o uso eficiente de recursos é necessário que se haja um planejamento setorial energético, com perspectivas de curto e longo prazo, concatenado com políticas que envolvam os setores industrial, agrícola, habitacional, ambiental, entre outros.

4.2 Importância da eficiência energética e aspectos socioambientais

Em cenário de crescente demanda por energia e limitação de fontes de geração, o uso racional dos recursos naturais é um dos aspectos de maior relevância na agenda estratégica global. Nesse sentido, iniciativas voltadas para a redução de consumo e eficiência energética, dentro de um contexto sustentabilidade, têm ganhado força na sociedade.

Nos últimos anos foi possível observar o crescimento de processos de certificação de edificações como LEED, AQUA e Procel-Edifica, bem como, programas de avaliação de consumo de equipamentos, no Brasil coordenado pelo Inmetro, por meio do selo Procel de energia.

Outro aspecto que tem ganhado destaque é a necessidade de realizar uma tarifação binômia para todos os consumidores, com o objetivo de promover o deslocamento da curva demanda para horários fora de ponta.

Podem-se definir como ações de eficiência energética toda e qualquer ação que promova a redução do consumo de energia mantendo se o mesmo nível de serviço prestado. Pode-se afirmar que as ações para o aumento da eficiência energética promovem aumentos na razão entre o nível de energia produzida e o nível de energia consumida. Essas ações de eficiência energética concentram-se normalmente nos estágios de operação e manutenção de sistemas e podem promover, em conjunto com a redução de consumo dos insumos (energia, água, gás etc.), reduções nos custos de operação e/ou manutenção (menos reparos e aumento da eficiência dos sistemas e/ou equipamentos). as ações para a melhoria da eficiência energética podem resultar também em aumentos de lucratividade associados à melhoria da qualidade e da confiabilidade dos processos. (NETO et al., 2021, p. 396).

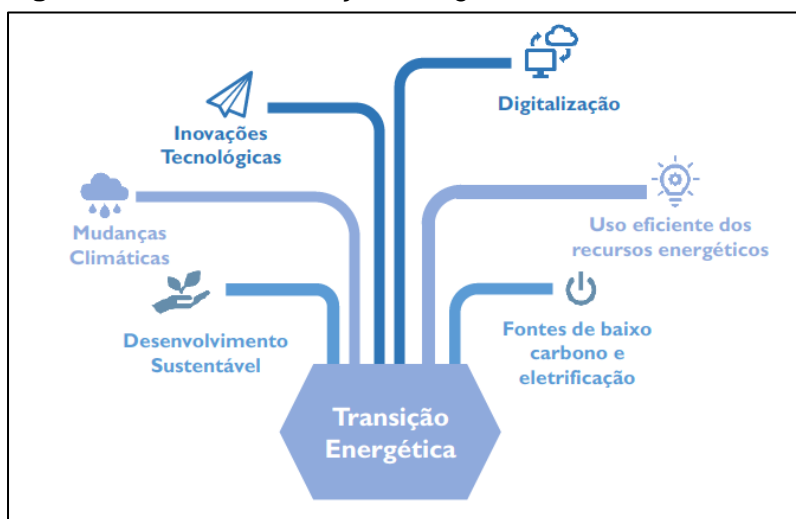
Entre as principais motivações para promoção da eficiência energética estão a redução de custos, aumento de competitividade, melhoria da eficiência econômica com a redução de intensidade energética e os impactos ambientais positivos, principalmente por meio da redução de gases. De acordo com o MME (2020), no Plano Nacional de Energia (PNE) 2050, além dos aspectos de eficiência energética, as questões socioambientais também ganharam relevância a partir do século XXI.

Nesse sentido, tanto a eficiência energética como as questões socioambientais fazem parte do conceito de transição energética na qual se prevê mudanças significativas na estrutura da matriz energética em todo mundo.

Caracteristicamente, as transições energéticas são processos complexos, podendo haver variações de estágio e de ritmo das transformações em diferentes países, regiões ou localidades. Ou seja, em geral, não se trata de um processo linear e de ruptura, mas de longa coexistência entre a fonte que a caracteriza e as fontes que são progressivamente substituídas. Fatores que envolvem transição de infraestrutura de produção, transporte e utilização de energéticos, são alguns que explicam a lenta transição de sistemas energéticos em nível mundial. O atual processo de transição energética tem sido embasado por condicionantes como desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas e inovações tecnológicas associadas à eletrônica e à entrada na era digital. (MME 2020 – PNE 250, p. 34).

Em uma direção de menor impacto ambiental, os estímulos são para o uso mais eficiente de recursos energéticos e aumento do uso de fontes de baixo carbono, que, de acordo com o PNE 2050, estão atrelados maior automação e digitalização de processos, controles e serviços, conforme apresentado na figura a seguir.

Figura 2 – Base de transição energética.



Fonte: MME (2011) – PNE 2050.

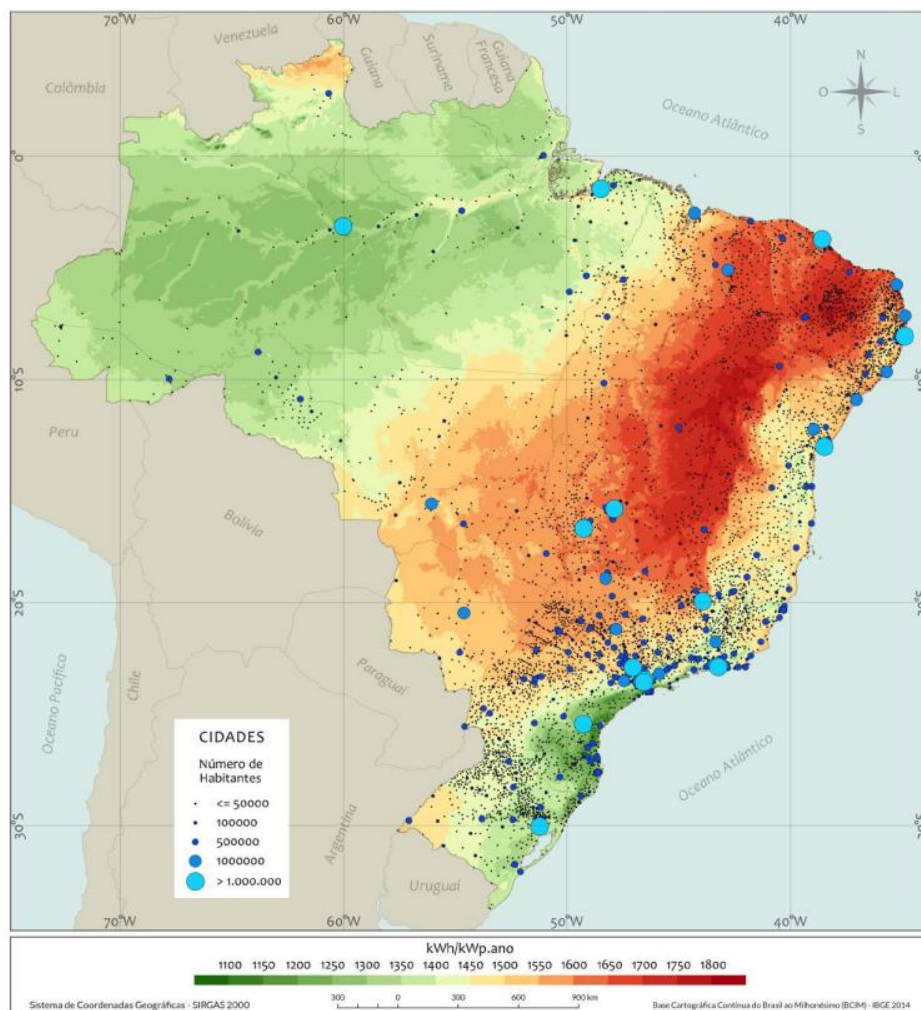
Nesse cenário as organizações passaram a ter um papel relevante nesse processo, de forma que foram desenvolvidas diversas normas para avaliação de desempenho das instalações, entre elas a ISO 50001 que tem objetivo de definir o sistema de gestão de energia e em como esse sistema pode auxiliar no melhor desempenho da carga energética. (NETO *et al.*, 2021 – p. 397).

4.3 Energia Solar Fotovoltaica

Em todo mundo, a energia fotovoltaica tem ganhado força nos últimos anos, principalmente em função da redução de preço das placas fotovoltaicas, a relativa simplicidade de instalação e característica modular, condição que pode atender diversos segmentos, inclusive grandes usinas de geração centralizada.

O território brasileiro possui potencial de geração fotovoltaica de energia privilegiado em comparação com outros países da Europa. A seguir o mapa com rendimento energético anual máximo (medido em kWh de energia elétrica gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada), conforme o mapa da figura 3.

Figura 3 – Potencial de geração solar fotovoltaica.



Fonte: Pereira *et al.* (2017) - Atlas brasileiro de energia solar.

4.4 Estrutura tarifária brasileira

Nas tomadas decisões que envolvem planejamento estratégico e a análise de desempenho energético, a política tarifária é um importante instrumento no gerenciamento do sistema elétrico, de forma a promover mais racionalidade ao uso do sistema.

O desenvolvimento de novas tecnologias, como *IoT (Internet of Things)* e o *Smart Grid*, deixará o consumidor cada vez mais no centro das decisões e com isso, aspectos relacionados aos sinais tarifários passam a ter mais importância no consumo e na eficiência energética.

No Brasil, as tarifas de energia elétrica são divididas nos mercados livre e cativo. No caso dos consumidores livres, a comercialização de energia elétrica é realizada diretamente com produtores independentes de energia, em negociações em que o preço da *commodity* é determinado entre as partes, com incidência de impostos e cobrança de Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST). Atualmente o consumidor que tenha demanda a partir de 500 kW poderá optar por aderir ao mercado livre.

Os consumidores cativos são aqueles que realizam compra da energia diretamente das distribuidoras de energia, que detêm a concessão na região na qual está sendo consumida a energia. Nesse caso, considerando os aspectos de monopólio natural, os preços de energia são regulados pela Aneel. Os consumidores desse mercado são divididos em duas classes de consumo, classificados em função do nível de tensão com que estão interligados e energia consumida, sendo eles: classe A (alta tensão); e classe B (baixa tensão).

Dessa forma, os planos tarifários são diferenciados para essas categorias, sendo a classe B com pagamento de acordo com o consumo de energia em kWh ou MWh e classe A, que além da tarifa de energia possui também a tarifa de demanda.

Quadro 1 – Subgrupos categorias tarifárias mercado cativo

Grupo A – Média e alta tensão		Grupo B – Baixa tensão	
A1	Tensão de 230 kV ou mais	B1	Residencial e Residencial baixa renda
A2	Tensão de 88 a 138 kV	B2	Rural e cooperativa de eletrificação rural
A3	Tensão de 69 kV	B3	Demais classes
A3a	Tensão de 30 kV a 44 kV	B4	Iluminação pública
A4	Tensão de 2,3 kV a 25 kV		
AS	Sistema subterrâneo		

Fonte: Aneel.

4.5 Geração Distribuída e Arcabouço Regulatório

Trata-se geração de energia elétrica realizada por titular de unidade consumidora (consumidor-gerador) conectado diretamente à rede de uma distribuidora de energia.

A geração distribuída no Brasil tem como base o *net metering*, no qual o consumidor-gerador (ou “prosumidor”, palavra derivada do termo em inglês *prosumer – producer and consumer*), após descontado o seu próprio consumo, recebe um crédito na sua conta pelo saldo positivo de energia gerada e inserida na rede (sistema de compensação de energia). (FGV, 2016 – p. 11).

Diferente da geração centralizada, a qual é realizada por meio de usinas de grande porte e que dependem de linhas de transmissão para o transporte da energia, a geração distribuída (GD) tem como característica a proximidade com os centros de carga. A maioria dos sistemas de geração fica localizado na própria unidade consumidora e contemplam as fontes fotovoltaica, eólica, CGHs, biomassa e biogás.

A resolução 482/2012 foi que instituiu o formato atual, no qual as unidades consumidoras com capacidade de até 1 MW podem gerar créditos para descontar da fatura de consumo ao final do mês. Caso haja uma geração maior que o consumo, esse excedente gera crédito para os meses subsequentes, com validade de até três anos, desde que a geração de energia seja proveniente de fontes renováveis.

A resolução 687/2015 trouxe algumas alterações entre elas estão o aumento do limite de capacidade de geração de 1 MW para 5 MW e ampliação da validade de créditos que passou de três anos para 5 anos. Além disso, a norma também criou

modalidades: Empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras; geração compartilhada; e autoconsumo remoto.

A Lei 14.300/2022 instituiu o marco legal para a microgeração e minigeração distribuída. O texto determina que consumidores que participam da Geração Distribuída de energia paguem pela Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD).

O dispositivo também trouxe segurança jurídica para os projetos em operação ou com parecer de acesso, com garantia das regras dos normativos até 31 de dezembro de 2045. Essa condição também vale para aqueles consumidores que solicitarem a entrada no sistema de geração distribuída até doze meses após a publicação da referida lei.

Para os novos consumidores que aderirem, haverá uma transição de seis anos, de forma que comecem a pagar a partir de 2023 com o equivalente a 15% dos custos da TUSD, com percentual subindo gradativamente, conforme quadro 2.

Quadro 2 – Percentual da tarifa TUSD período de transição.

15%	a partir de 2023
30%	a partir de 2024
45%	a partir de 2025
60%	a partir de 2026
75%	a partir de 2027
90%	a partir de 2028

Fonte: Lei nº 14.300/2022.

Para as unidades de minigeração distribuída acima de 500 kW na modalidade autoconsumo remoto ou na modalidade geração compartilhada, haverá incidência, até 2028, de:

- 100% do custo de distribuição;
- 40% do custo de transmissão;
- 100% dos encargos de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética e taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica.

4.6 Microgeração e minigeração distribuída

O texto aprovado define que a microgeração distribuída se aplica para aqueles que geram energia por meio cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, sendo que as centrais geradoras com potência instalada menor ou igual a 75 kW ficam classificadas como microgeradores e aqueles com potência instalada maior a 75 kW ou igual a 5 MW são classificados como minigeradores, com exceção das fontes não despacháveis que ficam limitados a 3 MW.

A micro e minigeração distribuída teve crescimento impulsionado no Brasil por ações regulatórias. De acordo com o MME (2021), por meio do Balanço Energético Nacional (BEN), ano base 2020, a micro e minigeração distribuída atingiu 5.268 GWh, com potência instalada de 4.768 MW, com destaque para a fonte solar fotovoltaica, com geração de 4.764 GWh.

4.7 Estudo de Caso

Para a realização do estudo foi escolhida uma fábrica de cervejas artesanais localizada em Sorocaba. A empresa atua há seis anos no segmento e possui em seu portfólio diversos prêmios internacionais.

De acordo com a Cerveja Livre (Associação das Microcervejarias do Interior do Estado de São Paulo), das 188 microcervejarias localizadas no estado de São Paulo, 30 estão situadas na região metropolitana de Sorocaba.

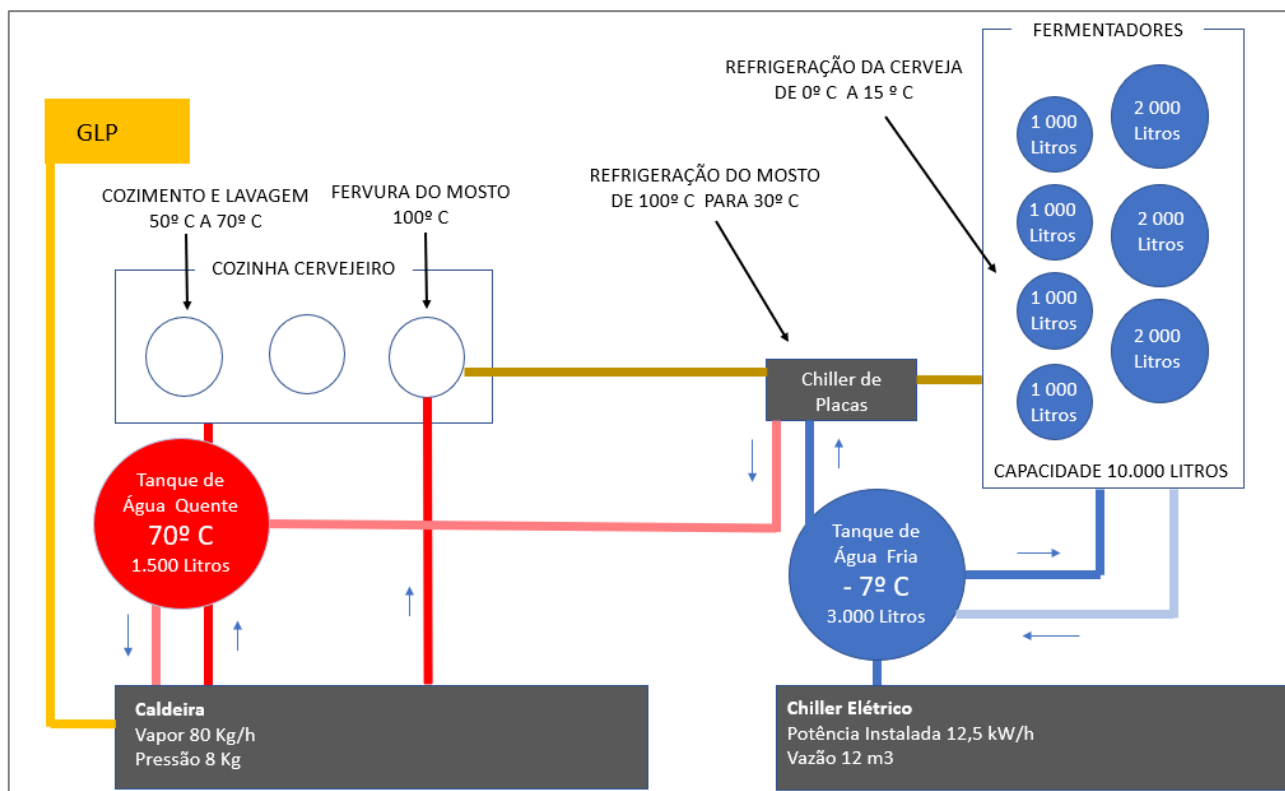
Em função desse potencial, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo reconheceu a região como Polo Cervejeiro, classificando como Arranjo Produtivo Local (APL).

Diferente das grandes cervejarias que adotam um sistema de larga escala, a cerveja artesanal possui processo de fabricação controlado em pequenos lotes, no qual algumas etapas variam de acordo com o tipo da cerveja, e podem levar em torno de 20 dias a 30 dias para a sua finalização.

Durante a fabricação da cerveja, existe demanda térmica em todo processo. A primeira etapa é realizada com o cozimento dos maltes, conhecido como mosto, processo que utiliza rampa de temperatura até 100°C, período que leva aproximadamente 12 horas. Após essa etapa, o processo passa para o ciclo frio no

qual há o resfriamento do produto, que passa para os tanques de fermentação, em temperaturas que podem chegar até a 0°C.

Figura 4 – Ciclos frio e quente microcervejaria estudo de caso.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Cervejaria está situada na jurisdição da CPFL Piratininga e está enquadrada na modalidade tarifária classe B3 e não participa de nenhum programa de eficiência energética.

Considerando o porte da empresa e as características do processo produtivo, a proposta escolhida foi de realizar estudo para implantação de um sistema de minigeração distribuída, com geração por meio de painéis fotovoltaicos. Considerando as características do prédio e a ausência de espaço no local, optou-se em escolher a modalidade de autoconsumo remoto.

Para a instalação dos equipamentos, foi considerada a locação de uma área, em um raio de até 50 Km das instalações da fábrica, desde que o imóvel escolhido esteja sob a jurisdição da CPFL Piratininga e apresente viabilidade para acesso à rede de distribuição.

O estudo da irradiação solar é uma das principais premissas na implantação de um sistema de geração de energia solar. Para o presente estudo de caso foi utilizado os dados disponibilizados por meio do site da Cresesb/Sundata com base nas coordenadas do município de Sorocaba.

O potencial solar de Sorocaba, indica uma radiação média anual no plano horizontal de $H = 4,76 \text{ kWh/m}^2 \text{ dia}$, com máximo obtido para um ângulo de inclinação $B = 21^\circ \text{ N}$ no valor $H_t = 4,99 \text{ kWh/m}^2 \text{ dia}$.

A figuras 5 e 6 apontam a incidência de irradiação solar média no decorrer do ano para região geográfica de instalação do projeto.

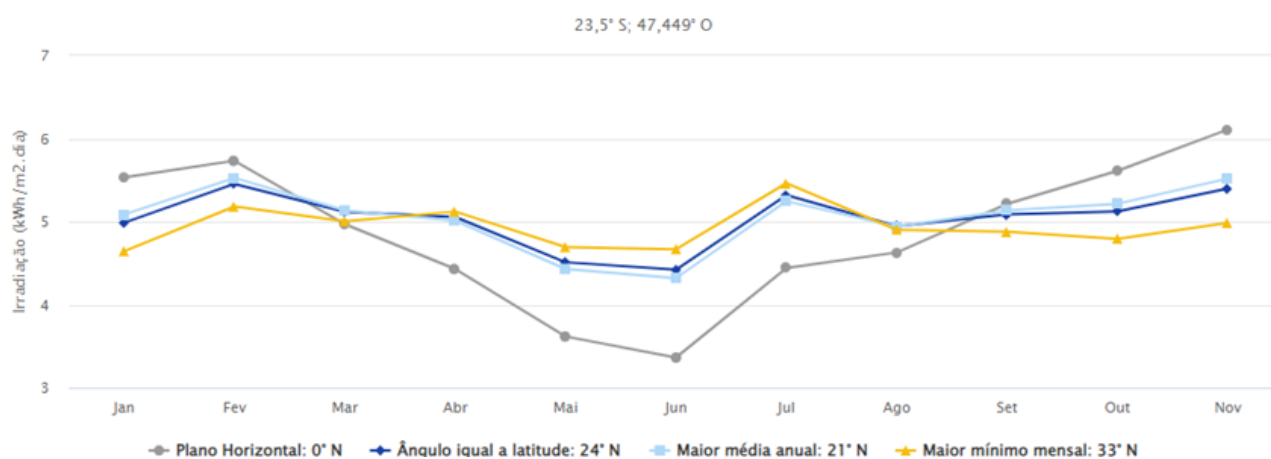
Figura 5 – Irradiação solar média região de Sorocaba.

Distancia do ponto de ref. (23,5062° S; 47,4559° O) : 1,0 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		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,53	5,73	4,97	4,43	3,62	3,36	3,46	4,44	4,63	5,21	5,61	6,11	4,76	2,75
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	24° N	4,99	5,45	5,12	5,05	4,51	4,42	4,44	5,32	4,95	5,08	5,12	5,40	4,99	1,03
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	5,09	5,53	5,13	5,01	4,43	4,32	4,35	5,25	4,94	5,14	5,21	5,52	4,99	1,21
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	33° N	4,64	5,18	5,01	5,12	4,69	4,67	4,66	5,46	4,90	4,88	4,79	4,98	4,92	,82

Fonte: Cresesb/Sundata

Figura 6 – Gráfico irradiação mensal média região de Sorocaba.

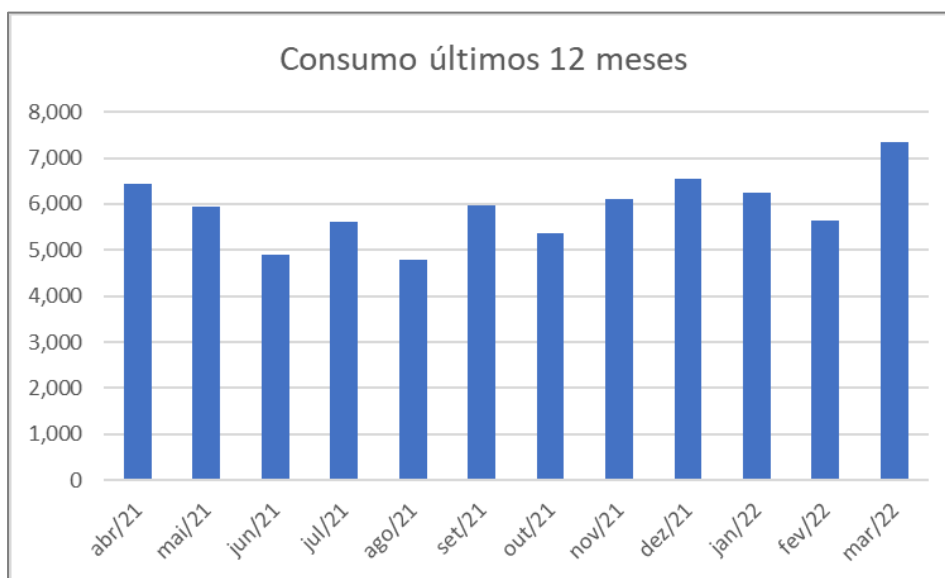


Fonte: Cresesb/Sundata

Os dados de consumo foram obtidos por meio das faturas de energia disponibilizadas pela empresa. Como a Cervejaria não participa do programa tarifa branca, a sua tarifação é monômnia, ou seja, é calculada somente pelo seu consumo.

A maior parte do consumo de energia é utilizado no processo de refrigeração, de forma que não existe grandes picos de utilização. Além disso, não há relevante processo de sazonalidade na produção, conforme figura a seguir com os últimos 12 meses de consumo:

Figura 7 – Consumo de energia dos últimos 12 meses.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar que a média nos últimos doze meses foi de 5.911 kWh/mês, sendo março de 2022 o mês que ocorreu o maior consumo da série histórica. A planta fabril está próxima de sua capacidade máxima de produção, dessa forma, não se vislumbra aumento significativo do consumo de energia para os próximos anos.

Com base no histórico de consumo da Cervejaria, utilizou-se como premissa que a empresa deve manter uma média de 6.000 kWh mês. A título de dimensionamento, considerou-se que a empresa demandará um consumo diário de 200 kWh.

O dimensionamento dos módulos fotovoltaicos foi realizado com base no consumo da empresa, ponderando aspectos que atendam próximo da totalidade da sua demanda de energia. O quadro 3 aponta características técnicas do modelo

utilizado no presente estudo, o qual pode ser facilmente encontrado no mercado brasileiro.

Quadro 3 – Características técnicas dos painéis fotovoltaicos utilizados.

Potência máxima nominal	455 W
Tipo de Célula	Monocristalino
Voltagem em potência máxima	1.000 V
Corrente em potência máxima	11,02 A
Voltagem de circuito aberto	49,3 V
Corrente de curto-circuito	11,66 A
Eficiência do módulo	20,06%
Faixa de Temperatura de operação	42 °C
Voltagem máxima do sistema	41,3 V
Dimensões	1048 x 2108 x 35 mm
Valor médio de mercado	R\$ 1.270,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a realização do cálculo da energia que será injetada na rede, foi ponderado o consumo de energia da empresa durante o ano, a eficiência dos painéis fotovoltaicos (PF) e a irradiação solar do local, com base no conceito horas de sol pleno, conforme equação (1).

No que se refere à HSP, de acordo com apresentado por Nakano *et al.* (2021), trata-se de um conceito desenvolvido pelo Cresesb, no qual o número de horas com uma irradiação $G_t = 1 \text{ kW/m}^2$ possibilita uma radiação no plano do PF igual HT ($\text{kWh/m}^2 \text{ dia}$).

Quanto à taxa de desempenho (TD), de acordo com Nakano *et al.* (2021), deve se considerar o rendimento do inversor, temperatura de operação do PF, perdas no cabeamento, sujeira na superfície, entre outros. Para o Brasil o Cresesb recomenda valores na faixa de $0,7 < TD < 0,8$. Para o estudo utilizou-se como premissa o $TD = 0,75$.

$$E_{rede} = N \times P_{mp}^0 \times (HSP) \times (TD) \quad \dots(1)$$

$$200 \left(\frac{kWh}{dia} \right) = N \times 0,455 (kW) \times 4,99 \left(\frac{h}{dia} \right) \times 0.75$$

$$N = 117,45$$

Onde:

- E_{rede} = Energia a ser injetada na rede
- N = Número de painéis fotovoltaicos
- P_{mp}^0 = Potência máxima do painel (STC)
- HSP = Horas de sol pleno
- TD = Taxa de desempenho.

Dessa forma, considerando a configuração proposta, chegou-se ao resultado de 117,45 painéis, que deve ser ajustado para número inteiro e, dada as características técnicas do inversor que possui quatro entradas, deverá ser múltiplo de quatro, chegando ao número de 120 PFs.

Considerando os números de PF definidos é possível calcular a potência do sistema por meio da equação (2).

$$P_{pGFV} = N \times P_{mp}^0 \quad \dots(2)$$

$$P_{pGFV} = 120 \times 0,455 kW$$

$$P_{pGFV} = 54,60 kW_p$$

Onde:

- P_{pGFV} = Potência pico do gerador
- N = Número de painéis fotovoltaicos
- P_{mp}^0 = Potência máxima do painel (STC)

Para o dimensionamento dos inversores foi considerado o Fator de Dimensionamento do Inversor – FDI, que é calculado pela razão entre potência nominal de saída do inversor e a potência máxima do gerador fotovoltaico, conforme

equação (3). O quadro 4 aponta características técnicas do modelo utilizado no presente estudo.

Quadro 4 – Características técnicas dos inversores utilizados.

Entrada CC	
Máxima voltagem	1000 V
Potência nominal CC	48 kW
Número de entradas	4
Máxima corrente de curto circuito	454 V - 850 V
Saída CA	
Potência nominal CA	40 kW
Conexão com rede	Trifásica
Faixa de tensão de saída	400 V
Corrente máxima de saída	60,8 A
Frequência	50 / 60 Hz
Eficiência	
Máxima eficiência	98,8%
Valor médio de mercado	R\$ 28.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

$$(FDI) = \frac{P_{inCA}}{P_{pGFV}} \quad \dots(3)$$

$$(FDI) = \frac{40 \text{ kW}}{54,60 \text{ kW}_p}$$

$$(FDI) = 0,73$$

Onde:

(FDI) = Fator de Dimensionamento de Inversores

P_{inCA} = Potência nominal em corrente alternada do inversor

$$P_{pGFV} = \text{Potência pico do gerador fotovoltaico}$$

Considerando as características do imóvel em que a empresa está instalada, no qual não há viabilidade para instalações dos PFs no telhado da planta fabril, conforme já mencionado, para o presente estudo foi proposto a locação de imóvel em raio de até 50 km das instalações da Cervejaria.

Em consulta às principais imobiliárias da região, foi constatado que existem ofertas de imóveis que oferecem condições para acesso à rede da distribuidora de energia, situados em um raio de até 50 Km da Cervejaria, com valores de aluguel anual que variam entre R\$ 10,00 e R\$ 15,00 o m² (incluídas as despesas com o IPTU). Como premissa do estudo, foi considerada uma área de 1.000 m², com valor anual de R\$ 12.000,00.

4.8 Resultado

No que se refere ao CAPEX, nos dois estudos foi atribuído o investimento de R\$ 239,4 mil, conforme indicado no quadro 5.

Quadro 5 – Investimentos previstos.

Descrição	Quantidade	Valor Unitário - R\$	Valor Total - R\$
Painéis Fotovoltaicos	120	1,270	152,400
Suporte (Perfil Alumínio)	120	75	9,000
Inversores	1	28,000	28,000
Instalação	1	20,000	20,000
Projeto Executivo	1	20,000	20,000
Sistema de Segurança	1	10,000	10,000
			239,400

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os investimentos referentes aos equipamentos somam o montante de R\$ 229,4 mil, que resultará em uma capacidade instalada de 54,6 KWp, o que representa R\$ 4,2 mil por R\$/kWp. O restante do investimento (R\$ 10 mil) será destinado ao sistema

de segurança patrimonial, com instalação de câmeras de monitoramento, alarmes e outras barreiras perimetrais (concertina/cerca elétrica).

O valor estimado para instalação do sistema de geração está em linha com informações disponíveis no mercado que, de acordo com consulta realizada no Portal Solar¹ em 20/04/2022, sistemas de porte semelhante possuem preços de instalação R\$/kWp que variam entre R\$ 3,8 mil e R\$ 4 mil.

No quadro 6 é possível comparar o custo de operação do modelo atual (concessionária de energia) com a implantação do sistema de geração distribuída.

No cenário projetado foi ponderada a redução de desconto TUSD nos próximos seis anos, com cobrança da tarifa em sua totalidade a partir de 2029. Outra premissa foi a utilização das bandeiras tarifárias (Verde, Amarela e Vermelha), na qual se estimou um custo adicional anual de 10%, aplicado sobre as tarifas de energia (TE) e distribuição (TUSD).

Para a realização do cálculo de retorno do investimento, foi considerado o custo estimado de energia para os próximos anos, de acordo com a classificação da empresa (baixa tensão - B3) e média do consumo anual proposto, subtraído das despesas para manutenção do sistema de geração no formato remoto. O resultado foi indicado como “economia operacional”, conforme apontado no quadro 6.

O estudo adotou como hipótese que os reajustes da tarifa de energia (inflação energética²) para o período projetado tenham aumento de 10% ao ano.

¹ Empresa participante do Grupo Votorantim que atua na divulgação de informações, produtos e serviços direcionados para sistemas fotovoltaicos (site: www.portalsolar.com.br).

² Jargão utilizado no mercado para identificar os aumentos relacionados aos custos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Quadro 6 – Comparação entre sistema atual e geração distribuída.

	Referência 2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Premissas											
Demanda Energia Elétrica Anual - kWh	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000
Energia Gerada SFV Anual - kWh	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000
Tarifa TE - R\$/MWh	440.04	484.04	532.45	585.69	644.26	708.69	779.56	857.51	943.26	1037.59	1141.35
Tarifa TUSD - R\$/MWh	391.79	430.97	474.07	521.47	573.62	630.98	694.08	763.49	839.84	923.82	1016.20
Bandeira Tarifária 10% - R\$	83.18	91.50	100.65	110.72	121.79	133.97	147.36	162.10	178.31	196.14	215.76
IPCA Ano- %		6.59%	3.75%	3.15%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Inflação Energética		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Custo Operacional Anual - Modelo Atual											
Custo TE		35,819	39,401	43,341	47,675	52,443	57,687	63,456	69,802	76,782	84,460
Custo TUSD		31,892	35,081	38,589	42,448	46,693	51,362	56,498	62,148	68,363	75,199
Bandeira Tarifária - R\$		6,771	7,448	8,193	9,012	9,914	10,905	11,995	13,195	14,514	15,966
Custo Total		74,482	81,930	90,123	99,136	109,049	119,954	131,950	145,144	159,659	175,625
Custo Operacional Anual - GD											
Custo TE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Custo TUSD		4,784	10,524	17,365	25,469	35,019	46,226	56,498	62,148	68,363	75,199
Cobrança TUSD		15%	30%	45%	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%
Despesas com locação Imóvel	12,000	12,791	13,270	13,688	14,099	14,522	14,958	15,406	15,869	16,345	16,835
Despesas O&M	10,000	10,659	11,059	11,407	11,749	12,102	12,465	12,839	13,224	13,621	14,029
CAPEX Manutenção	5,000	5,330	5,529	5,704	5,875	6,051	6,232	6,419	6,612	6,810	7,015
Custo Total		33,563	40,383	48,164	57,192	67,694	79,881	91,163	97,852	105,138	113,078
Economia Operacional		40,919	41,547	41,959	41,944	41,355	40,073	40,787	47,292	54,521	62,547
	Referência 2022	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Premissas											
Demanda Energia Elétrica Anual - kWh	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000
Energia Gerada SFV Anual - kWh	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000	74,000
Tarifa TE - R\$/MWh	440.04	1,255	1,381	1,519	1,671	1,838	2,022	2,224	2,447	2,691	2,960
Tarifa TUSD - R\$/MWh	391.79	1,118	1,230	1,353	1,488	1,637	1,800	1,980	2,178	2,396	2,636
Bandeira Tarifária 10% - R\$	83.18	237	261	287	316	347	382	420	462	509	560
IPCA Ano- %		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Inflação Energética		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Custo Operacional Anual - Modelo Atual											
Custo TE		92,906	102,197	112,416	123,658	136,024	149,626	164,589	181,047	199,152	219,067
Custo TUSD		82,719	90,991	100,090	110,099	121,109	133,220	146,542	161,196	177,315	195,047
Bandeira Tarifária - R\$		17,562	19,319	21,251	23,376	25,713	28,285	31,113	34,224	37,647	41,411
Custo Total		193,187	212,506	233,757	257,132	282,845	311,130	342,243	376,467	414,114	455,525
Custo Operacional Anual - GD											
Custo TE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Custo TUSD		82,719	90,991	100,090	110,099	121,109	133,220	146,542	161,196	177,315	195,047
Cobrança TUSD		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Despesas com locação Imóvel	12,000	17,340	17,860	18,396	18,948	19,516	20,102	20,705	21,326	21,966	22,625
Despesas O&M	10,000	14,450	14,884	15,330	15,790	16,264	16,752	17,254	17,772	18,305	18,854
CAPEX Manutenção	5,000	7,225	7,442	7,665	7,895	8,132	8,376	8,627	8,886	9,152	9,427
Custo Total		121,734	131,177	141,481	152,732	165,021	178,449	193,128	209,180	226,739	245,953
Economia Operacional		71,453	81,329	92,275	104,400	117,825	132,681	149,115	167,288	187,375	209,573

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 7 – Retorno do investimento

Ano	Fluxo de Caixa (R\$)	Fluxo de Caixa Acumulado (R\$)
2022	- 239,400	- 239,400
2023	40,919	- 198,481
2024	41,547	- 156,934
2025	41,959	- 114,974
2026	41,944	- 73,030
2027	41,355	- 31,676
2028	40,073	8,398
2029	40,787	49,185
2030	47,292	96,477
2031	54,521	150,997
2032	62,547	213,544
2033	71,453	284,997
2034	81,329	366,327
2035	92,275	458,602
2036	104,400	563,002
2037	117,825	680,827
2038	132,681	813,508
2039	149,115	962,623
2040	167,288	1,129,911
2041	187,375	1,317,286
2042	209,573	1,526,859

Taxa Interno de Retorno - TIR 21%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora os fabricantes dos painéis fotovoltaicos normalmente assegurem uma vida útil de aproximadamente 25 anos para os equipamentos, no entanto, com o propósito de adotar premissas conservadoras para a realização do presente estudo, no cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) foi considerado o período de 20 anos, condição que resultou em uma TIR de 21%.

Quando se utiliza a taxa básica de juros (SELIC) de 11,75% como Taxa Mínima de Atratividade (TMA), pode-se observar que o retorno financeiro é superior com a implantação do sistema geração de distribuída. Com base na simulação proposta, o pagamento total do investimento será realizado entre o quinto e sexto ano após a entrada em funcionamento.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como proposta realizar a implantação de um sistema de geração distribuída autoconsumo remoto para um fabricante de cervejas de pequeno porte, bem como, demonstrar os aspectos positivos desse tipo de empreendimento para matriz elétrica brasileira.

Em uma sociedade que está em constante transformação e que demanda cada vez mais o uso da energia elétrica para seu desenvolvimento, há um anseio pela implantação de políticas estratégicas que incentivem modelos de geração sustentáveis, tanto sob a ótica financeira como socioambiental.

Nesse sentido, a recente aprovação do marco legal para geração distribuída, foi um importante passo na legislação brasileira para o incentivo do uso racional dos recursos, de forma que hoje é possível realizar investimentos na geração de energia renovável, por meio dessa modalidade, com segurança jurídica e previsibilidade de retorno financeiro.

Na projeção de fluxo de caixa da cervejaria optou-se em atender a sua demanda total de energia. Para isso, foi estimado um investimento no valor de R\$ 239,4 mil e, além disso, foi considerado o incentivo, aprovado em lei, para isenção gradual da TUSD até 2028.

Na proposta, a empresa passaria ser autossuficiente por meio da geração de energia renovável, condição que pode ser utilizada como uma estratégia de posicionamento da marca e agregar valor perante aos seus Clientes. Além disso, com a implantação do sistema, a empresa conseguiria trazer previsibilidade do custo da energia, minimizando as elevações de tarifas, principalmente em períodos de estiagem nos quais têm sido utilizados mecanismos de bandeiras tarifárias.

No cenário proposto, com inflação energética estimada em 10% ao ano, observa-se um prazo de aproximadamente 5 anos para recomposição do capital investido.

Havendo o entendimento que para os próximos anos o custo da energia continuará em uma trajetória de reajustes, acima da inflação aferida no período, conforme apresentando no estudo, a implantação do sistema é viável, pois apresenta

um tempo de retorno do investimento razoável, com uma TIR de 21%, superior a SELIC utilizada como TMA.

O estudo evidencia que a previsão de longo prazo para o aumento do custo da energia elétrica é um fator determinante para tomada de decisão. É importante ressaltar que na avaliação do investimento, além dos aspectos relacionados à conjuntura econômica brasileira e mundial, é necessário também considerar quais serão os reflexos das mudanças climáticas no ciclo hidrológico brasileiro.

Além dos impactos na matriz elétrica brasileira, países desenvolvidos têm firmado acordos de redução de emissão de carbono. Tomando como exemplo os fabricantes de painéis fotovoltaicos, que em sua maioria estão localizados na China, o segmento de energia renovável é formado por poucos *players*, dessa forma, os massivos investimentos anunciados recentemente pelos EUA e países europeus, devem pressionar a demanda em toda cadeia de fornecedores, condição que deve provocar aumento de preços desses equipamentos nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL (Brasil). Resolução normativa 482/2012. 17/04/2012. [S. l.], 2012. Disponível em: https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/08/REN-482_2012.pdf. Acesso em: 2 abr. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (Brasil). **Impacto do aumento econômico do aumento no preço da energia elétrica**, Brasília, p. 1 - 157, 30 dez. 2021. DOI Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/portaldaindustria/noticias/media/filer_public/ca/52/ca525a20-8317-401e-a783-60b6afe15d34/impacto_economico_do_aumento_no_preco_da_energia_eletrica.pdf. Acesso em: 8 mar. 2022.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (Brasil). **Recursos Energéticos Distribuídos**, Rio de Janeiro, p. 1 – 99, mai. 2016. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/fgvenergia-recursos-energeticos-book-web.pdf>

GOMES, Antonio Claret Silva *et al.* **O setor elétrico**. São Paulo, Elizabeth Maria De; KALACHE FILHO, Jorge (Org.). Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social 50 anos: histórias setoriais. Rio de Janeiro : Dbá , 2002. Sem volume, p.[321]-347. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/13975>. Acesso em: 23 mar. 2022.

LAGE, Elisa Salomão; PROCESSI, Lucas Duarte. **Panorama do setor de energia eólica**. Revista do BNDES, Brasília, 2013. DOI Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2926/1/RB%2039%20Panorama%20do%20setor%20de%20energia%20e%20c%20b3lica_P.pdf. Acesso em: 9 mar. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2011: Ano base 2010**. Balanço Energético Nacional 2011, Brasília, p. 1-266, 2011. DOI Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2011>. Acesso em: 8 mar. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2021: Ano base 2020**. Balanço Energético Nacional 2020, Brasília, p. 1-266, 2021. DOI Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2021>. Acesso em: 8 mar. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). Secretaria de Planejamento e desenvolvimento energético. **Plano Nacional de Energia 2050**, Brasília, p. 1 - 115, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 17 fev. 2022.

NAKANO, Alvaro *et al.* Energia Renováveis, **Geração Distribuída e Eficiência Energética**. 2ª edição. ed. atual. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2021. 490 p. ISBN 978-85-216-3735-6.

NETO, Alberto Hernandez *et al.* Energia Renováveis, **Geração Distribuída e Eficiência Energética**. 2ª edição. ed. atual. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2021. 490 p. ISBN 978-85-216-3735-6.

PEREIRA, Enio Bueno *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. 2ª edição. ed. São José dos Campos: [s. n.], 2017. 80 p. ISBN 9788517000898. DOI <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 24 mar. 2022.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 14300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. [S. l.], 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm. Acesso em: 2 abr. 2022.