



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS**

**CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**

**APLICAÇÃO INDUSTRIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: GANHOS EM EFICIÊNCIA ECONÔMICO-FINANCEIRA, SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO**

**Guilherme Macedo Pedrosa**

**Mariana**

**2021**

**GUILHERME MACEDO PEDROSA**

**APLICAÇÃO INDUSTRIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: GANHOS EM EFICIÊNCIA ECONÔMICO-FINANCEIRA, SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Administração da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para obtenção do título Bacharel em Administração.

**Orientadora:** Profa. Dra. Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza

**Mariana**

**2021**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P372a Pedrosa, Guilherme Macedo .  
Aplicação industrial da energia solar fotovoltaica [manuscrito]:  
ganhos em eficiência econômico-financeira, sustentabilidade e inovação. /  
Guilherme Macedo Pedrosa. - 2021.  
36 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. CLARISSE DA SILVA VIEIRA CAMELO DE  
Souza.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Administração .

1. Eficiência industrial. 2. Energia solar. 3. Sistemas de energia  
elétrica. 4. Indústrias. I. Souza, CLARISSE DA SILVA VIEIRA CAMELO DE .  
II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 005.73



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Guilherme Macedo Pedrosa**

**Aplicação Industrial da Energia Solar Fotovoltaica: Ganhos em Eficiência Econômico-Financeira, Sustentabilidade e Inovação**

Monografia apresentada ao Curso de Administração da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração

Aprovada em 03 de Maio de 2021

**Membros da banca**

[Doutora] - Clarisse da Silva Vieira Camêlo de Souza - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)  
[Doutora] - Simone Aparecida Simões Rocha - (Universidade Federal de Ouro Preto)  
[Mestranda] - Itaiane de Paula - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/05/2021



Documento assinado eletronicamente por **Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/05/2021, às 15:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0169276** e o código CRC **722B6A18**.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, amigos, professores e colegas de trabalho, que passaram pela minha vida, exponho meus sinceros e profundos agradecimentos.

É por meio de vocês, que fazem/fizeram parte do meu círculo social, que eu adquiri grande parte do meu conhecimento e que, hoje, me encontro apto ao desenvolvimento deste trabalho.

Em especial, dedico esse trabalho a meus pais, pelo amor incondicional e aplicação de recursos diversos para o meu desenvolvimento educacional/profissional.

À minha avó, por ter sido o meu maior exemplo de organização, esforço e planejamento.

À minha irmã, por ter se tornado uma figura importantíssima na minha vida, sendo meu maior exemplo de dedicação, esforço, perseverança e resiliência.

Por fim, agradeço a todos aqueles que passaram pela minha vida e que, de alguma forma, deixaram alguma contribuição direta ou indireta.

**GUILHERME MACEDO PEDROSA**

*"Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma"*

Antoine Laurent Lavoisier

## RESUMO

Atualmente, um dos assuntos de maior relevância dentro das indústrias é a energia. Isso se deve ao fato de que seu elevado custo pode implicar na alta manutenção do funcionamento da fábrica e afetar diretamente sua competitividade no mercado.

Ademais, a forma com que se gere a energia pode ser otimizada, trazendo impactos positivos, não somente financeiros, mas também impactos em inovação e sustentabilidade

O presente estudo objetiva verificar, identificar e caracterizar o uso de energia solar fotovoltaica por indústrias brasileiras, além de identificar ganhos nesses três pilares: eficiência econômico-financeira, sustentabilidade e inovação.

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados três tipos de pesquisa: exploratória, explicativa e descritiva, que confirmaram, de maneira satisfatória, os três pilares objetos de estudo.

**Palavras-chave:** Energia. Solar. Fotovoltaica. Indústrias. Eficiência.

## ABSTRACT

Currently, one of the most relevant issues within industries is energy. This is due to the fact that its high cost may imply the high maintenance of the factory's operation and directly affect its competitiveness in the market.

In addition, the way energy is generated can be optimized, bringing positive impacts, not only financial, but also impacts on innovation and sustainability

The present study aims to verify, identify and characterize the use of photovoltaic solar energy by Brazilian industries, in addition to identifying gains in these three pillars: economic and financial efficiency, sustainability and innovation.

For the development of this study, three types of research were used: exploratory, explanatory and descriptive, which satisfactorily confirmed the three pillars object of study.

**Keywords:** Energy. Solar. Photovoltaic. Industries. Efficiency



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Repartição da Oferta Interna de Energia - OIE.....	11
Tabela 2 - Empresas finalistas e suas respectivas informações técnicas de atendimento.....	22
Tabela 3 - Consumo médio de energia elétrica de 2016 a 2018 em (kWh).....	24
Tabela 4 - Análise investimento 25 anos fotovoltaica.....	28

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Participação de Renováveis na Matriz Energética.....	17
Gráfico 2 - Geração de Energia Solar Fotovoltaica x Consumo Mensal.....	29
Gráfico 3 - Comparativo Investimentos.....	32

**LISTA DE SIGLAS**

CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
COP21	Confederações das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
BEN	Balanço Energético Nacional
HSE	Saúde, Segurança e Meio Ambiente
TI	Tecnologia da Informação
C.D.	Centro de Distribuição
GNV	Gás Natural Veicular
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
kWh	Quilowatt-hora
kWp	Quilowatt-pico - kWp unidade de potência criada especialmente para medição de geração de energia em painéis fotovoltaicos
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno
CDI	Certificado de Depósito Interbancário
A.M.	Ao mês - valor de referência com base em um mês
A.A.	Ao ano - valor de referência com base em um ano
MAE	Mercado Atacadista de Energia
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	11
2.1 O MERCADO DE ENERGIA NO BRASIL .....	11
2.1.2 O MERCADO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	13
2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	15
2.2.1 GANHOS ECONÔMICO-FINANCEIROS .....	16
2.2.2 GANHOS EM SUSTENTABILIDADE.....	17
<b>3 METODOLOGIA</b>	18
<b>4 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO</b>	19
4.1 A EMPRESA .....	19
4.1.1 DETALHES DAS OPERAÇÕES NA PRODUÇÃO E NO C.D.	19
4.1.1.1 OPERAÇÕES NA PRODUÇÃO	20
4.1.1.2 OPERAÇÕES NO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	20
4.2 O PROJETO.....	21
4.2.1 VANTAGENS DO PROJETO	25
4.2.1.1 GANHOS ECONÔMICO-FINANCEIROS	25
4.2.1.2 GANHOS EM SUSTENTABILIDADE	26
<b>5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	28
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	30
<b>REFERÊNCIAS</b>	32

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações dos gestores de várias empresas está relacionada ao valor pago pelo consumo de energia. Pois, segundo Firjan (2017), a energia elétrica pode representar mais de 40% dos custos de produção, nas pequenas e médias indústrias. Dessa forma, a proposição de novas tecnologias que possibilitem menores custos, dentro dessa temática da energia, se faz extremamente importante para o melhor posicionamento estratégico da empresa a longo prazo.

O presente trabalho visou à discussão acerca da temática de energia solar fotovoltaica dentro de uma indústria do setor químico, envolvendo a elaboração de um projeto de suprimento de 40% da demanda energética da empresa por energia solar fotovoltaica.

Para Peroni (2018), embora o Brasil tenha um enorme potencial de geração de energia solar fotovoltaica, considerando os altos níveis de irradiação solar em diversas regiões, a produção ainda é pequena quando comparada com outros países.

De acordo com Gabriela Fanton (2019), embora em países como China, Alemanha, Austrália, Índia e Estados Unidos, a aplicação da energia solar fotovoltaica tenha tomado maiores proporções, essa fonte de geração de energia ainda se encontra em um estado marginal na matriz energética brasileira.

“Curiosamente, as condições favoráveis para a difusão dessa tecnologia no Brasil, como os altos níveis de irradiação solar e uma das tarifas de energia mais caras do mundo, não foram suficientes para tornar o país um líder no setor.” (Fanton, 2019, p 06).

Segundo WEC (2013), “A WEC estima, a nível mundial, a expansão da fonte solar, entre 2010 e 2050, em gigantesca ordem de 22000% (de 34 TWh / ano em 2010; para 7.741 TWh / ano em 2050” (apud Wittmann, 2016, p. 106).

Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017, p. 59), “dentre os vários cenários e as aplicações de energia solar, a geração fotovoltaica de energia elétrica tem grande potencial no Brasil, com taxa de desempenho médio anual de 80% para um gerador solar fotovoltaico projetado adequadamente e instalado com equipamentos de boa qualidade” (apud Peroni, 2018, p. 31).

Assim, considerada uma fonte limpa de energia, o fomento do investimento na tecnologia solar fotovoltaica pode trazer numerosos benefícios, como ganhos econômico-financeiros, que são cruciais para a manutenção de uma empresa a longo prazo. Embora,

atualmente, os sistemas fotovoltaicos instalados, no cenário nacional, como já visto, representam um percentual ainda pouco significativo.

Dessa forma, nesse estudo, pretendeu-se descrever o mercado de energia no Brasil; as particularidades do mercado de energia elétrica; as particularidades do mercado de energia solar fotovoltaica; aspectos sobre a geração de energia solar fotovoltaica e verificar e identificar ganhos econômico-financeiros com a implementação do projeto de energia solar fotovoltaica, bem como verificar e descrever os ganhos em sustentabilidade.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O MERCADO DE ENERGIA NO BRASIL

Segundo Silva (2017, p. 19), o Brasil possui uma capacidade instalada de 148.8 GW, assim como um consumo médio mensal, de energia elétrica, de 39,7 GW.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2020), a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, tendo como ano base o ano de 2019, atingiu o percentual de 46,1% do total de energia produzida, valor 0,6% superior ao ano anterior. Por outro lado, tem-se 53,9% da oferta interna de energia no Brasil por energias não renováveis. A repartição da oferta interna de energias renováveis e não renováveis (total da geração de energia elétrica dentro do território nacional) se dá da seguinte forma, de acordo com a Tabela 1, apresentada abaixo:

Tabela 1 - Repartição da Oferta Interna de Energia - OIE

<b>Fonte</b>	<b>Percentual</b>	<b>Classificação</b>
Biomassa da Cana	18,0%	Renovável
Hidráulica	12,4%	Renovável
Lenha e Carvão Vegetal	8,7%	Renovável
Outras Renováveis	7,0%	Renovável
Petróleo e Derivados	34,4%	Não Renovável
Gás Natural	12,2%	Não Renovável
Carvão Mineral	5,3%	Não Renovável
Urânio	1,4%	Não Renovável
Outras Não Renováveis	0,6%	Não Renovável

Fonte: adaptado de relatório

Segundo o Balanço Energético Nacional (2020), em 2019, a oferta interna de energia (total de energia disponibilizada no país) identificou um aumento de 1,4% em relação ao ano anterior com contribuições significativas das fontes eólica e solar. O que mostra que essas fontes renováveis estão contribuindo para um melhor patamar de oferta de energias renováveis dentro do cenário nacional.

Para Diniz (2019), o Brasil firmou compromissos de expansão de suas fontes renováveis, eólica, biomassa e solar, para o total de 23% do total de geração de energia elétrica até o ano de 2030. Embora os países não tenham uma obrigação legal, esses compromissos têm norteado a formulação de novas políticas para o setor energético. Por consequência dessas novas políticas, o país mais que dobrará a sua capacidade de geração de energia eólica, assim como aumentará substancialmente a sua capacidade de geração de energia solar.

### **2.1.1 O MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA**

O mercado de energia elétrica, dentro do cenário nacional, passou por diversas transformações nos últimos anos. De acordo com Silva (2020, p. 15), ocupado por estatais, por toda a sua evolução ao longo dos anos de 1930 a 1980, o setor elétrico brasileiro pode ser resumido em três categorias: geração, distribuição e transmissão de energia.

Segundo Silva (2020), após uma crise de racionamento ocorrida em 2001, no Brasil, ficaram evidenciadas as faltas de investimento em geração de energia elétrica, levando o país a instituir em um novo modelo no setor elétrico, aperfeiçoando, assim, o marco regulatório já existente. Dessa forma, foram criados :

- Dois ambientes de comercialização de energia elétrica - o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL);
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), em substituição do Mercado Atacadista de Energia (MAE);
- Contratações por leilões regulados no ACR;
- Consumidores especiais: são consumidores com demanda mínima de 500 kW, atendidos em qualquer nível de tensão de fornecimento, que também têm o direito de adquirir energia de qualquer fornecedor, desde que a energia adquirida seja oriunda de Pequenas Centrais Hidrelétrica (PCH) ou de fontes renováveis alternativas eólica, solar ou biomassa (Silva, 2020, p.16);
- Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE).

Ainda de acordo com Silva (2020), são atuantes do Ambiente de Contratação Livre, os agentes que já faziam parte no modelo do setor elétrico brasileiro anterior, além de novos agentes, criados por esse novo modelo, tais como:

- Autoprodutores: são agentes de geração com concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica destinada a seu uso exclusivo, podendo comercializar eventual excedente de energia, desde que autorizados pela ANEEL;
- Geradores: são os concessionários de serviço público de geração e os produtores independentes de energia elétrica;
- Consumidores livres: são os consumidores, que atendendo a legislação vigente, podem escolher seu fornecedor de energia elétrica através de livre negociação; dentre outros.

Para Fraga (2018, p.18), composta primordialmente por agentes industriais, o consumo no setor livre de eletricidade varia de acordo com a produção industrial do país. Nos períodos de 2015 e 2016, com a recente crise política e recessão no crescimento do produto do Brasil, os indicadores de atividade econômica se retraíram, assim como os níveis de produção da indústria.

Contudo, por meio do dinamismo exercido sobre o setor elétrico brasileiro e novas legislações frequentes, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE normatizou a redução dos requisitos mínimos de demanda por energia elétrica para a caracterização de consumidores livres a partir do dia 1º janeiro de 2021 . Conforme a nova portaria, a condição dos contratantes de energia elétrica passará de especial para livre, de cargas que possuam demanda contratada maior ou igual a 1,5 MW, trazendo novas perspectivas para o setor CCEE (2020).

### **2.1.2 O MERCADO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

De acordo com Barroso (2018), a fonte de energia elétrica no Brasil é predominantemente renovável, representada pelo valor de 81,7% de toda a energia elétrica disponibilizada no país. Dentre elas, temos a geração de energia solar fotovoltaica, representada pelo singelo valor de 0,01%, representando, portanto, um enorme potencial de crescimento no país (apud EPE, 2017, p. 12).

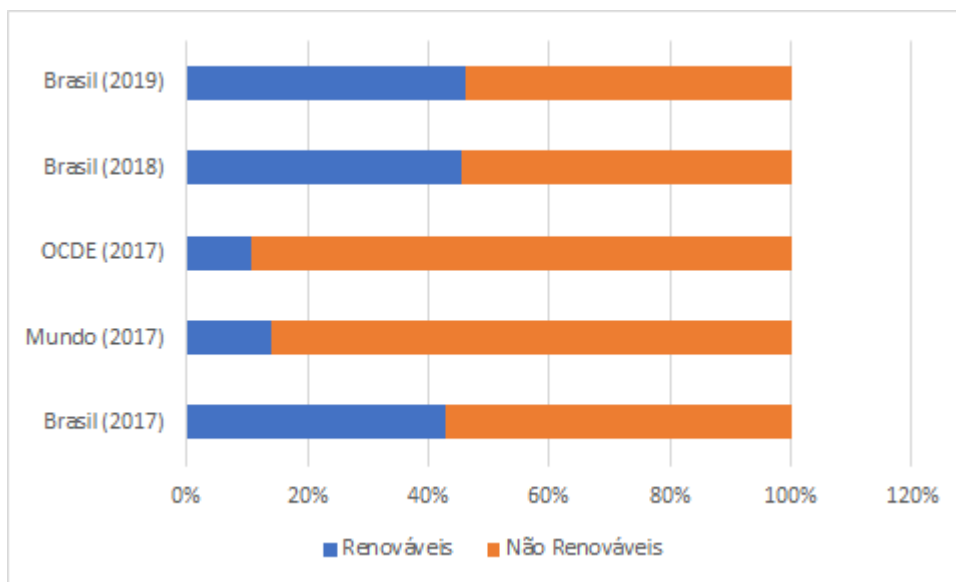
Ainda segundo Barroso (2018), a predominância da fonte hidroelétrica, como principal fonte de geração de energia no país, se explica pela vasta oferta de recursos hídricos no território nacional, além da tecnologia e baixo custo desenvolvidos ao longo dos anos pelo uso dessa fonte de energia. Por outro lado, a geração de energia solar não apresenta susceptibilidades,



possuindo uma irradiação solar constante ano após ano, refletindo uma maior segurança energética para o país (apud INATOMI, 2005, p. 12).

A participação de fontes de energia renováveis na matriz energética brasileira, segundo o BEN (2019), em 2017, foi de aproximadamente 43%, contribuindo para que a matriz energética brasileira se posicionasse em um patamar bastante superior ao observado no resto do mundo, representado pelo número de 13,9%. Ademais, foram apontados pontos percentuais que ilustram, também, o posicionamento de fontes renováveis ao redor do mundo, conforme gráfico a seguir:

Gráfico 1 - Participação de Renováveis na Matriz Energética



Fonte: adaptado de relatório

Para Melo (2020), com o surgimento de pesquisas e estudos sobre esse tipo de geração de energia, por volta de 1956, deu-se início à produção industrial de toda a infraestrutura envolvida na geração de energia solar fotovoltaica, juntamente com o advento da eletrônica e dos semicondutores.

Segundo Melo (2020), no Brasil, o ano de 2018 representou uma instalação de 1,2 GW, totalizando 2,4 GW de capacidade total instalada acumulada.

Ainda de acordo com Melo (2020), o Ministério de Minas e Energia estima que, no ano de 2050, 18 % das residências contarão com o sistema de microgeração de energia solar fotovoltaica (apud Ministério de Minas e Energia, 2015, p. 29).

A tecnologia solar fotovoltaica vem confirmando a expectativa de queda dos preços no Brasil com uma velocidade surpreendentemente alta, como pôde ser visto nos

últimos leilões. Por esse motivo os preços adotados para o PDE 2029 já se encontram em patamares inferiores aos adotados no PDE 2027. A premissa adotada para o PDE considera a recente evolução dos custos de investimento desta tecnologia, considerando os dados dos leilões de energia no Brasil e diversas referências internacionais, todos devidamente avaliados e criticados. (Ministério de Minas e Energia, 2019, p. 61).

## 2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Para que se compreenda a maneira com que é produzida a energia solar fotovoltaica, é fundamental o estudo dos princípios de funcionamento da geração dessa energia.

Segundo Mendes (2011), em nível nacional o fator médio que norteia estudos sobre a capacidade de energia solar, capacidade essa de conversão da energia captada pelo sol e sua conversão em energia elétrica, é de aproximadamente 27%. (apud BRASIL, 2007, p. 88).

Para Barroso (2018), o chamado Efeito Fotovoltaico consiste na energia obtida por meio da conversão direta da luz solar em corrente elétrica. Essa conversão ocorre exatamente nas células fotovoltaicas, que são constituídas de materiais de comportamento intermediário entre isolantes e condutores, cujo nome - materiais semicondutores. (apud PINHO et. al, 2014, p. 14).

Ou seja, tem-se um mais módulos fotovoltaicos e este módulo é capaz de converter até 27% de toda a energia captada da luz solar, em um determinado dia, em energia elétrica.

Segundo Mendes (2011), a Alemanha, detentora de um valor próximo da metade de toda a produção mundial de energia solar fotovoltaica, tem sua região mais ensolarada em um valor 40% menor que a região menos ensolarada do Brasil. (apud Manuel, 2010, p. 88)

Em 2019, na Alemanha, de acordo com Soares (2019), a geração de energia elétrica proveniente de fontes não renováveis supera em apenas, aproximadamente 5% a geração por fontes renováveis. Ainda segundo o autor, dentre as gerações de energia por fontes renováveis, temos as gerações por energia eólica e solar fotovoltaica, sendo as de maior representatividade, com 23,35% e 9,5%, respectivamente.

Dessa forma, se faz possível identificar um enorme potencial do Brasil para que se tenha um gradual e eficiente desenvolvimento de um mercado para energia solar fotovoltaica.

Segundo Braga (2008), um sistema fotovoltaico de energia é composto por um ou mais módulos fotovoltaicos, além de toda uma estrutura complementar de equipamentos periféricos, tais como: baterias, controladores de carga, inversores, bem como outros equipamentos de proteção. Esses componentes irão variar em quantidade e complexidade de uso de acordo com a aplicação de cada sistema fotovoltaico.

A descoberta de novas tecnologias, além de novos materiais e processos de produção em série, tem criado grandes expectativas de expansão desse mercado, tornando-a uma das fontes de energia mais promissoras para a humanidade. (Braga, 2008)

### **2.2.1 GANHOS ECONÔMICO-FINANCEIROS**

Ao se projetar uma mini usina fotovoltaica, como o que foi descrito nesse trabalho, é de suma importância a realização de uma avaliação da sua operacionalidade, de forma a compreender se o mesmo atingirá os objetivos técnicos e econômicos desejados. Do mesmo modo, se faz fundamental testar se o dimensionamento de cada componente e do seu conjunto está adequado, proporcionando a oportunidade de ajustes, se necessário.

Ademais, como critério avaliativo, uma das técnicas utilizadas para a viabilidade do projeto descrito neste trabalho é o payback. De acordo com Souza (2006), o cálculo do Payback é feito por meio da identificação do tempo necessário para que se tenha o retorno sobre o investimento, feito em um projeto. A partir do dia seguinte ao prazo estipulado pelo payback o projeto passa a ser vantajoso, do ponto de vista financeiro, já que o investimento terá sido recuperado e, a partir dessa data, a empresa apresentará rendimentos por meio desse projeto.

Outro critério utilizado na avaliação do projeto é o Valor Presente Líquido (VPL). Para Souza (2006, apud Contador, 1988, p. 15), o VPL é um critério de avaliação financeira muito rigoroso, muito utilizado por profissionais da área e livre de falhas técnicas. Ainda de acordo com o autor, sua fundamentação consiste na obtenção de três tipos de resultados:

- a) Quando o  $VPL > 0$ , o investimento é viável. Dessa forma, as gerações de caixa são suficientes para cobrir os custos do investimento;
- b) No caso de  $VPL = 0$ , o investimento se torna “indiferente”, uma vez que o caixa gerado é exatamente equivalente ao custo que se teve com o projeto;

- c) Quando o  $VPL < 0$ , isso significa que os benefícios obtidos com a geração de caixa são insuficientes para cobrir os custos do projeto, tornando o projeto inviável, do ponto de vista financeiro.

Por fim, quanto à utilização de critérios de avaliação econômico-financeira foram utilizados os critérios Taxa Interna de Retorno (TIR). Para Souza (2006), a TIR se mostra uma taxa vinculada à taxa de VPL e dependente da mesma, uma vez que a TIR é a taxa de juros que iguala a zero o Valor Presente Líquido de uma aplicação. A Taxa Interna de Retorno, em sua Fundamentação, considera um investimento como viável no caso de sua taxa for maior que uma taxa de parâmetro de mercado (normalmente uma taxa de aplicação). Assim, quanto maior for a TIR, melhor é a atratividade do projeto.

Dessa forma, discorrer-se-á a respeito dessa temática, mais profundamente, elencando dados pertinentes à elucidação sobre como os ganhos econômico-financeiros podem advir da implantação de um modelo de geração de energia fotovoltaica.

Para tanto, identificar-se-á dados técnicos referentes a valores provenientes da implementação da geração de energia solar, seja ela no modelo de geração centralizada ou distribuída, de acordo com suas peculiaridades.

### **2.2.2 GANHOS EM SUSTENTABILIDADE**

Atualmente, para a viabilização de um investimento, não basta somente a análise econômico-financeira, mas também se faz importante a vertente da sustentabilidade, foco de muitas organizações no atual cenário industrial nacional.

A energia solar, vista como uma fonte alternativa de energia limpa, traz diversos benefícios na esfera ambiental. Assim, nesse tópico, visa-se o aprofundamento na identificação de conceitos relativos à sustentabilidade, aliados ao cenário industrial, nacional.

Para Diniz (2019), ao final da Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21), o Brasil se comprometeu com a redução de 37% de suas emissões de  $CO_2$  até 2025, além de ter dado uma sinalização de diminuição de 40% até o ano de 2020.

Segundo o BEN (2020), o total de emissões relacionadas à matriz energética brasileira, provenientes de ações antrópicas, em 2019, foi de 419,9 milhões de toneladas de dióxido de carbono, sendo que 46% desse valor se deve ao setor de transportes.

Mediante tais fatos, faz-se importante ressaltar os inúmeros benefícios ambientais que se tem com tal implantação, assim como a demonstração de uma preocupação com o uso dos recursos naturais, no tempo presente, visando ao não comprometimento da disponibilidade desses recursos para as gerações futuras. Dessa forma, é perfeitamente plausível que uma indústria se desenvolva, de forma sustentável, gerando ganhos econômico-financeiros ao mesmo passo que utiliza recursos naturais, de forma consciente, para o atendimento de seus fins.

Assim, pretende-se com esse trabalho, retratar quais são os reais ganhos em sustentabilidade com a implantação do projeto, no tópico 4.2.1.2.

### **3 METODOLOGIA**

Esse trabalho configura-se como um estudo de caso, desenvolvido por meio de um projeto de aplicação de energia solar fotovoltaica em uma indústria química.

A empresa em questão está localizada no centro industrial de Contagem, MG.

Para a realização do projeto, foram feitas diversas reuniões, de frequência semanal, durante um período de 03 meses, em que houve pesquisas documentais, com a finalidade de levantamento de informações relativas ao histórico de consumo de energia elétrica da empresa, bem como para o desenvolvimento de análises de disponibilidade orçamentária e viabilidade técnica de implantação desse sistema de geração de energia.

Foram analisadas as estruturas físicas como telhados, estruturas de sustentação desses telhados, tensões das redes, informações técnicas das máquinas dos setores de Produção e Logística, além de toda a estrutura física da empresa a fim de identificar melhores pontos para instalações elétricas.

Com a obtenção dos dados, por meio do pesquisador observador e participante, os mesmos foram trabalhados com a utilização de tabelas para controle e gráficos, a fim de se discutir os resultados inerentes aos mesmos e entender quais seriam os ganhos no caso da implantação do projeto.

Dessa forma, a pesquisa se desenvolveu mediante o uso de uma abordagem quali-quantitativa, de forma a quantificar dados de ganhos econômico-financeiros com a aplicação da geração de energia fotovoltaica e qualificar os ganhos na vertente da sustentabilidade, bem como os dados referentes aos ganhos em inovação.

Como técnica de pesquisa, realizou-se uma análise documental de artigos científicos publicados dentro da temática da energia solar fotovoltaica, além de pesquisas dentro das grande áreas de Economia e Administração de Empresas, bem como foram feitas pesquisas em sites de renome nacional, no que tange assuntos relacionados ao panorama da matriz energética brasileira e cenários do uso de fontes alternativas de energia, sobretudo a energia solar fotovoltaica.

## **4 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO**

### **4.1 A EMPRESA**

A empresa retratada neste estudo de caso é uma empresa internacional, de grande porte, do setor químico, localizada em Contagem, Minas Gerais.

A empresa é formada por um corpo de diretores, gerentes, engenheiros, supervisores, analistas, técnicos, assistentes e estagiários, que permeiam a organização nas suas diversas áreas, tais como: Produção, Laboratório, Marketing, Logística, Finanças, Manutenção, Engenharia, Comercial, Recursos Humanos, HSE (Saúde, Segurança e Meio Ambiente), Facilities (setor responsável pela integração e centralização de todos os serviços de apoio à operação da companhia, desde manutenção técnica, elétrica, hidráulica e civil até paisagismo, segurança, limpeza, mensageria, serviços de transporte, fluxo de documentos, entre outros), Compras e TI (suporte em infraestrutura – hardware e software).

#### **4.1.1 DETALHES DAS OPERAÇÕES NA PRODUÇÃO E NO C.D.**

Haja visto o tamanho estrutural da empresa, suas operações de fabricação de óleos lubrificantes e graxas e o estoque dos mesmos são realizadas dentro de duas áreas: da produção e do centro de distribuição, respectivamente. Essas operações, em ambas as áreas são, portanto, de grande magnitude, as quais serão retratadas a seguir como foco de estudo deste trabalho.

#### **4.1.1.1 OPERAÇÕES NA PRODUÇÃO**

A área de Produção, que está integrada e paralela ao Centro de Distribuição, é subdividida em: produção de óleos lubrificantes e graxas.

A título de exemplo, a empresa é fabricante de lubrificantes para: sistemas de circulação; compressores; engrenagens; sistemas hidráulicos; turbinas; locomotivas; GNV; guias e barramentos; ferramentas pneumáticas; motoserras; transferências de calor. E, assim como óleos lubrificantes, o expertise da empresa se estende à fabricação de diversas graxas, destinadas ao uso automotivo, industrial, naval e aéreo.

Com isso, vale ressaltar que é mediante uma operação com inúmeros equipamentos e máquinas, que a empresa consegue entregar ao mercado os seus produtos acabados. Máquinas como esteiras, máquinas de envase de óleos e graxas, tanques de armazenamento, bombas e misturadores, são as máquinas que ocupam o setor Produção, tais como: OCME; COMACO; PROENVASE; TOLFLUID; SERAC 20 L; SERAC 1L e REALIZA.

#### **4.1.1.2 OPERAÇÕES NO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO**

Os procedimentos da área do C.D. (Centro de Distribuição) se resumem em: Recebimento, Movimentação, Armazenagem, Expedição e Carregamento dos Produtos Acabados.

Suas operações-chave podem ser resumidas em: operação de empilhadeiras; conferência de recebimento e expedição; transporte de cargas via caminhões internos; conferências administrativas de expedição, supervisão de logística e de transportes e gerência geral de operações.

O dia a dia do C.D. envolve operações com operadores de empilhadeiras, durante os três turnos, o que acarreta em um alto consumo de energia elétrica, uma vez que as empilhadeiras, máquinas elétricas, em sua maior parte, são carregadas diariamente em uma sala de baterias localizada dentro do setor.

Além disso, vale ressaltar que, para que a operação aconteça, em seu modo noturno, é necessário o uso de diversos holofotes, que obrigatoriamente permanecem acesos.

## 4.2 O PROJETO

Por meio das informações supracitadas, foi possível perceber que grande parte do consumo de energia elétrica da fábrica é proveniente das operações nessas duas áreas (Produção e Centro de Distribuição), que são detentoras da maior parte das máquinas utilizadas dentro da empresa. A outra parte do consumo se deve aos demais setores, como HSE, Finanças, Jurídico, RH, Facilities, dentre outros.

O custo médio mensal com energia elétrica na fábrica, no ano de 2018, era de exatos R\$151.450,40. Segundo levantamentos feitos na empresa, esse valor representa exatamente 4,7% do custo total da produção, valor significativo para os tomadores de decisão da organização.

Faz-se importante ressaltar que a empresa possui contrato de compra de energia elétrica com desconto de 50% na TUSD, para compra de energia por meio de leilão, com a Empresa de Geração e Transmissão de Energia. Este contrato envolve o fornecimento de energia elétrica pela Empresa de Geração e Transmissão de Energia, por meio de leilão, com início em 01/01/2016 e que se estenderá até a data 31/12/2021.

Dessa forma, foi idealizado, no ano de 2019, um projeto para a empresa em questão, que a transformaria em uma autoprodutora de energia solar fotovoltaica, com um atendimento de 40% da sua demanda total de energia. Este projeto visa transformar essa indústria em uma produtora de energia solar, que respeitará todos os padrões identificados no contrato supracitado com a Empresa de Geração e Transmissão de Energia. Assim, a empresa terá uma autoprodução de energia solar fotovoltaica, de 40% de sua demanda total de energia elétrica e, a porcentagem restante de sua demanda (60%), permanecerá inalterada, com a compra de energia por meio de leilão, com a Empresa de Geração e Transmissão de Energia. Mediante o levantamento de diversas informações, como: dimensionamento da fábrica; características técnicas dos equipamentos e máquinas; características de infraestrutura de telhados; tensões elétricas e informações financeiras da empresa, por meio de reuniões frequentes, foram feitas cotações com diversas empresas no mercado, com a finalidade de recebimento de propostas para a implantação desse projeto.



Por fim, foram recebidas diversas propostas, das quais teve-se quatro finalistas (Empresa 1, Empresa 2, Empresa 3 e Empresa 4), conforme a tabela a seguir:

Tabela 2 - Empresas finalistas e suas respectivas informações técnicas de atendimento

	<b>EMPRESA 1</b>	<b>EMPRESA 2</b>	<b>EMPRESA 3</b>	<b>EMPRESA 4</b>
<b>Posição (<i>ranking</i>)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Demanda atendida (%)</b>	42%	107%	28%	45%
<b>Qt. Inversores</b>	7	5	4	16
<b>Qt. Módulos</b>	3780	8719	2400	3840
<b>Área utilizada m<sup>2</sup></b>	8084	20547	5821	8212
<b>Potência proposta kWp</b>	1266,3	2964,46	804	1305,6
<b>Geração estimada kWh/mês</b>	150930	383620	101799	161132
<b>Valor</b>	R\$ 3.850.000,00	R\$ 10.320.000,00	R\$ 3.487.296,30	R\$ 5.000.000,00
<b>Custo/kWp</b>	R\$ 3.040,35	R\$ 3.481,24	R\$ 4.337,43	R\$ 3.829,66
<b>Custo kW/h</b>	R\$ 25,51	R\$ 26,90	R\$ 34,26	R\$ 31,03
<b>Payback (anos)</b>	4,83		6,5	
<b>Atendimento Demanda</b>	<b>42%</b>	<b>107%</b>	<b>28%</b>	<b>45%</b>

Fonte: adaptado de relatório

O kWh é a medida usada para definir a quantidade de kW que é consumida em um período de uma hora. Dessa forma, o “Custo kW/h” representa o quanto se paga pelo consumo de energia elétrica, tendo como base de cálculo o período de 01 (uma) hora.

A empresa finalista, conforme pode ser inferido por meio do quadro acima, foi a empresa 1, que possui um Custo kW/h menor. Dessa forma, seu payback (cálculo que representa o tempo que levará para o investimento "se pagar") também se faz menor, tornando-a a empresa vencedora.

Com isso, foi feito um contato com essa empresa a fim de que se esclarecessem maiores detalhes sobre o projeto e, juntamente à empresa 1, desenhar um projeto com atendimento de 40% da demanda de energia elétrica da empresa objeto deste estudo.

Feito isso, foi recebida uma proposta de projeto da Empresa 1, com todos os detalhes e dimensionamentos para a empresa discutida neste estudo de caso.

A proposta equivale a uma geração constante de 150.930 kWh, que será gerada por meio de 3.780 módulos fotovoltaicos dispostos nas coberturas da fábrica, além da instalação de 07 inversores (dispositivo capaz de converter um sinal elétrico de corrente contínua em corrente alternada).

Uma área estimada de 8084 m<sup>2</sup> de telhado será utilizada para a disposição dos módulos, representando uma porcentagem de aproximadamente 22% do telhado disponível na fábrica.

Segue abaixo uma ilustração representativa da área da planta da empresa, com uma vista de cima, com números que vão de 1 a 10, correspondentes às 10 construções que representam a empresa:

Figura 1: Representação gráfica vista de cima telhados



Fonte: elaboração própria

● Legenda:

1. Área Recepção 1;
2. Áreas Compras, HSE e Engenharia;
3. Área Centro de Distribuição;
4. Área Recepção 2;
5. Área Cancelas 1 e 2;
6. Área Produção Óleos Lubrificantes;
7. Área Manutenção;

8. Área Produção Graxas;
9. Área Centro de Pesquisa e Tecnologia;
10. Área inutilizada.

Do ano 2016 ao ano 2018, a empresa espelhava o seguinte consumo, de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 3 - Consumo médio de energia elétrica de 2016 a 2018 em (kWh)

Médias meses jan a dez de 2016- 2018	Média consumo de energia em (kWh) 2016- 2018	Média em % (jan-dez) 2016- 2018	Média mensal (kWh) 2016- 2018	Média total conta de transmissão 2016-2018	média total geração + transmissão 2016- 2018	Média conta mensal total (R\$) 2016-2018
Jan	425.897	8,79%		R\$ 53.779,50	R\$ 185.475,00	<b>R\$ 172.869,00</b>
Fev	364.939	7,53%		R\$ 56.915,33	R\$ 169.557,00	
Mar	424.339	8,75%		R\$ 61.930,00	R\$ 34.649,00	
Abr	380.877	7,86%		R\$ 59.898,50	R\$ 146.039,00	
Mai	410.787	8,47%		R\$ 64.991,67	R\$ 176.676,00	
Jun	421.136	8,69%		R\$ 67.708,67	R\$ 204.134,00	
Jul	414.870	8,56%	<b>403.899</b>	R\$ 55.741,33	R\$ 40.833,00	
Ago	429.522	8,86%		R\$ 53.487,50	R\$ 155.333,00	
Set	399.469	8,24%		R\$ 54.828,00	R\$ 36.928,00	
Out	419.072	8,65%		R\$ 53.243,67	R\$ 42.194,00	
Nov	404.368	8,34%		R\$ 50.929,00	R\$ 43.985,00	
Dez	351.513	7,25%		R\$ 52.210,00	R\$ 52.557,00	
<b>TOTAL</b>	<b>4.847.463</b>	<b>1</b>		<b>R\$ 685.663,17</b>	<b>R\$ 1.288.360,00</b>	

Fonte: elaboração própria

Como pode-se perceber na tabela, a média mensal de consumo entre os anos de 2016 e 2018 foi de 403.899 kWh, com uma média mensal, em valor monetário, nesse mesmo período, de R\$182.869.00. Esse último, é representativo da somatória das contas de transmissão e geração de energia, pagos à Empresa de Geração e Transmissão de Energia.

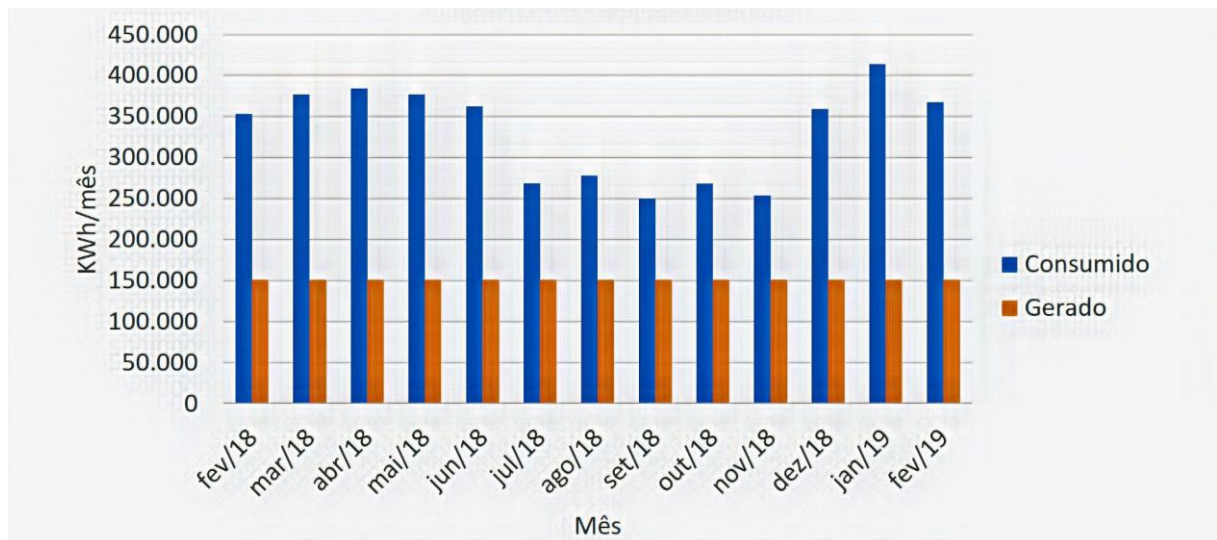
## 4.2.1 VANTAGENS DO PROJETO

### 4.2.1.1 GANHOS ECONÔMICO-FINANCEIROS

Na simulação de análise de viabilidade econômico-financeira, da empresa em questão, foram considerados os seguintes dados: consumo médio mensal de 336000 KWh/mês (valor contratado com a Empresa de Geração e Transmissão de Energia, modalidade de Mercado Livre de Energia. *Take* (mecanismo contratual que assegura o pagamento de uma quantidade mínima de energia elétrica, independentemente do seu consumo) de 60%.

Segue um gráfico demonstrativo da geração constante de 150.930 kWh, enquanto que o consumo total de energia elétrica da fábrica varia conforme as necessidades de cada mês representado:

Gráfico 2 - Geração de Energia Solar Fotovoltaica x Consumo Mensal



Fonte: elaboração própria

O sistema foi dimensionado a partir do histórico de consumo de energia elétrica da empresa e, segundo avaliações de dimensionamento da fábrica, a área se faz suficiente para a instalação de: 1.266,30 kWp (unidade de potência criada especialmente para medição em painéis fotovoltaicos. Com a implantação desse projeto, verifica-se uma redução imediata na conta de energia elétrica.

Antes da instalação dos módulos fotovoltaicos, o gasto mensal médio com a conta de energia elétrica é representado pelo seguinte valor: R\$151.450,40.

Depois da implantação, é estimado um gasto médio mensal de energia elétrica reduzido a R\$91.078,28, representando uma economia de R\$60.372,12 a.m., o equivalente a uma redução de 39,9% do total da conta, em números percentuais. Considera-se que a tarifa da Empresa de Geração e Transmissão de Energia. ) equivale a: R\$0,40/kWh + inflação energética.

Se comparado esse mesmo valor supracitado a uma geração de energia solar equivalente, teríamos o valor equivalente a: R\$0,09/kWh, 77,5% menor que a tarifa da distribuidora.

Além disso, o Brasil possui como média histórica um aumento 9,6% a.a. no preço da tarifa - valor muito acima da inflação prevista no mesmo período. Ao investir em energia solar fotovoltaica, esse risco é anulado.

Ademais, constatou-se que o *payback* do projeto se faz em um período de 04 anos e 10 meses, com um VPL de R\$5.898.721,68 e TIR de 27,59%.

O projeto levou em conta investimento e geração em 25 anos, sendo, que, após essa data, novos módulos deverão ser instalados, além de todo o refazimento do projeto.

#### **4.2.1.2 GANHOS EM SUSTENTABILIDADE**

De acordo com Silva (2018b, apud DAVIS; CALDEIRA; MATTHEWS, 2010; IEA, 2015, p. 13) a combustão de combustíveis fósseis, como a biomassa, dentre outros, libera na atmosfera diversos gases, entre eles o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que representa mais da metade dos gases de efeito estufa. Verifica-se, hoje, a existência de vários estudos que apontam o CO<sub>2</sub> como o principal protagonista nas mudanças climáticas, ao redor do mundo.

Para Silva (2018a) a energia solar fotovoltaica representa uma das fontes que mais cresceram, no cenário mundial, nos últimos anos. Esse crescimento vertiginoso se deve, em grande parte, a diversos incentivos praticados por países desenvolvidos, como a Alemanha e o Japão. Além disso, um outro ponto crucial para o desenvolvimento de novas tecnologias dentro dessa área se deve ao compromisso firmado entre as nações, cuja finalidade está na redução dos

níveis de CO<sub>2</sub> emitidos pelas mesmas, estabelecidos pelo Protocolo de Quioto, que gerou diversos compromissos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa.

Para Soares (2019), os desafios na Alemanha para os avanços das fontes renováveis têm justificativas culturais e políticas. Porém, a última usina nuclear do país deverá ser desativada até o ano de 2022, tendo sua representatividade dentro da matriz energética substituída por fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica e eólica. Como consequência, haverá a redução das emissões de gases de efeito estufa a 95%, em comparação ao valor emitido no ano de 1990. Além disso, espera-se que as energias de fontes renováveis atendam 80% do consumo elétrico no território alemão.

A implantação desse projeto traz diversos impactos. Entre eles, os impactos ambientais. Foi identificado que, após a implantação do projeto deixaria-se de emitir, em um período de 01 ano, uma quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente a 1.718.700 galões de gasolina. Ou, a emissão de gases de efeito estufa que deixariam de ser emitidos, seria equivalente a 115.642.482 km rodados por um veículo de passeio.

Para Filho (2016), a emissão de gases de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por veículos automotores ocorre por meio do processo de combustão. Essa queima de combustível gera subprodutos, entre eles, o dióxido de carbono, os quais são eliminados pelo escapamento desses veículos. De acordo com esses dados, segundo pesquisas desse mesmo autor, a quantidade aproximada de Dióxido de Carbono emitida por litro de combustível é:

- a) Etanol: 1,10 quilogramas;
- b) Gasolina: 2,12 quilogramas;
- c) Diesel: 2,49 quilogramas.

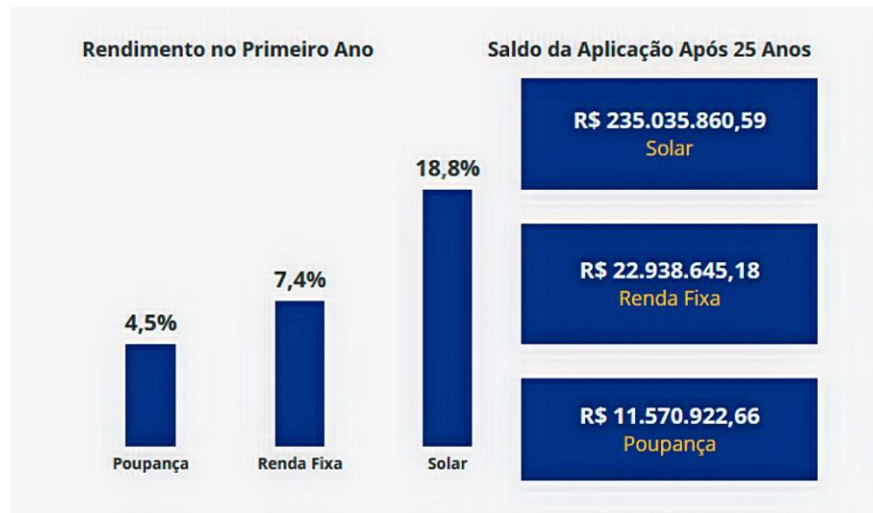
Com isso, se considerarmos uma proporção de 50% dos veículos de passeio rodando com o combustível etanol e 50% rodando com o combustível gasolina, pode-se inferir que o projeto resultaria em uma redução de emissão de 10.449.696 quilogramas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, representando um enorme ganho para a vertente de sustentabilidade.



## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise abaixo é específica do investimento nesse projeto, o equivalente a R\$3.850.000,00. Segue gráfico demonstrativo da aplicação do mesmo montante em outros tipos de investimento:

Gráfico 3 - Comparativo Investimentos



Fonte: elaboração própria

Quando comparados esses dados a qualquer aplicação de baixo risco, torna-se nítida a vantagem de um sistema fotovoltaico. O investimento em energia solar fotovoltaica traz ganhos 2,5 vezes superiores, em rentabilidade, a um investimento em renda fixa, ao mesmo passo que se mostra 4,17 vezes superior a um investimento em poupança.

Em termos econômico-financeiros, a aplicação em Energia Solar Fotovoltaica leva em consideração que a economia gerada pelo sistema fotovoltaico vai ser aplicada em uma aplicação de renda fixa com taxa de 110% do CDI. Ou seja, mediante essa aplicação o valor total obtido, como geração de caixa do projeto, após um período de 25 anos, é de R\$202.125.000,00.

Para se chegar a esses valores, foram considerados os seguintes dados:

Tabela 4 - Análise investimento 25 anos fotovoltaica

Investimento inicial	R\$ 3.850.000,00
Rendimento anual	110%
Valor futuro - 01 ano	R\$ 8.085.000,00
Quantidade em anos	25
Valor futuro - 25 anos	R\$ 202.125.000,00

Fonte: elaboração própria

A tabela acima leva em consideração os seguintes dados:

- Investimento inicial: valor representativo da quantia a ser despendida pela empresa para a realização do projeto;
- Rendimento anual: valor considerado de 110% do CDI a.a;
- Valor futuro - 01 ano: montante obtido pela multiplicação, por 12 vezes, do valor “Rendimento anual”;
- Quantidade em anos: representado pelo número 25 - número total de anos que um projeto de energia solar fotovoltaica pode durar;
- Valor futuro - 25 anos: valor obtido pela multiplicação, por 25 vezes, do valor representado pelo “Valor futuro - 01 ano”.

Dessa forma, faz-se perceptível o enorme potencial de ganhos monetários com a implantação desse projeto. Além disso, pode-se observar que, mediante tais ganhos, o projeto evidencia um considerável *saving* mensal, além de um rápido *ROI*.

No que tange o tema da sustentabilidade, a empresa mostrou-se com bastantes vantagens na aplicação do projeto. A mesma deixará de emitir uma enorme quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, contribuindo com o compromisso nacional de redução nacional de emissão de gases de efeito estufa, com prerrogativas estabelecido pela 21 Conferência do Clima (COP21).

Ademais, vale ressaltar alguns ganhos na vertente tecnológica de produção. O crescimento dessa fonte de energia no território nacional contribui diretamente para a diversificação da matriz energética brasileira, bem como indiretamente com toda a cadeia de suprimentos desse setor, com geração de novos empregos diretos/indiretos e com o auxílio do desenvolvimento de novas tecnologias para esse mercado.



A partir dessa lógica, de acordo com Cattelan (2019), verifica-se diversos ganhos no desenvolvimento do ecossistema de inovação, no setor de energia solar fotovoltaica. É possível mencionar diversos ganhos em capital humano, capital de relacionamento e capital estrutural, tais como, respectivamente:

- Capital humano: capacitação em inovação; capacitação em tecnologias associadas ao setor de energia; atualização sobre tendências tecnológicas; Inclinação à criatividade, dentre outros;
- Capital de relacionamento: relação com concessionárias de energia; benchmarking; acompanhamento de conteúdo; relação com o mercado fotovoltaico internacional; Relação com o mercado fotovoltaico nacional; dentre outros;
- Capital estrutural: conhecimento da regulamentação; referências sobre qualidade técnica; comunicação com os demais atores do setor; utilização de aplicativos para gestão da energia; dentre outros.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho realizou uma avaliação dos impactos econômico-financeiros e de sustentabilidade, decorrentes da aplicação em uma indústria em Contagem, MG, da geração de energia solar fotovoltaica. Para tanto, foram utilizados alguns conceitos consolidados como TIR, VPL e Payback para a construção das análises econômico-financeiras, bem como foi traçado um paralelo dos mesmos com a inflação prevista para o mesmo período, além de um comparativo com outros possíveis investimentos e seus retornos esperados.

Como resultado, foi constatado que a implantação do projeto traria uma redução de 39,9%, na conta de energia elétrica, como parâmetro médio mensal, dentro de um período de 25 anos. Isso significa uma consequente economia de milhões de reais para os cofres da empresa, com um payback de 4,83 anos.

Por outro lado, foram também identificadas melhorias na vertente da sustentabilidade, com avanços de redução massiva da emissão de CO<sub>2</sub>, dentro do período estipulado de 25 anos de duração do investimento, o que demonstraria, por parte da empresa, uma preocupação com a realidade das futuras gerações.

Ademais, vale ressaltar os ganhos indiretos que se tem com aplicação do projeto em geração de renda e de empregos diretos e indiretos, uma vez que o fomento da diversificação da matriz energética, com ampliação da fonte de energia solar fotovoltaica, ajuda na criação de novos postos de trabalho.

Dessa forma, os dados apontados nesta pesquisa reforçam a importância de se ater a o que pode ser chamado de melhoria contínua, processo em que as empresas visam ao atingimento, ininterruptamente, de resultados cada vez melhores para suas operações, melhorando gradualmente seus processos.

Em suma, conclui-se que há um forte entrelace entre um bom planejamento energético e o desenvolvimento econômico e sustentável de uma Organização. E se isso vale para a organização, poder-se-ia concluir que o mesmo vale para um cenário macro, a nível nacional. Nesse sentido, o trabalho traz uma contribuição favorável à comunidade acadêmica e às indústrias, bem como organizações de maneira geral, com informações que podem auxiliar no planejamento energético e, portanto, elucidá-los no melhor entendimento sobre o tema.

Não obstante, ainda há diversos avanços a serem feitos nesse campo de estudos, como sugestão de trabalhos futuros, tanto no quesito metodológico, como no quesito analítico. A representação de mais indicadores de análise econômica, bem como maiores análises de emissões de gases de efeito estufa, além de possíveis outros fatores a nível de ambiente, são alguns exemplos de tópicos metodológicos que podem ser explorados neste campo de pesquisa.

A nível analítico, poderiam ser analisados quais seriam os impactos da expansão da fonte de energia solar fotovoltaica se a mesma for financiada por alguns agentes como financiadores, subsidiários, ou com reduções de tributos por parte do governo, etc..

Por fim, as conclusões obtidas por esse trabalho se mostram positivas e promissoras, mas que podem haver inúmeras outras possibilidades de investimento e de reposicionamento energético, cabendo aos *stakeholders* (partes interessadas) analisarem o que cabe melhor à suas realidades.

## REFERÊNCIAS

- REGULAÇÃO do mercado de energia elétrica - comercialização.** [S. l.]: Aneel, 16 mar. 2018. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/mercado-de-eletricidade>. Acesso em: 26 out. 2019.
- HARATZ, Marcel; SAUAIA, Rodrigo; KOLOSZUK, Ronaldo. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: A PRÓXIMA ONDA DO MERCADO LIVRE DE ENERGIA.** [S. l.]: ABSOLAR, 14 maio 2019. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/energia-solar-fotovoltaica-a-proxima-onda-do-mercado-livre-de-energia.html>. Acesso em: 27 out. 2019.
- RAINERI, Gabriela Fanton. **COMPETITIVE ADVANTAGE AND THE BRAZILIAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY.** 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Escola de Administração de Empresas, Fgv, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/27363/Gabriela%20Fanton%20Raineri.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 out. 2019.
- DINIZ, Tiago Barbosa. **Impactos econômicos e regionais dos investimentos em geração de energia elétrica no Brasil.** 2019. 103 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia Aplicada, Universidade de São Paulo (Usp), Piracicaba, 2019. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-22072019-100002/publico/Tiago\\_Barbosa\\_Diniz\\_versao\\_revisada.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-22072019-100002/publico/Tiago_Barbosa_Diniz_versao_revisada.pdf). Acesso em: 02 abr. 2021.
- ENERGIA Elétrica.** 2019. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/firjan/empresas/competitividade-empresarial/temas-em-destaque/energiaeletrica/custo/default-7.htm>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- WITTMANN, Douglas. **A indústria de energia elétrica no Brasil e o desenvolvimento sustentável: uma proposta para o horizonte 2050 à luz da teoria de sistemas.** 2014. 200 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo (Usp), São Paulo, 2014. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-19052015-082550/publico/DOUGLASWITTMANNTESEDEDOUTORADOPUBLICADA.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2021.
- MENDES, Ana Luiza Souza. **O PAPEL DA AUTOPRODUÇÃO E PRODUÇÃO INDEPENDENTE DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA ELÉTRICA.** 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Vitória, 2011. Disponível em: [http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/2635/1/tese\\_4425\\_Disserta%c3%a7ao%20Ana%20Luiza%20.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/2635/1/tese_4425_Disserta%c3%a7ao%20Ana%20Luiza%20.pdf). Acesso em: 05 abr. 2021.
- SILVA, Leandro José Cesini da. **Análise retrospectiva e prospectiva da evolução dos mercados regulado e livre de energia elétrica no Brasil.** 2020. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020. Disponível em: .

FRAGA, Lucas Thixbai Freitas. **BEM-ESTAR ECONÔMICO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA**:: modelo e análise para os ambientes livre e regulado do mercado de eletricidade brasileiro. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Centro de Aperfeiçoamento dos Economistas do Nordeste, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em:  
[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/36347/1/2018\\_dis\\_ltffraga.pdf.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/36347/1/2018_dis_ltffraga.pdf.pdf). Acesso em: 5 abr. 2021.

SILVA, Vinícius Radetzke da. **Desenvolvimento e a regulação do mercado livre de energia no Brasil**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em:  
[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/13642/DIS\\_PPGEPP\\_2017\\_SILVA\\_VINICIUS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/13642/DIS_PPGEPP_2017_SILVA_VINICIUS.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 7 abr. 2021.

BRASIL. Bento Albuquerque. Empresa de Pesquisa Energética – Epe (org.). **Balanco Energético Nacional**. 2020. Elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019\\_Final.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf). Acesso em: 19 abr. 2021.

PERONI, Michel Bucci. **VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA E BARREIRAS PARA O AVANÇO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SETOR DE SUPERMERCADOS**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Para A Competitividade, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Universidade de São Paulo (Usp), São Paulo, 2018. Disponível em:  
[http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/24123/Trabalho%20Aplicado\\_Michel%20Bucci%20Peroni\\_15\\_06.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/24123/Trabalho%20Aplicado_Michel%20Bucci%20Peroni_15_06.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 10 abr. 2021.

SÃO PAULO. CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. (ed.). **CO - Portaria 514/18: Operacionalização dos novos requisitos de consumidores livres em janeiro de 2021**. 2021. Disponível em:  
[https://www.cee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/noticias-opiniao/comunicados/detalhe\\_comunicado?contentId=CCEE\\_658178&\\_adf.ctrl-state=epfempwv\\_1&\\_afLoop=21325968351214#!%40%40%3F\\_afLoop%3D21325968351214%26contentId%3DCCEE\\_658178%26\\_adf.ctrl-state%3Depfempwv\\_5](https://www.cee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/comunicados/detalhe_comunicado?contentId=CCEE_658178&_adf.ctrl-state=epfempwv_1&_afLoop=21325968351214#!%40%40%3F_afLoop%3D21325968351214%26contentId%3DCCEE_658178%26_adf.ctrl-state%3Depfempwv_5). Acesso em: 13 abr. 2021.

BARROSO, Mário Rubens Figueiredo. **CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS DA ENERGIA NO BRASIL E A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em:  
<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30104/1/CONTAS%20ECON%20MICAS%20AMBIENTAIS%20DA%20ENERGIA%20NO%20BRASIL%20E%20A%20ENERGIA%20SOLAR%20FOTOVOLTAICA%20rev%20mrfb%2c%20dmd.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

MELO, Felipe Cesar. **ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO ESTUDO DE CASO: estádio aderbal ramos da silva.** 2020. 92 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/204336/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética – Epe (org.). **PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA.** 2019. Elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-422/PDE%202029.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2021.

BRAGA, Renata Pereira. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES.** 2008. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Ufrj), Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7372/1/monopoli10001103.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2021.

SOUZA, Mary Katherine Araujo de. **UMA CONTRIBUIÇÃO A ANÁLISE DAS DECISÕES DE INVESTIMENTO PRIVADO SOB A ÓTICA DO PONTO DE EQUILÍBRIO DO INVESTIMENTO - PEI - CONSIDERANDO O VALOR DO DINHEIRO NO TEMPO.** 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5761/1/arquivo7337\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5761/1/arquivo7337_1.pdf). Acesso em: 18 abr. 2021.

SILVA, Juliana Alves da. **CAPTURE DE CO2 DE GASES DE COMBUSTÃO UTILIZANDO ÓXIDO DE CÁLCIO.** 2018. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9817/SILVA\\_Juliana\\_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9817/SILVA_Juliana_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Acesso em: 19 abr. 2021.

RODRIGUES, P. M. S.; SILVA FILHO, P. A.. QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) POR VEÍCULOS AUTOMOTORES NA CIDADE DE BOA VISTA/RR – 2005 a 2015. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL., 7., 2016, Maceió. **Contrastes, Contradições e Complexidades.** Maceió: Congresso Luso Brasileiro Para O Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável., 2016. p. 1-12. Disponível em: <https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%203%20-%20Mobilidade%20e%20Transportes/Paper1612.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SOARES, Marcus Filipe Vieira. **ANÁLISE COMPARATIVA DE POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO REGULATÓRIO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL E NA ALEMANHA**. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/32898/1/1625M.PDF.pdf>. Acesso em: 06 maio 2021

CATTELAN, Verônica Dalmolin. **DESEMPENHO DO ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO DO SETOR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. 2019. 181 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/20505/TES\\_PPGADMINISTRACAO\\_2019\\_CATTTELAN\\_VERONICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/20505/TES_PPGADMINISTRACAO_2019_CATTTELAN_VERONICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 05 maio 2021