

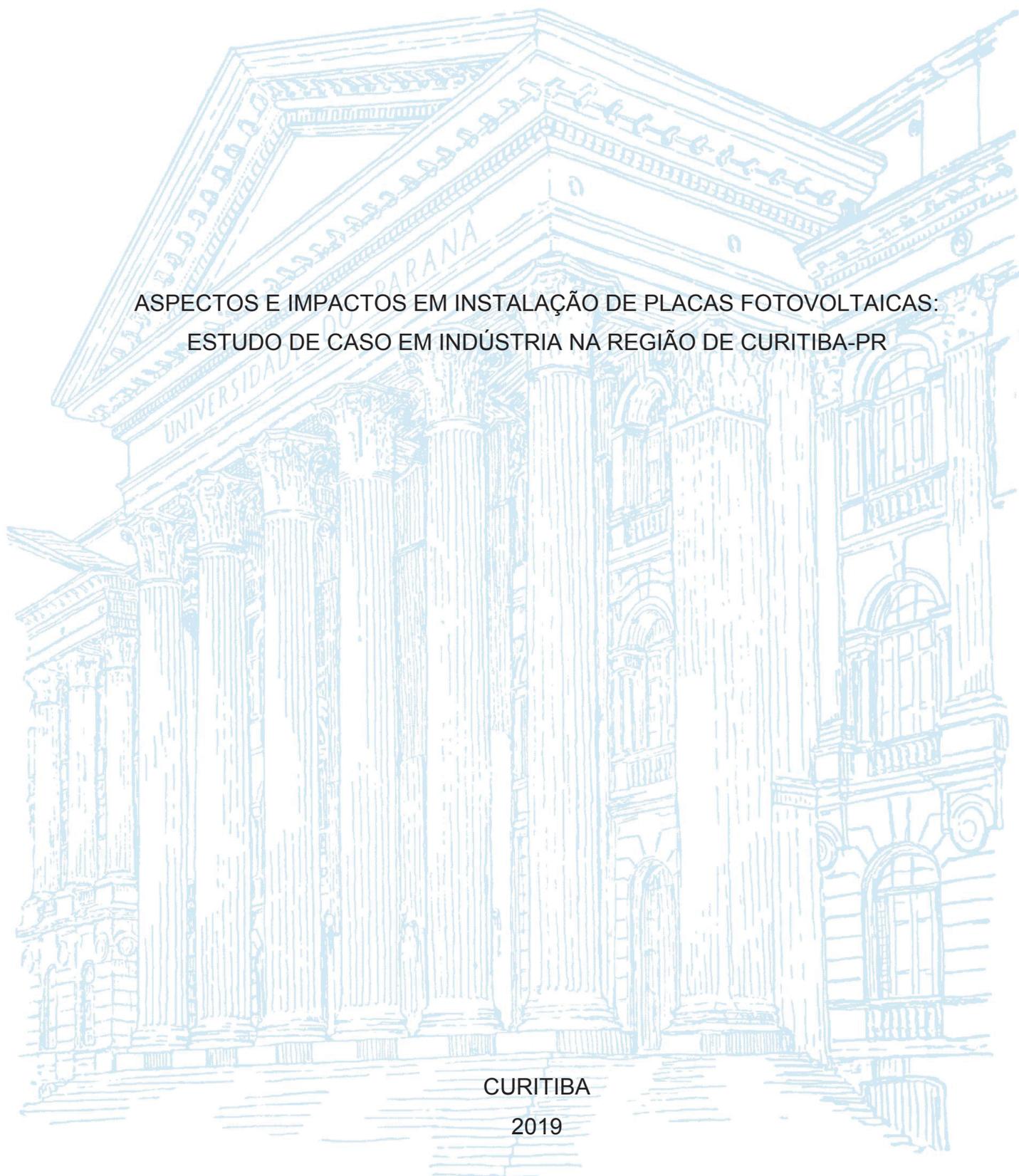
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOHARA FERREIRA PEREIRA

ASPECTOS E IMPACTOS EM INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS:  
ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA NA REGIÃO DE CURITIBA-PR

CURITIBA

2019



JOHARA FERREIRA PEREIRA

ASPECTOS E IMPACTOS EM INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS:  
ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA NA REGIÃO DE CURITIBA-PR

Relatório Técnico apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto Abrahão Morato

CURITIBA

2019

## RESUMO

Ao considerar o grande impacto ambiental causado pelas indústrias através do alto consumo de energia elétrica se faz necessário a busca por alternativas energéticas que causem um menor impacto ao meio ambiente. Esta alternativa precisa ser economicamente viável e atrativa para que sua utilização seja sustentável e desta maneira uma forma de incentivar as indústrias a diminuam seu impacto ambiental. Este trabalho levanta dados de energia solar, consumo de energia elétrica proveniente de hidroelétrica e orçamento de instalação de placas, com esses dados se faz a análise de viabilidade e retorno financeiro do investimento, bem como a diminuição de impacto ambiental e aspectos ambientais positivos para instalação.

Palavras-chave: Eficiência energética. Consumo de energia elétrica. Placas fotovoltaicas.

## **ABSTRACT**

Considering the great environmental impact caused by the industries through the high consumption of electricity, it is necessary to search for energy alternatives that have a lower impact on the environment. This alternative needs to be economically viable and attractive for its sustainable use and thus a way to encourage industries to reduce their environmental impact. This paper gathers data on solar energy, proven hydroelectric power consumption and plate installation budget, with data that makes a feasibility analysis and financial return on investment, as well as an environmental impact reduction and positive environmental aspects for installation.

Keywords: Energy efficiency. Electric power consumption. Photovoltaic plates.

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

COPEL	- Companhia Paranaense de Energia
MERRA-2	- Global Modeling and Assimilation Office
NASA	- National Aeronautics and Space Administration
SRTM	- Shuttle Radar Topography Mission
ESRI	- Environmental Systems Research Institute
DELORME	- Produtora de rastreamento pessoal por satélite, mensagens e tecnologia de navegação
NAVTEQ	- Provedora americana de dados de sistemas de informações geográficas
UNEP-WCMC	- Centro de monitoramento de conservação mundial da ONU
ONU	- Organização das Nações Unidas
USGS	- United States Geological Survey
NRCAN	- Natural Resources Canada
GEBCO	- General Bathymetric Chart of Oceans
NOAA	- National Oceanic and Atmospheric Administration
h/mês	- horas por mês
kWh	- Quilowatt-hora

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	5
1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	5
1.3 OBJETIVOS .....	6
1.3.1 Objetivos Específicos .....	6
1.4 JUSTIFICATIVA .....	6
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>8</b>
2.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	8
2.2 ENERGIA SOLAR PARA A REGIÃO DE CURITIBA .....	8
2.3 INSTALAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS .....	9
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>10</b>
3.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	10
3.2 ENERGIA SOLAR PARA A REGIÃO DE CURITIBA .....	10
3.3 INSTALAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS .....	11
3.3.1 Eficiência e Modelo de Placas .....	11
3.3.2 Área Necessária para Instalação .....	12
3.3.3 Custo de Instalação .....	12
3.4 VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO .....	13
3.4.1 Viabilidade Financeira .....	13
3.4.2 Redução de Impactos Ambientais .....	13
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>16</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No atual quadro econômico e ambiental em que a disputa por uma fatia do mercado é acirrada, é fundamental para os empreendimentos com visão de projetos para curto, médio e longo prazo a melhora contínua em seus processos para que, ao longo tempo, não se torne inviável e se mantenha a competitividade necessária. Dentro desta competitividade necessária ao mercado existem vários pontos que podem influenciar, um deles o aspecto ambiental. Neste trabalho levaremos em consideração a eficiência energética e o impacto ambiental.

Nos tópicos que se seguem serão levantados e discutidos a viabilidade de custo e a diminuição em impactos ambientais, já que se trata de uma indústria de reagentes para diagnóstico *in vitro*. Para este estudo de caso os pontos analisados são referentes a uma indústria que fabrica reagentes para diagnóstico *in vitro* com aproximadamente 100 colaboradores e 1.700 m<sup>2</sup> de área construída na região de Curitiba – PR.

### 1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A energia solar é um componente essencial da análise para que se tenha uma análise prévia da sazonalidade climática. Variações na disponibilidade dessa energia ao longo de diferentes regiões interferem na eficiência da produção.

Todos os dados relativos à posição do sol (p. ex., nascente e poente) são calculados usando fórmulas astronômicas publicadas no livro *Astronomical Algorithms*, de Jean Meeus (MEEUS, 1998). Por sua vez, todos os outros dados meteorológicos, inclusive nebulosidade, precipitação, velocidade e direção dos ventos e fluxo solar, são oriundos da análise retrospectiva da era moderna (MERRA-2, na sigla em inglês) da NASA. Esta análise retrospectiva combina várias medições de área ampla em um modelo meteorológico global de última geração para reconstruir um histórico horário das condições meteorológicas no mundo todo, em uma grade de 50 quilômetros.

### 1.3 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos:

- Avaliar a viabilidade do projeto;
- Influenciar tomada de decisão do empreendedor;
- Reduzir impactos ambientais.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

Avaliar a efetividade da instalação de placas fotovoltaicas na redução de impactos ambientais em relação a fontes convencionais de geração de energia elétrica, tais como hidroelétricas.

Avaliar a rentabilidade da geração de energia a partir das placas em relação aos custos de aquisição de energia das fontes convencionais.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

Ao considerar o grande impacto ambiental causado pelas indústrias através do alto consumo de energia elétrica se faz necessário a busca por alternativas energéticas que causem um menor impacto ao meio ambiente. Esta alternativa precisa ser economicamente viável e atrativa para que sua utilização seja sustentável e desta maneira uma forma de incentivar as indústrias a diminuírem seu impacto ambiental.

A geração de energia mediante fontes convencionais gera impactos de diversas características, sendo os mesmos diferentes segundo a fonte geradora (p.ex., hidroelétrica, termoelétrica, eólica, etc.). em quaisquer desses processos, entretanto, requer-se a utilização de áreas para instalação do empreendimento gerador, o que inevitavelmente gera a supressão da vegetação e outros impactos decorrentes.

A produção de placas voltaicas também requer a utilização de áreas e utilização de insumos para sua produção, e conseqüentemente, ocorre também a geração de impactos ambientais. Desta forma, em um primeiro momento torna-se difícil (senão impossível) efetuar um balanço dos impactos dos diferentes tipos de

empreendimentos. Entretanto, ao considerar que a utilização de energia solar depende de áreas relativamente menores e que sua geração se destina diretamente ao consumidor (assim sistemas de transmissão de energia são dispensáveis), infere-se imediatamente que a redução do impacto, em termos de perda de áreas, será por si só bastante significativo. Somente essa característica já denota viabilidade ambiental ao sistema de geração fotovoltaica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo foram levantados dados de eficiência de equipamentos (placas fotovoltaicas), dados meteorológicos para análise da viabilidade financeira do projeto e avaliações de impacto da instalação desses equipamentos.

Para que se tenha uma avaliação completa do custo envolvido neste tipo de projeto foi necessário levantar os gastos com consumo de energia, os dados de energia solar para a região de estudo, eficiência das placas que se pretende utilizar, área disponível para instalação das placas e custo de instalação.

### 2.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Foram utilizados os dados disponíveis em site da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) de consumo mensal (kWh) e custo mensal (R\$) para o ano de 2018, de janeiro a dezembro. Foram utilizados os dados do ano de 2018 para cálculos de viabilidade de custo.

### 2.2 ENERGIA SOLAR PARA A REGIÃO DE CURITIBA

Os dados analisados tiveram as seguintes origens:

- Os dados de uso do solo provêm do banco de dados global de cobertura do solo, publicado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.
- Os dados de altitude são provenientes da Missão Topográfica do Radar SRTM, publicados pelo Laboratório de Propulsão a Jato da NASA.
- O nome, a localização e o fuso horário das localidades e de alguns aeroportos são provenientes do banco de dados geográfico Geonames.
- Os fusos horários de aeroportos e estações meteorológicas são fornecidos por AskGeo.com.

- Os mapas são © Esri, com dados fornecidos por National Geographic, Esri, DeLorme, NAVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, NRCAN, GEBCO, NOAA e iPC.

Para essa análise é necessário levar em consideração o quanto de energia solar foi distribuída pelo sol na região de Curitiba no ano de 2018. Para tanto, foram levantados dados de horas de luz solar (h/mês) e de energia solar (kWh).

Estes dados foram utilizados no cálculo de eficiência das placas e consequentemente na análise de viabilidade.

### 2.3 INSTALAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

Foram avaliados diversos modelos de placas disponíveis no mercado, sendo selecionado aquele que indicou maior eficiência do equipamento, dimensões adequadas à área da indústria e custos de instalação (conforme a seguir).

Foi levantada também a área disponível para instalação das placas, de forma a calcular quantas placas podem ser instaladas no local de estudo e qual a eficiência energética resultante.

No caso do custo, é apresentado nesse estudo o orçamento do fornecedor para o modelo de equipamento escolhido.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** discrimina os dados de consumo e custo de energia para o total do ano de 2018 e por mês.

TABELA 1 – Consumo de Energia Elétrica para 2018

Mês	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora-Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Custo (R\$)
Janeiro	2795	24278	27073	R\$21.562,52
Fevereiro	3329	26669	29998	R\$22.105,52
Março	1572	22487	24059	R\$17.020,98
Abril	2250	26809	29059	R\$19.962,53
Mai	1958	24165	26123	R\$17.835,82
Junho	1239	18683	19922	R\$14.115,10
Julho	1322	17818	19140	R\$14.374,46
Agosto	1494	18071	19565	R\$16.354,19
Setembro	1384	19499	20883	R\$16.660,46
Outubro	1779	21050	22829	R\$19.248,07
Novembro	1956	21488	23444	R\$21.067,30
Dezembro	1100	18895	19995	R\$17.178,83
<b>TOTAL</b>	<b>22178</b>	<b>259912</b>	<b>282090</b>	<b>R\$217.485,78</b>

FONTE: COPEL (2019).

Mediante análise dos dados da COPEL, o custo de energia para a indústria, no ano de 2018, abrangeu um total de R\$ 217.485,78.

#### 3.2 ENERGIA SOLAR PARA A REGIÃO DE CURITIBA

Em relação à energia solar, a TABELA 2 apresenta a disponibilidade de luz por mês entre os anos de 2014 e 2018, sendo que, para este último ano, é apresentado ainda a quantidade de energia passível de geração (em kWh).

TABELA 2 – Disponibilidade de Horas de Luz e de Energia Solar para Curitiba entre os anos de 2014 e 2018

Mês	2014	2015	2016	2017	2018		MÉDIA
	Horas de Luz Solar (h/mês)	Energia Solar (kWh)	Horas de Luz Solar (h/mês)				
Janeiro	417,98	416,69	418,24	417,98	417,98	6,4	417,78
Fevereiro	362,37	362,37	362,37	362,13	362,37	6,05	362,32
Março	378,98	378,98	378,46	378,72	378,98	5,65	378,82
Abril	344,50	345,00	344,50	344,50	344,50	4,85	344,60
Maio	337,64	337,64	337,38	337,64	337,64	4	337,59
Junho	318,25	318,25	318,00	318,25	318,25	3,5	318,20
Julho	333,25	332,99	333,25	333,25	333,25	3,7	333,20
Agosto	349,01	348,75	349,27	349,27	349,27	4,4	349,11
Setembro	355,75	355,50	359,00	358,75	355,75	5,1	356,95
Outubro	393,44	393,44	393,96	393,70	393,44	5,8	393,60
Novembro	400,25	400,00	400,25	400,25	400,25	6,5	400,20
Dezembro	423,41	423,41	423,41	423,41	423,41	6,7	423,41

FONTE: <https://pt.weatherspark.com/m/29910/12/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Curitiba-Brasil-em-dezembro#Sections-Sun> (consultado em 04/09/2019).

É de se esperar que entre os meses de maio e julho as placas apresentem menor eficiência de produção de energia devido à baixa de energia solar disponível.

### 3.3 INSTALAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

Os dados apresentados neste item foram disponibilizados por um fornecedor de placas fotovoltaicas (SOLAR PRIME - SC).

#### 3.3.1 Eficiência e Modelo de Placas

Foi utilizado para o estudo o Painel 340W RISEN Classe A com produção média mensal de energia de 35,82 kWh.

Os modelos mais comuns para esses equipamentos são:

- Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino
- Painel solar fotovoltaico de silício policristalino

- Painéis solares de filme fino
- Painel solar de silício amorfo (a-Si)
- Painel solar de telureto de cádmio (CdTe)
- Painéis solares de seleneto de cobre, índio e gálio (CIS /CIGS)
- Células fotovoltaicas orgânicas (OPV)
- Painel solar híbrido – HJT

O modelo selecionado é do primeiro tipo citado, painel solar fotovoltaico de silício monocristalino, que das opções apresenta a maior eficiência (entre 15% e 22%), ocupa menos espaço e possui uma vida útil de aproximadamente 30 anos. Possui um valor mais elevado que os outros modelos, porém como será visto no item 3.4.1 este valor é retornado em um período curto.

São propostas 192 unidades de tais placas, as quais permitem a geração total de 6877 kWh (média mensal).

### 3.3.2 Área Necessária para Instalação

Para o projeto proposto é necessário 422,4 m<sup>2</sup> de área para a instalação das placas. Se tem disponível na indústria 630,02 m<sup>2</sup> de área útil de teto. Desta forma, a instalação das placas se mostra fisicamente viável.

### 3.3.3 Custo de Instalação

Para a instalação das placas e dos acessórios necessários o investimento inicial é de R\$ 189.017,65.

### 3.4 VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO

#### 3.4.1 Viabilidade Financeira

Na tabela 3 podemos verificar uma projeção da redução de custo com energia elétrica ao reduzir do consumo total a geração de energia solar prevista para cada mês.

TABELA 3 – Projeção de Custo

Mês	Consumo Total (kWh)	Custo (R\$)	Energia Solar Gerada (kWh/mês)	Consumo Previsto (kWh/mês)	Custo Atualizado (R\$)
Janeiro	27073	R\$21.562,52	7459	19614	R\$15.503,77
Fevereiro	29998	R\$22.105,52	7678	22320	R\$17.642,72
Março	24059	R\$17.020,98	7333	16726	R\$13.220,97
Abril	29059	R\$19.962,53	6847	22212	R\$17.557,35
Maio	26123	R\$17.835,82	6017	20106	R\$15.892,67
Junho	19922	R\$14.115,10	5662	14260	R\$11.271,74
Julho	19140	R\$14.374,46	5856	13284	R\$10.500,26
Agosto	19565	R\$16.354,19	7322	12243	R\$9.677,41
Setembro	20883	R\$16.660,46	6485	14398	R\$11.380,82
Outubro	22829	R\$19.248,07	6731	16098	R\$12.724,57
Novembro	23444	R\$21.067,30	7502	15942	R\$12.601,26
Dezembro	19995	R\$17.178,83	7631	12364	R\$9.773,05
<b>TOTAL</b>	<b>282.090</b>	<b>R\$217.485,78</b>	-	<b>199.567</b>	<b>R\$157.746,60</b>

FONTE: A autora (2019).

Haverá em média uma economia de R\$ 59.739,18 por ano, e o retorno do investimento se dará em 3 anos e 2 meses.

#### 3.4.2 Redução de Impactos Ambientais

Além da análise qualitativa acima, uma análise quantitativa pode ser efetuada ao considerar, por exemplo, a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera decorrente de fontes geradoras convencionais como, por exemplo, termoelétricas, hidrelétricas e

gás. Tendo-se por base a “Calculadora de Emissão de CO<sub>2</sub>”<sup>1</sup> da SOS Mata Atlântica, em relação ao consumo de energia disponível na rede convencional se deixará de utilizar 82.523 kWh de energia elétrica, o que é equivalente a emissão de 2,03 toneladas de gás carbônico em um ano, e 50,75 toneladas de gás carbônico em 25 anos. Somente esta análise já indica a viabilidade ambiental do uso das placas fotovoltaicas em relação às fontes convencionais.

Não se pode deixar de lado a avaliação do ciclo de vida das placas, visto que haverá uma geração de resíduo no fim de vida das placas utilizadas. Como este material é um eletrônico o seu resíduo pode ser encaminhado para fornecedor especializado que irá separar as partes recicláveis, recuperar os metais nobres e destinar corretamente o resíduo químico restante. Dentro deste aspecto observa-se que o impacto ambiental também pode ser diminuído à medida que se encaminha a maior parte dos componentes para reinserção à cadeia produtiva.

---

<sup>1</sup> Cálculo realizado através de ferramenta disponibilizada em <https://www.sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/como-participar/calculadora/>

## 4 CONCLUSÕES

Tendo-se por base todo o conjunto de dados apresentados acima, podemos concluir que a execução do projeto sugerido é economicamente viável, uma vez que, após 3 anos, o mesmo reduzirá o custo para a empresa.

O projeto também é ambientalmente viável, permitindo a empresa utilizar a forma alternativa de energia como marketing sobre a realidade de empresa ambientalmente responsável. Nesse sentido, a quantidade de gás carbônico que não será emitida em 25 anos é equivalente ao absorvido por 375 árvores.

Outro ponto a ser observado é o aspecto visual da empresa, após a instalação das placas estará acessível para todos que a empresa em questão é ambientalmente responsável o que trará um marketing ambiental positivo para a imagem da empresa.

Por fim, levando-se em consideração apenas a utilização de energia elétrica a empresa reduzirá em 29,25% as suas emissões de gás carbônico. Estas condições denotam a relevância e a importância da utilização das placas fotovoltaicas para a indústria em questão.

## REFERÊNCIAS

MEEUS, Jean. **Astronomical algorithms**. 2ª Ed. Virginia. 1998

TOMMASI, Luiz Roberto. **Estudo de Impacto Ambiental**. [S.l: s.n.], 1994.

TAUK-TORNISIELO, Sâmia Maria. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. Ed. UNESP. 1995

TAUK-TORNISIELO, Sâmia Maria. **Análise ambiental: estratégias e ações**. Ed. UNESP. 1995

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas características de Curitiba**, 2019. Página Inicial. Disponível em:

<<https://pt.weatherspark.com/m/29910/12/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Curitiba-Brasil-em-dezembro#Sections-Sun>>. Acesso em: 04 de set. de 2019.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Calcule sua emissão de CO<sub>2</sub>**, 2019. Página Projetos.

Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/como-participar/calculadora/>>. Acesso em: 10 de set. de 2019.