

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL GON PEREIRA

**Estudo da viabilidade de um sistema fotovoltaico em  
empreendimento de pesca recreativa**

CAMPO MOURÃO

2019

RAFAEL GON PEREIRA

**Estudo da viabilidade de um sistema fotovoltaico em  
empreendimento de pesca recreativa**

Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Campus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Radames Juliano Halmeman

CAMPO MOURÃO

2019



---

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Estudo da viabilidade de um sistema fotovoltaico em  
empreendimento de pesca recreativa**

por

RAFAEL GON PEREIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 06 de dezembro de 2019 ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão. O discente foi arguido pela Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado com alterações.

---

Professor Dr. José Hilário Delconte Ferreira  
Avaliador 1  
UTFPR

---

Professora Dra. Paula Cristina de Souza  
Avaliador 2  
UTFPR

---

Professor Dr. Radames Juliano Halmeman  
Orientador  
UTFPR

*"O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental"*

## RESUMO

Neste trabalho estudou-se um sistema conectado à rede, *on-grid*, de um pesqueiro localizado no município de Peabiru – PR o qual analisa a viabilidade financeira e ambiental do mesmo. Após a revisão bibliográfica foi feita a análise financeira considerando o investimento inicial e sua economia a partir do valor da geração em kWh dos painéis solares em que era abatido na conta de energia do estabelecimento. Para se obter o tempo de retorno, sua rentabilidade e assim ter uma melhor análise sobre o investimento, foi feito o cálculo do VPL, TIR, *payback* simples e descontado e o ROI. Apresentando uma VPL de R\$11.743,53 e uma TIR de 11%, sendo ela maior que a TMA, o investimento torna-se viável diante do estudo de viabilidade financeira porém, com um *payback* descontado de quase 22 anos e um ROI de -93% nota-se uma baixa rentabilidade tornando um investimento inviável pois seu retorno é muito longo sendo que há outros meios em que o valor inicial de R\$180.000,00 poderia ser aplicado para que retorno apresentasse um cenário melhor. Porém é um investimento viável do ponto de vista ambiental, sendo que, as células não produzem gases poluentes devido ser uma fonte de energia renovável e limpa.

**Palavras-chave:** sistema *on-grid*, viabilidade financeira, geração de energia.

## ABSTRACT

In the present work, the study of a system connected to the on-grid network of a fishery located in the municipality of Peabiru - PR or what is the financial viability analysis. After the literature review, the analysis was made considering the initial investment and its economy from the generation value in kWh of the solar panels in which it was deducted from the energy bill of the establishment. In order to obtain the return time, its profitability and thus have a better investment analysis, the NPV, IRR, simple and discounted payback and the ROI were calculated. With a NPV of R \$ 11,743.53 and an IRR of 11%, which is higher than the TMA, the investment becomes viable considering the financial feasibility study, however, with a discounted payback of almost 22 years and a ROI of -93% a low profitability is noted making it an unfeasible investment because its return is very long there are other ways in which the initial value of R \$ 180,000 could be applied so that the return presented a better scenario. But it is an environmentally viable investment, and the cells do not produce polluting gases due to being a source of renewable and clean energy.

**Key words:** on-grid system, financial viability, power generation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	4
1.1.2 Objetivos Específicos .....	4
<b>1.2 Justificativa</b> .....	<b>4</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Sistemas fotovoltaicos</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Tecnologia fotovoltaica</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3 Células fotovoltaicas</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4 Inversores</b> .....	<b>8</b>
<b>2.5 Aplicações da energia fotovoltaica no Brasil e no mundo</b> .....	<b>9</b>
<b>2.6 Eficiência energética utilizando energia fotovoltaica</b> .....	<b>11</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Objeto de estudo</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Coleta de dados</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 Análise da viabilidade econômica</b> .....	<b>18</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e econômico, vem o aumento da demanda energética global, porém a oferta limitada dos combustíveis fósseis torna necessária a busca por fontes de energia alternativas, como a produção fotovoltaica.

A geração de energia elétrica proveniente do sol distingue-se em duas tecnologias, a geração a partir da fotovoltaica, que consiste na conversão direta da luz em eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos, e a heliotérmica, na qual um fluido é aquecido a partir da energia solar para produzir vapor (TOLMASQUIM, 2005). Tal energia renovável representa pequena porcentagem na matriz energética do Brasil, sendo de 0,5% (RIO DE JANEIRO, 2019) e que as perspectivas de crescimento na sua utilização são positivas.

Já na Alemanha, Espanha, Estados Unidos e Japão a potência total instalada, em energia fotovoltaica, é de 84% da capacidade mundial, sendo a Alemanha apresentando maior porcentagem, cerca de 49% (BRASÍLIA, 2008).

Os painéis de um sistema fotovoltaico, são feitos a partir do silício cristalino, que é subdividido em monocristalino, policristalino e em amorfo. Estes trabalham em corrente contínua para o uso na maioria dos sistemas elétricos é necessária a conversão para corrente alternada, sendo feita por inversores (ALMEIDA, 2012).

Por ser uma fonte de energia limpa, é uma alternativa para empresas, indústrias e residências, pois requer pouca manutenção e reduz significativamente o custo das contas de energia, sendo seu principal problema o alto investimento inicial.

Este trabalho tem como objetivo realizar a análise da viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico *on-grid* instalado na empresa Belini Pesca & Lazer, localizado no município de Peabiru - PR.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade econômica do sistema fotovoltaico *on-grid* na empresa Belini Pesca & Lazer no município de Peabiru, Paraná.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Acompanhar a produção de energia no sistema *on-grid*, durante um ano.
- Apresentar os benefícios ambientais e econômicos verificados por esse sistema *on-grid*,
- Analisar a viabilidade econômica do investimento do sistema *on-grid*, levando em consideração o consumo histórico de energia elétrica, através dos cálculos de *payback*, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e retorno sobre o investimento (ROI).

## 1.2 Justificativa

Diante a busca por energias renováveis, o sistema fotovoltaico é suma importância visto que seus danos para o meio ambiente são inferiores ao de fontes fósseis ou até mesmo, hidrelétricas. A análise financeira sobre esses sistemas se vê necessária para que seu investimento tenha um retorno positivo.

Este trabalho foi feito para definir a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico *on-grid* em um empreendimento de pesca recreativa, localizado em Peabiru – PR, e verificar se tal investimento se torna viável para as condições da empresa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Sistemas fotovoltaicos

A conversão da radiação solar em energia elétrica é obtida através de um sistema composto por células fotovoltaicas feitas a partir do silício (material mais usado) e podendo ser ligadas a residências, indústrias, entre outras edificações, ou em larga escala como a usina solar. Esses sistemas também são constituídos por equipamentos complementares como baterias, inversores e controladores de carga, variando os componentes de acordo com sua funcionalidade.

Li et al. (2017) estuda que o componente básico de trabalho é a célula fotovoltaica que converte a energia solar em energia elétrica e a mesma aciona o motor para o funcionamento da bomba, e componentes de armazenamento e reservatório de água, acoplados ao sistema.

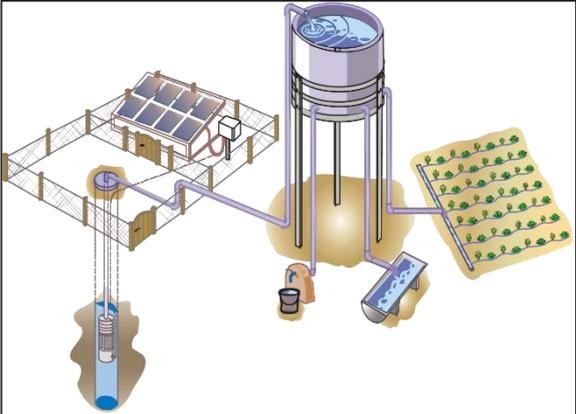
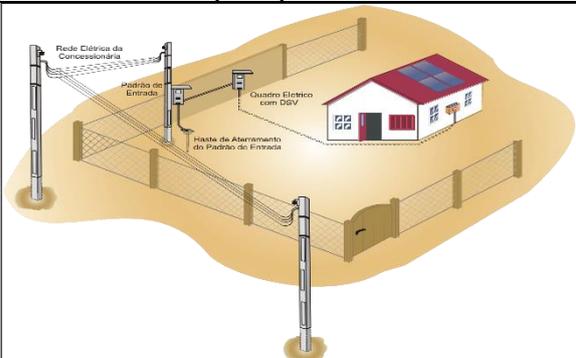
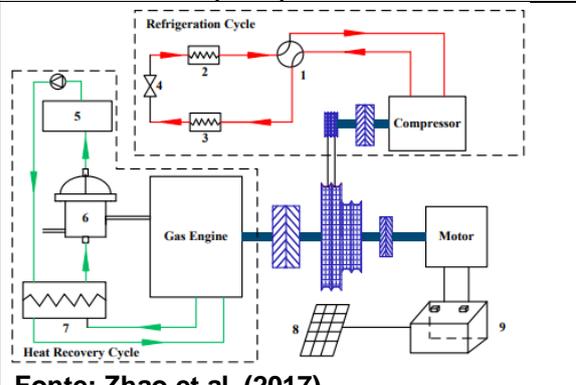
Existem diversas aplicações para os sistemas fotovoltaicos, desde pequenas instalações em residências, propriedades rurais (irrigação, bombeamento), como médias e grandes instalações, em indústrias e usinas solares, que podem ser classificadas como *on-grid* e *off-grid* (ANDRADE JUNIOR, 2014).

Com a grande evolução dos sistemas fotovoltaicos, os sistemas híbridos vêm sendo estudados e implementados no mercado para se ter uma melhor eficiência na produção de energia com os menores impactos ambientais possíveis.

Estudado por Pali e Vadhera (2019), os sistemas fotovoltaicos não são constantes em sua produção devido à sua natureza, que é variável e intermitente, sendo que um sistema híbrido seria indispensável para aproveitar ao máximo a produção contínua no sistema.

No Quadro 1 é apresentado quatro sistemas com uma breve descrição sobre eles. Os sistemas apresentados são o *off-grid*, *on-grid*, sistema com bateria de armazenamento e um sistema híbrido

Quadro 1 – Tipos de sistemas fotovoltaicos

Sistema	Descrição
	<p>Os sistemas isolados ou autônomos, são conhecidos como sistemas <i>off-grid</i>, no qual são conectados à uma fonte de energia alternativa e não a redes de distribuição de concessionárias. Estes sistemas podem ser acrescidos de sistemas de armazenamento, e poderão alimentar cargas de corrente contínua (C.C.) e corrente alternada (C.A.), tendo a necessidade da utilização de inversor para a transformação da mesma, conforme dito por Andrade Junior (2014).</p>
<p><b>Fonte: Mocelin (2014)</b></p> 	<p>Ainda destaca que os sistemas fotovoltaicos conectados à rede está sendo uma aposta em diversos países em busca de soluções para a crescente demanda energética, e no Brasil, ainda são poucas as iniciativas no uso de sistemas fotovoltaicos. Esses sistemas conectados à rede são conhecidos como sistemas <i>on-grid</i>.</p>
<p><b>Fonte: Zhao et al. (2017)</b></p> 	<p>No estudo mostrado por Zhao et al. (2017), a bomba de calor de gás híbrida integrada a energia fotovoltaica tem como fontes, o motor a gasolina e baterias, apresentando ser mais econômica que a convencional, no qual o motor irá trabalhar em modo econômico e terá um impacto menor na produção de gases.</p>

Existem várias aplicações para os sistemas fotovoltaicos, desde pequenas instalações como em casas ou prédios até grandes instalações como as usinas solares, e dentre essas usinas há diferentes modelos, desde os mais comuns que são o conjunto de células, como as grandes usinas de concentração, onde a radiação solar é refletida por uma série de refletores se concentra em um único ponto, transformando em energia elétrica.

## 2.2 Tecnologia fotovoltaica

O Brasil tem grande incidência do sol, e no Nordeste o alto número de horas de sol por ano resulta em uma média de irradiação solar de 6,5 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Tal valor é positivo para o uso de sistemas fotovoltaicos, em relação ao seu uso, a eficiência líquida é tipicamente de 10% a 15%, necessitando de grandes áreas substanciais para capturar e converter parte significativa da energia onde atenderá as necessidades em países industrializados, sendo gerado 100 MW em áreas de 3 a 10 km<sup>2</sup>. Já no caso de aplicações do sistema conectado à rede, são sistemas de médio a grande porte normalmente de 1 kW a 10 MW (FUKUROZAKI, 2011).

Por mais que a energia fotovoltaica não apresenta impactos ambientais em seu funcionamento, em sua instalação e sua fabricação, os impactos são relevantes. Para sua fabricação é necessária a extração do silício, seu principal componente, onde os impactos causados são de larga escala por se tratar de uma extração de minério.

De sua produção até sua instalação, a tecnologia fotovoltaica causa diversos impactos ambientais e socioambientais, iniciando pela extração do silício até a instalação e funcionamento das células. Conforme o tamanho do sistema que irá ser instalado, apresenta possíveis impactos como aumento da população, de emprego e fluxo de veículos devido aos trabalhadores do empreendimento, ocasionando também uma compactação do solo, possível perda da fauna e flora na área em que será instalada, de acordo Tolmasquim (2005). Porém certos impactos são minimizados ou nulos caso a instalação ocorrer em estruturas pré construídas, como casas, estádios, prédios, indústrias.

No caso da extração da matéria-prima, o silício, há uma degradação da paisagem, desmatamento nas áreas de extração e ao redor, e geração de resíduos nocivos à saúde.

As células fotovoltaicas precisam de um descarte especial devido aos metais pesados constituintes do sistema, desde as células de silício, como o suporte para as placas podendo ser de ferro e alumínio.

## 2.3 Células fotovoltaicas

Para um bom funcionamento das células deve ser levado em consideração a posição em que ela se encontra, a intensidade luminosa do local, nebulosidade, sua

inclinação, sendo o funcionamento feito pela conversão da irradiação solar em energia elétrica (ANDRADE JUNIOR, 2014)

O silício por ser um material semicondutor e com baixa condutividade, é preciso passar por um processo chamado dopagem, onde são adicionados átomos de boro e fósforo aos átomos de silício formando a uma junção pn (positivo e negativo), apresentado por Fukurozaki (2011). Conforme Sá (2010) quando há incidência da radiação solar sobre as células fotovoltaicas, há formação de um campo elétrico entre as camadas p e n onde os elétrons serão orientados a fluírem.

Após o processo de dopagem às células de silício são obtidas a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais, sendo que após a fusão as barras são cortadas em pastilhas finas com espessura na ordem de 0,2mm, sendo uma técnica complexa e cara (ANDRADE JUNIOR, 2014).

Conforme Nascimento (2004), as células de silício policristalino são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão, onde uma vez nos moldes, elas resfriam lentamente e se solidificam fazendo com que os átomos não se organizem num único cristal formando uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais, tendo uma eficiência de conversão da luz solar em eletricidade ligeiramente menor que as de silício monocristalino. A eficiência média das células produzidas industrialmente em silício monocristalino (m-Si) é de 16,5%, e para as lâminas comerciais em silício policristalino (p-Si) a eficiência varia de 14,5% a 16,2%. (PINHO; GALDINO, 2014).

As células de silício amorfo são obtidas por meio da disposição de camadas finas de silício em vidro ou metal, sendo que não apresenta estrutura cristalina e tem uma eficiência que varia de 5% a 7% (ANDRADE JUNIOR, 2014). Uma das tecnologias de células em filmes finos, é o silício amorfo hidrogenado, que, com um rendimento menor, necessita de grandes instalações, sendo assim é normalmente utilizado em calculadoras e relógios.

## 2.4 Inversores

Em sistemas *on-grid* é necessária a utilização de inversores, pois a energia convertida na célula fotovoltaica é corrente contínua (C.C.) e a recebida na rede é corrente alternada (C.A.), sendo assim, a funcionalidade do inversor é converter a

potência em C.C. para a potência em C.A. (ALMEIDA, 2012). E também, garantir a segurança do sistema e medir a energia produzida.

A Portal Solar (2019) apresentou o inversor *grid tie*, o qual tem como característica principal ser conectado à rede da concessionária, sincronizando sua tensão de saída (V) e sua frequência (Hz), e desconectar da rede quando a mesma não está fornecendo energia, devido a reparos ou falhas. O sistema de desligamento, caso a energia da rede caia, é um sistema de segurança que evita choques elétricos em quem está trabalhando na rede no momento da queda.

Tolmasquim (2005) mostra que os inversores podem ser classificados em três tipos, sendo eles:

- Inversores centrais, sendo de grande porte com potência da ordem de centenas de kW até MW, utilizados em usinas fotovoltaicas.
- Inversores *string* (monofásicos e trifásicos) que são os mais utilizados nas instalações residências e comerciais.
- Microinversores que são acoplados em cada módulo fotovoltaico maximizando sua produção e tendo os efeitos de sombreamento ou defeitos nos módulos isolados para não prejudicar a produção do arranjo.

## 2.5 Aplicações da energia fotovoltaica no Brasil e no mundo

Com o alto desenvolvimento e a necessidade de fontes limpas, a energia eólica e fotovoltaica vem ganhando cada vez mais espaço. Tendo destaque para o sistema fotovoltaico, onde o investimento é menor e estão sendo feitas diversas instalações pelo mundo, em casas, indústrias, aldeias e para pesquisas. O Brasil com sua vasta extensão geográfica, juntamente com a alta incidência da radiação solar, possibilita ao país um bom investimento nesse tipo de sistema, que se dá pela conversão da radiação solar em energia elétrica. podendo aumentar sua matriz energética que se dá, majoritariamente, por usinas hidrelétricas.

Pereira et al. (2017) apresenta que o Brasil tem uma irradiação global boa, superando países da Europa como a Alemanha, sendo um país em que a energia fotovoltaica tem um bom rendimento em seus sistemas e os estudos e investimentos estão cada vez maiores. No mesmo, é mostrado que a irradiação varia entre 6,2 e 3,5

kWh/m<sup>2</sup>. dia, sendo a maior média encontrada na região nordeste e a menor na região sul.

O estado do Paraná apresenta uma média anual de 1.705 kWh/m<sup>2</sup>.ano, com o valor máximo encontrado nos municípios de Itaguajé e Santa Inês com 1.938 kWh/m<sup>2</sup>.dia e o menor valor no município de Guaratuba com 1.365 kWh/m<sup>2</sup>.dia, apresentado por Tiepolo et al. (2017). O autor ainda faz uma comparação entre o estado e países que são referências nesta tecnologia, sendo a comparação feita utilizando valores da irradiação e produtividade média anual, estimado para sistemas fotovoltaicos de 1 kWp de potência e com rendimento de 75%. Tal comparação mostrou que o Paraná é superior à 27 países, dos 33 em comparação, inclusive onde essa tecnologia é bastante difundida, como a Alemanha.

Tiepolo et al. (2017) apresenta a irradiação do Município de Campo Mourão, com uma média anual de 4.85 kWh/m<sup>2</sup>.dia, sendo que, nos meses de Novembro e Dezembro apresentam um maior valor de 6.45 e 6.08 kWh/m<sup>2</sup>.dia, respectivamente, e os menores valores são de Junho e Julho, sendo eles, 3.15 e 3.38 kWh/m<sup>2</sup>.dia respectivamente, podendo facilmente identificar uma maior irradiação no verão e uma menor no inverno. No mesmo trabalho é mostrado que, os valores de cada estação do ano, sendo eles de 5.30, 6.07, 4.43 e 3.62 para a Primavera, Verão, Outono e Inverno, respectivamente.

Apresentado no infográfico da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2018), o Brasil vem investindo cada vez mais na energia fotovoltaica, com uma potência operacional total, o valor de 1.750,60 MW, e de acordo com esse investimento, o país vem aumentando a porcentagem em sua matriz elétrica não precisando depender de fontes que causem grandes impactos ambientais ou de combustíveis fósseis. Ainda no infográfico, é mostrado que o estado com maior potência instalada é Minas Gerais, com um total de 95,8 MW, representando 23,8% de toda potência nacional.

De acordo com a reportagem no site Piauí em Foco (2018), o estado mostra um grande avanço no setor fotovoltaico, onde será implantada uma usina fotovoltaica abrangendo a área de 690 hectares, com capacidade instalada total de 290 MW podendo gerar aproximadamente 600 GWh por ano. A instalação fará com que diminua a quantidade a emissão de CO<sub>2</sub> e abastecerá aproximadamente 300 mil residências.

Como é estudado por Pereira Junior et al. (2013), muitos países estão investindo em energias renováveis e que, a geração eólica é vista para ser rapidamente comercializado e a energia fotovoltaica, apresentando um grande potencial, necessita de estudos em questão de investimento e demanda para reduzir custos.

Com o crescimento da geração fotovoltaica os investimentos e estudos vem aumentando cada vez mais como é mostrado por Duran et al. (2014), em um estudo no México mostrando seu grande potencial com radiação solar diária média anual de 5 kWh/m<sup>2</sup>/dia mostrando que há aumento na instalação de pequenos sistemas fotovoltaicos conectados à rede e um investimento para treinamentos com células fotovoltaicas na Universidad Autónoma del Estado de México.

Um estudo apresentado por Meunier et al. (2019) em Gogma, uma aldeia localizada no centro-leste de Burkina Faso, Sub-Sahara Africana, mostra a funcionalidade de um sistema de bombeamento fotovoltaico, subsidiado pela empresa DargaTech em 2017, que fornece cerca de 10m<sup>3</sup> de água diário, para uso doméstico, para as 250 pessoas da aldeia. O modelo utiliza dados climáticos locais como entradas, o qual permite uma precisão do seu desempenho e sustentabilidade para determinado uso.

## **2.6 Eficiência energética utilizando energia fotovoltaica**

Com um alto investimento, as células fotovoltaicas estão sendo estudadas cada vez mais para se obter um menor investimento e eficiência maior. Com isso, estudos sobre diversos materiais que são usados na construção das células, sistemas híbridos e otimização do sistema vem crescendo cada vez mais. Além das quedas de preços, o aumento da eficiência de conversão dos módulos fotovoltaicos, foi importante para a aceleração do uso deste tipo de energia (TIEPOLO et al., 2017)

O trabalho feito por Venkateswari e Sreejith (2019) aponta que gerações de células fotovoltaicas, onde a primeira é a mais consolidada, o cristal único de silício, passando pela segunda geração e as células solares finas, de terceira geração, que são mais flexíveis e de fácil manuseio com baixas perdas, produzindo uma eficiência mais elevada.

O arrefecimento das células, tem como objetivo resfriá-las para aumentar a eficiência do sistema, visto que, o aumento de temperatura das células tem influência

direta com o desempenho dela de acordo com os coeficientes de temperatura estipulados pelo fabricante, conforme Zanlorenzi, Szejka e Canciglieri (2018).

Ainda com os autores, o estudo consistia em dois módulos fotovoltaicos, um híbrido com sistema de refrigeração de água e outro convencional, mostrando que o módulo híbrido tem uma eficiência maior e produziu quase 10% a mais que o convencional, apresentando uma vida útil maior devido sofrer menos desgaste causado pelo aquecimento do sistema.

Campana et al. (2015) apresentou um sistema convencional e um otimizado para identificar um menor custo com a mesma produção de energia. Ainda ressalta que para a otimização do sistema foi assumido um rebaixamento máximo de 2,5m, que corresponde à profundidade da bomba em relação ao nível estático dela, e também, foi otimizado a inclinação e azimute de superfície que permitiu um aumento de 10% na potência de saída.

Em um estudo realizado na China por Zang et al. (2018), foram analisadas 11 fazendas de produção de leite, com sistema de bombeamento fotovoltaico onde foram feitos três cenários de autossuficiência com 20%, 80% e 100%. O estudo mostrou que o bombeamento é eficiente na irrigação de alfafa, que serve de alimento para as vacas leiteiras, mostrando uma melhoria da produtividade econômica e que o investimento inicial do sistema tem melhor cenário com 20% apresentando um bom rendimento na produção de leite e redução de emissões de CO<sup>2</sup>.

A zona semiárida brasileira tem períodos curtos e irregulares de precipitação, combinada com uma irradiação solar diária elevada, tem uma escassez de água durante a maior parte do ano, resultando em atividades produtivas da região dependente de infraestrutura como poços, barragens, sistemas de bombeamento ou até mesmo a necessidade de água fornecida por caminhões pipa, fazendo com que o bombeamento a partir da geração solar seja uma boa opção para a agricultura familiar por não depender de combustíveis fósseis e ter um impacto ambiental baixo, mesmo com o alto investimento inicial, aponta Valer et al. (2016).

O autor ainda faz uma observação, é necessário um serviço de manutenção e treinamento técnico local, para que o sistema tenha seus devidos cuidados, além da grande dificuldade de obras civis em lugares remotos e de difícil acesso.

Yaichi et al. (2019) cita que sistemas de bombeamento fotovoltaico são ideias para o abastecimento de água em áreas isoladas, sem redes de distribuição de

energia instaladas, sendo que a água pode ser bombeada durante o dia enchendo o reservatório, tendo disponibilidade para o uso durante a noite ou quando está nublado.

Com dias nublados e no período da noite, há necessidade de um sistema de armazenamento, seja de energia por meio de baterias ou reservatórios de água para uma utilização posterior. Conforme Pali e Vadhera (2019), um sistema de bombeamento fotovoltaico gera a energia necessária para que a água bombeada fique em um reservatório podendo ser utilizado tanto para o uso agrícola, doméstico e até mesmo cumprindo a necessidade de água industrial.

Ainda com os autores, é apresentado um sistema onde a água armazenada no reservatório é utilizada para a conversão de energia potencial em energia cinética, produzindo uma movimentação de rotação no impulsor, fazendo rodar o gerador acoplado no sistema, produzindo assim, energia elétrica para o consumidor. E a mesma água retirada do poço, depois armazenada e utilizada para a produção de energia, é descarregada novamente ao poço, completando seu ciclo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Objeto de estudo

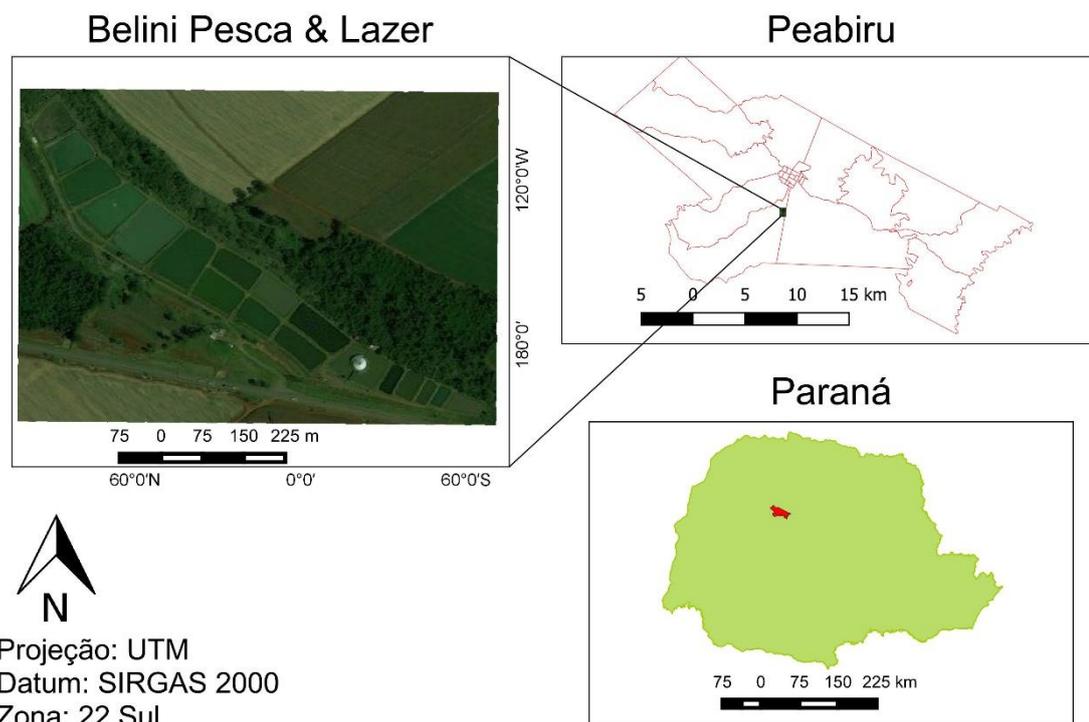
O município de Peabiru está situado na região Centro Ocidental do Paraná e a sede do estabelecimento, restaurante e escritório, está localizado nas coordenadas geográficas latitude 23°56'38" Sul e longitude 52°20'55" Oeste (Figura 1). O município apresenta temperaturas médias anuais entre 21,1°C e 22°C, sendo as máximas de 27,1°C a 28°C e as mínimas de 16,1°C a 17°C, com índices pluviométricos entre 1.600 a 1.800 mm por ano (Paraná, 2019) e está localizado na mesorregião Centro-Ocidental cujo o clima é classificado como Cfa: Clima Subtropical Úmido Mesotérmico de acordo com Ipardes (2004).

A empresa Belini Pesca & Lazer está atuando no mercado desde 1997, possuindo 5 funcionários e tem como principal objeto de trabalho a pesca recreativa, contando com um restaurante no local, tendo uma área total de 18 ha e a área total de lâmina d'água é de 9 ha onde há 18 viveiros destinados para pesca, recria e engorda.

A empresa conta com um sistema fotovoltaico composto de 167 módulos fotovoltaicos, dispostos no telhado do estabelecimento (Figura 2) e cada módulo têm área de 2m<sup>2</sup>, dois inversores trifásicos (Figura 3), um transformador e um medidor bidirecional.

Apresentando uma taxa de eficiência solar de 18%, cada placa feita de silício tem uma potência de 280Wp, nelas é convertida a radiação solar para energia elétrica e passadas para os inversores, onde a corrente contínua vinda das placas é convertida em corrente alternada e, em seguida, passada por um transformador e injetada energia elétrica com potência de 110 V.

Figura 1: Localização da área de estudo localizado no município de Peabiru



Fonte: Autoria própria

Figura 2: Sistema fotovoltaico



Fonte: Autoria Própria

**Figura 3: Inversores**

Fonte: Autoria própria

### 3.2 Coleta de dados

Com dois anos de funcionamento, as placas fotovoltaicas estão com uma inclinação de 20° voltadas para o norte verdadeiro, para que possa obter 100% da eficiência de todo sistema. Como é dito pelo responsável do pesqueiro, este posicionamento foi levado em conta após um estudo realizado pela empresa de instalação. Para o levantamento do consumo de energia elétrica e caracterização do empreendimento foi realizada uma entrevista informal com o proprietário da empresa no segundo semestre de 2019 e obtidos dados de:

- Consumo mensal e o consumo anual de energia elétrica depois da instalação do sistema fotovoltaico;
- Quantidade de módulos fotovoltaicos instalados;
- Metragem da cobertura superior onde os módulos estão instalados;
- Custo do sistema fotovoltaico *on-grid* instalado.

A energia é consumida instantaneamente no pesqueiro, porém, o excedente que não foi consumido é injetado na rede da concessionária concedendo créditos que

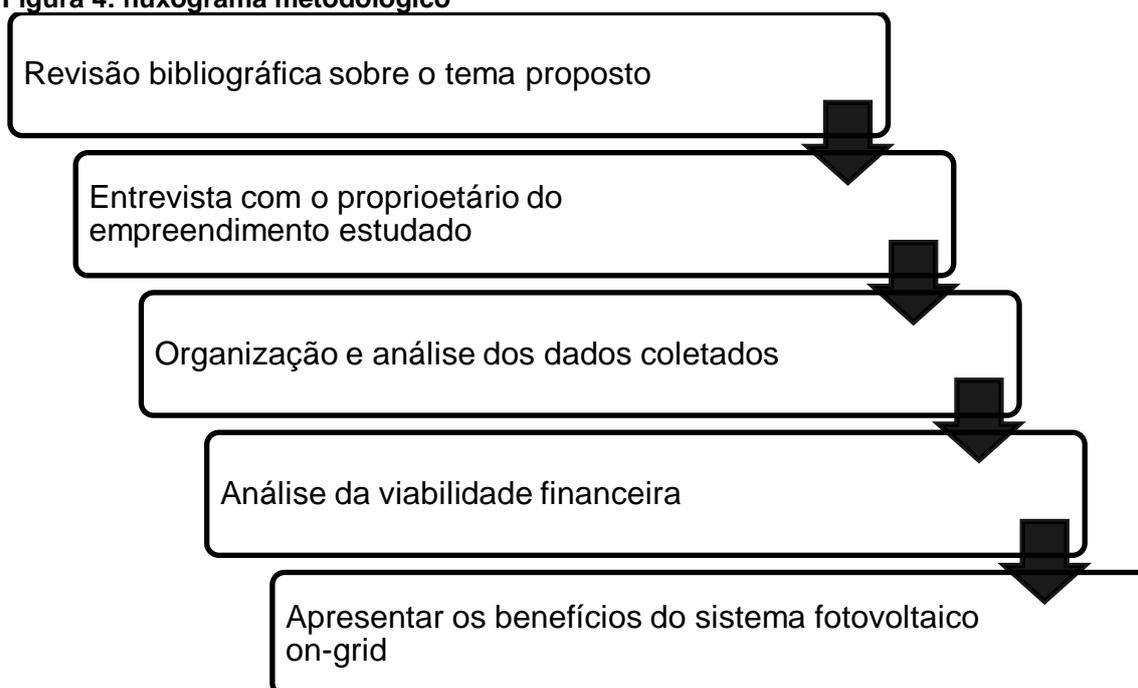
podem ser usados nos quatro anos posteriores em dias que a produção do sistema fotovoltaico seja inferior ao consumo do pesqueiro.

Para análise de incidência solar no local, foi utilizado o site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), onde as coordenadas geográficas do empreendimento foram inseridas e encontrou-se as médias máximas e mínimas no período de 1 (um) ano.

É importante ressaltar que, o fluxo de caixa e consequentemente o retorno do investimento serão dados pelo total de geração de energia do sistema. Após análise e cálculos dos dados, eles serão organizados em tabelas e gráficos para uma melhor representação da viabilidade que o sistema fotovoltaico pode apresentar.

Conforme o fluxograma metodológico (Figura 4) apresentou-se as etapas do trabalho:

**Figura 4: fluxograma metodológico**



A revisão bibliográfica foi realizada no começo do estudo através de pesquisas já realizadas sobre o tema. Já no segundo semestre de 2019 a entrevista com o proprietário do empreendimento foi executada a fim de entrar em um consenso para a realização do estudo em seu estabelecimento e para obter os dados necessários que foram organizados em uma planilha do Excel, sendo possível a análise do mesmo e a apresentação da viabilidade financeira juntamente com possíveis benefícios do sistema fotovoltaico *on-grid*.

### 3.3 Análise da viabilidade econômica

A análise da viabilidade econômica do projeto foi realizada através das ferramentas da engenharia econômica descrita por Casarotto Filho e Kopittke (2007), às utilizadas foram: VPL, TIR, *Payback* descontado e o ROI, e para a realização dos cálculos foi necessária a utilização de uma planilha eletrônica de cálculo.

O investimento do projeto foi calculado através do VPL (Equação 1), onde a avaliação se deu por meio do tempo de utilização do sistema de acordo com o consumo de energia elétrica mensal do mesmo período. Apresentado por Gitman (2010), o VPL apresenta como critério de decisão sendo ele maior que zero, o projeto é aceito, e com VPL menor que zero, é rejeitado, dada pela seguinte Equação 1:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_1}{(1+r)^t} - FC_0 \quad (1)$$

Onde:

$FC_0$ , investimento inicial

$FC_n$ , entradas de caixa

$r$ , taxa de custo capital

$t$ , período de tempo

Para a análise da TIR (Equação 2), Gitman (2012) aponta como a técnica mais sofisticada e orçamento de capital, e ela consiste na taxa que faz com que o VPL seja igual a zero, é dada pela Equação 2:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_1}{(1+TIR)^t} - FC_0 = 0 \quad (2)$$

Onde:

$FC_1$ , entrada de caixa

$FC_0$ , investimento inicial

$t$ , período de tempo

TIR, taxa interna de retorno

Gitman (2012) complementa que para o cálculo da TIR é preciso uma série de tentativas e erro para que seja possível achar um valor que faça com que o VPL se iguale a zero.

Entretanto o tempo necessário de retorno do valor investido foi calculado através do cálculo de *payback* descontado (Equação 3) em que é calculado a cada entrada de fluxo de caixa até atingir o valor do investimento inicial. Para que seja possível a visualização do tempo em que o investimento será retornado, e adotando como TMA o valor da média da SELIC nos últimos 5 anos. Assim como é mostrado na Equação 3 dada por Avila (2013):

$$PaybackDescontado = \frac{VF}{(1+TMA)^t} \quad (3)$$

Onde:

VF, valor futuro

TMA, taxa mínima de atratividade

t, período

Por fim, a última análise realizada foi a do retorno sobre o investimento (ROI), onde o investimento do projeto será consolidado como viável ou não, e este cálculo é executado através da equação 4. GITMAN (2012) aponta como um indicador de atratividade dos negócios, sendo ele, apresentado sob a forma de percentual e mostrando a rentabilidade do empreendimento, como é mostrado na Equação 4:

$$ROI = \frac{Lucro\ Líquido}{Investimento\ Total} \times 100 \quad (4)$$

Sendo que:

$$Lucro\ Líquido = Lucro\ Operacional - Investimento\ Total$$

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados são referentes ao período de 12 meses, tendo início em janeiro até dezembro de 2018. Tais dados são disponibilizados pelo proprietário através das contas de energia concedidas pela companhia paranaense de energia elétrica (COPEL), e apresentados pelo total do consumo de energia em relação ao sistema instalado (kWh), e o valor que representa em reais (R\$).

Organizados em uma planilha eletrônica, obtive o total da geração de energia feito pelo sistema e seu valor equivalente em reais, e também uma média dos valores da taxa durante todo ano (Tabela 1).

**Tabela 1: Geração de energia do sistema no período de 1 (um) ano**

<b>Mês</b>	<b>Geração (kWh)</b>	<b>Taxa (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>1</b>	2877	R\$0,47	R\$1.339,40
<b>2</b>	2012	R\$0,44	R\$886,40
<b>3</b>	3187	R\$0,44	R\$1.404,06
<b>4</b>	2717	R\$0,44	R\$1.196,99
<b>5</b>	3889	R\$0,44	R\$1.721,83
<b>6</b>	2489	R\$0,46	R\$1.141,34
<b>7</b>	3384	R\$0,52	R\$1.758,23
<b>8</b>	2591	R\$0,56	R\$1.444,53
<b>9</b>	2342	R\$0,56	R\$1.305,71
<b>10</b>	2856	R\$0,56	R\$1.592,27
<b>11</b>	2800	R\$0,54	R\$1.504,03
<b>12</b>	2258	R\$0,52	R\$1.164,00
<b>Total</b>	<b>33402</b>	<b>R\$0,49</b>	<b>R\$16.458,79</b>

**Fonte: Autoria própria**

A partir do total de geração obtido em todo ano, foram feitos os cálculos para representar a garantia que é concedida pelo fabricante das placas, 25 anos de geração linear do sistema. Com uma tarifa média anual de R\$0,49 (quarenta e nove centavos), e considerado como custo para o primeiro ano, a tarifa sofrerá um reajuste periodicamente pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que, pelo último

reajuste de 2019 foi na ordem de 4,32% a.a., o qual será considerado no estudo presente e está representado na tabela como “Taxa”. Levando em consideração as perdas na produção que o sistema sofrerá com o passar dos anos, estimou-se a perda na ordem de 0,8% a.a.

Aplicando uma TMA de 10,382% a.a., onde é a média da taxa SELIC durante os últimos 5 anos (2014 - 2018) de acordo com o Banco Central do Brasil (2019), foi possível trazer o valor para o presente e assim feitos os cálculos do VPL, TIR, *Payback* e ROI. Na Tabela 2 está representado o fluxo de caixa durante os 25 anos, no qual está representado a geração que se obteve com o sistema e seu valor equivalente em reais, pela multiplicação da tarifa de energia do kWh, juntamente com a depreciação da geração.

O *payback* simples foi obtido pela subtração do investimento inicial e do valor (R\$) da geração, o mesmo não leva em consideração a TMA, e considerando essa taxa obteve-se o valor presente (VP) de cada ano. A partir do valor presente foi possível realizar o cálculo para o valor presente líquido (VPL) e a TIR. O investimento do empreendedor foi de R\$180.000,00, ele equivale a todos os componentes do sistema fotovoltaico e a mão-de-obra utilizada em sua instalação.

**Tabela 2: Fluxo de caixa, 25 anos**

<b>Ano</b>	<b>Geração anual do sistema (kWh)</b>	<b>Taxa</b>	<b>Valor SFV</b>	<b>com</b>	<b>Payback Simples</b>	<b>VP</b>	<b>Payback Descontado</b>
			-R\$		-R\$	-R\$	-R\$
			180.000,00		180.000,00	180.000,000	180.000,000
<b>1</b>	33402	R\$ 0,49	R\$ 116.515,35		-R\$ 163.484,65	R\$ 14.961,995	-R\$ 165.038,005
<b>2</b>	33135	R\$ 0,52	R\$ 17.090,98		-R\$ 146.393,67	R\$ 14.027,184	-R\$ 151.010,821
<b>3</b>	32870	R\$ 0,54	R\$ 17.686,68		-R\$ 128.706,99	R\$ 13.150,779	-R\$ 137.860,041
<b>4</b>	32607	R\$ 0,56	R\$ 18.303,14		-R\$ 110.403,85	R\$ 12.329,131	-R\$ 125.530,910
<b>5</b>	32346	R\$ 0,59	R\$ 18.941,08		-R\$ 91.462,77	R\$ 11.558,819	-R\$ 113.972,091
<b>6</b>	32087	R\$ 0,61	R\$ 19.601,26		-R\$ 71.861,51	R\$ 10.836,636	-R\$ 103.135,455
<b>7</b>	31830	R\$ 0,64	R\$ 20.284,45		-R\$ 51.577,06	R\$ 10.159,573	-R\$ 92.975,882
<b>8</b>	31576	R\$ 0,66	R\$ 20.991,45		-R\$ 30.585,61	R\$ 9.524,813	-R\$ 83.451,069

continuação

Ano	Geração anual do sistema (kWh)	Taxa	Valor com SFV	Payback Simples	VP	Payback Descontado
9	31323	R\$ 0,69	R\$ 21.723,10	-R\$ 8.862,51	R\$ 8.929,712	-R\$ 74.521,357
10	31073	R\$ 0,72	R\$ 22.480,24	R\$ 13.617,74	R\$ 8.371,792	-R\$ 66.149,565
11	30824	R\$ 0,75	R\$ 23.263,78	R\$ 36.881,52	R\$ 7.848,731	-R\$ 58.300,835
12	30577	R\$ 0,79	R\$ 24.074,62	R\$ 60.956,14	R\$ 7.358,350	-R\$ 50.942,485
13	30333	R\$ 0,82	R\$ 24.913,73	R\$ 85.869,87	R\$ 6.898,607	-R\$ 44.043,878
14	30090	R\$ 0,86	R\$ 25.782,08	R\$ 111.651,96	R\$ 6.467,589	-R\$ 37.576,289
15	29849	R\$ 0,89	R\$ 26.680,70	R\$ 138.332,66	R\$ 6.063,500	-R\$ 31.512,789
16	29611	R\$ 0,93	R\$ 27.610,64	R\$ 165.943,30	R\$ 5.684,659	-R\$ 25.828,130
17	29374	R\$ 0,97	R\$ 28.573,00	R\$ 194.516,30	R\$ 5.329,487	-R\$ 20.498,644
18	29139	R\$ 1,01	R\$ 29.568,89	R\$ 224.085,19	R\$ 4.996,505	-R\$ 15.502,138
19	28906	R\$ 1,06	R\$ 30.599,50	R\$ 254.684,68	R\$ 4.684,329	-R\$ 10.817,810
20	28674	R\$ 1,10	R\$ 31.666,02	R\$ 286.350,71	R\$ 4.391,656	-R\$ 6.426,153
21	28445	R\$ 1,15	R\$ 32.769,72	R\$ 319.120,43	R\$ 4.117,270	-R\$ 2.308,883
22	28217	R\$ 1,20	R\$ 33.911,89	R\$ 353.032,32	R\$ 3.860,027	R\$ 1.551,144
23	27992	R\$ 1,25	R\$ 35.093,87	R\$ 388.126,20	R\$ 3.618,856	R\$ 5.170,000
24	27768	R\$ 1,31	R\$ 36.317,05	R\$ 424.443,24	R\$ 3.392,754	R\$ 8.562,754
25	27546	R\$ 1,36	R\$ 37.582,86	R\$ 462.026,10	R\$ 3.180,778	R\$ 11.743,531

Fonte: Autoria própria

Para uma melhor apresentação, os valores negativos foram preenchidos em vermelho, com isso, nota-se que ao trazer os valores para o presente a projeção da análise financeira é maior, aumentando assim, o tempo de retorno do investimento. Obtendo um VPL de R\$11.743,53 e uma TIR de 11%, maior que a TMA, as instalações do sistema fotovoltaico têm uma viabilidade financeira viável, pois o mesmo é positivo e para o *payback* descontado obteve-se o de quase 22 anos, com isso, o ROI

apresenta valor negativo de -93%, representando a baixa rentabilidade do projeto. Nota-se que o tempo de retorno do *payback* simples é entre o 9° e 10° ano, metade do tempo do *payback* descontado, e tal valor é obtido pois não é considerado a TMA.

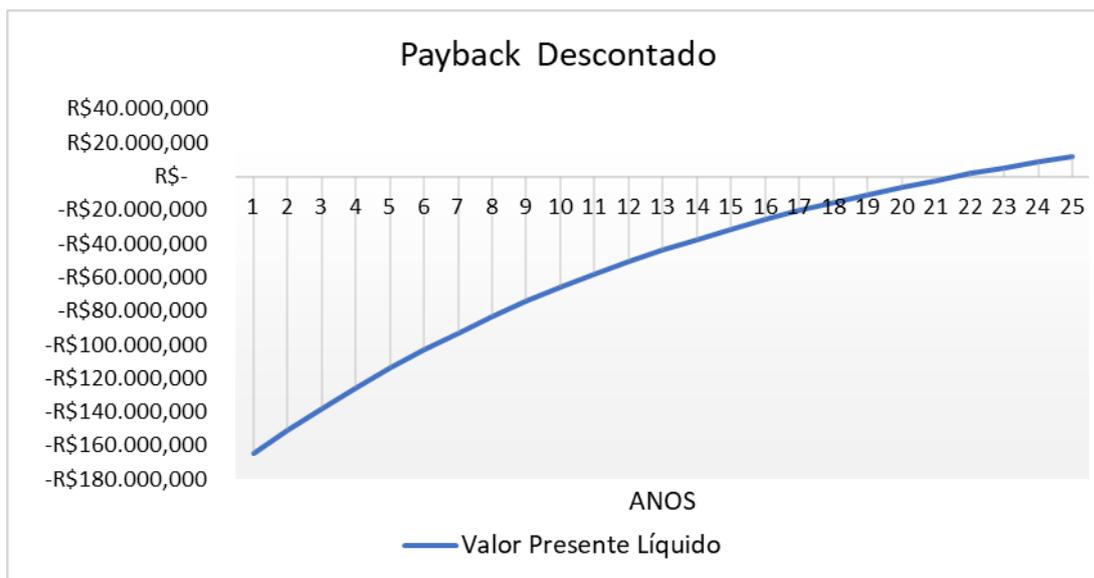
A partir dos resultados, do ponto de vista econômico, o investimento é negativo sendo que o proprietário estará no prejuízo durante 21 anos até que se atinja o valor do investimento inicial. Para uma representação gráfica (Figura 5) e melhor compreensão do *payback* descontado, sendo possível notar o saldo positivo a partir 22° ano do investimento, apresentando um baixo lucro ao final dos 25 anos. O proprietário estará obtendo um lucro nos três últimos anos em que as células apresentam uma vida útil, tendo baixa compensação em relação ao consumo de energia que se tem no pesqueiro. Uma pesquisa feita por Rocha et al. (2017), aponta que a inviabilidade pode ser dada pelo alto preço das taxas que são cobradas diretamente na conta de energia (ICMS, por exemplo), que em um cenário com essas taxas tendendo a zero, a viabilidade financeira do projeto é maior, podendo ser um fator crucial para o investimento de um sistema, sendo assim, o empreendedor poderia ter um retorno melhor e em menos tempo.

Outro fator a ser considerado para a baixa produção dos painéis solares é que todos eles perdem eficiência com o calor. Os painéis solares usam a luz do sol para gerar energia e não o calor. Um painel solar perde em média 0,45% da sua potência para cada 1°C acima de 25°C. No caso de um painel solar a 60°C a perda dele vai ser de aproximadamente 15.75%. Ou seja, um painel solar de 280W, como os do sistema instalado, quando atinge uma temperatura de 60°C no seu telhado vai produzir no máximo 235Watts

Um outro fator que contribui para o painel nunca atingir a sua potência nominal no nosso dia-a-dia é relacionado ao ângulo de inclinação dele e que nem todas as placas estão apontadas para o norte verdadeiro, dada a arquitetura circular da sede em que o sistema fotovoltaico está instalado, pode-se considerar que potência nominal das placas não seja atingida.

Um painel para atingir a potência mencionado na sua ficha técnica precisa ter 1000W de luz solar por m<sup>2</sup> atingindo-o perpendicularmente (Condições Padrão de Teste – STC). Isso raramente acontece devido a variação da altura do sol ao longo das estações do ano e a posição que o painel é instalado no telhado das casas.

**Figura 5: Payback descontado**



Fonte: Autoria própria

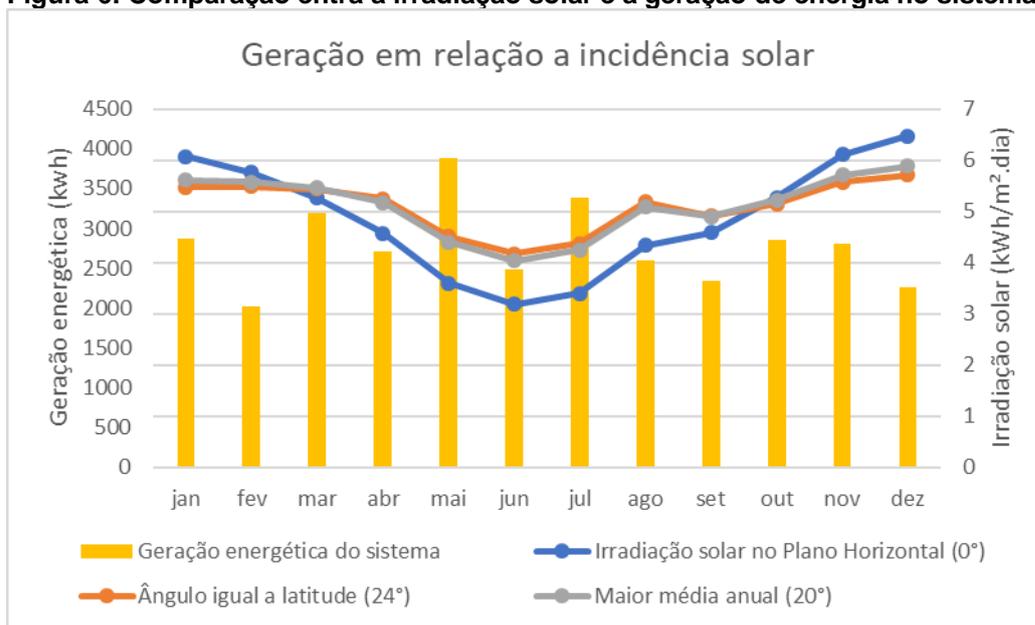
Para uma breve comparação entre a irradiação solar e a geração de energia dado pelo sistema, foi feito pelo site do CRESESB uma pesquisa utilizando as coordenadas de Peabiru para obter o total da incidência solar e ter uma breve análise com o total de geração das placas durante todos os meses de 2018 (Figura 6). A Tabela 3 apresenta o valor da irradiação solar em kWh/m<sup>2</sup>.dia de cada mês, sendo pela incidência solar no plano horizontal correspondente a 0°, ângulo igual a latitude (24°) e maior média anual (20°).

**Tabela 3: Irradiação solar**

Meses	Irradiação solar no Plano Horizontal (0°)	Ângulo igual a latitude (24°)	Maior média anual (20°)
jan	6,08	5,47	5,61
fev	5,76	5,49	5,58
mar	5,26	5,44	5,46
abr	4,57	5,25	5,18
mai	3,60	4,51	4,4
jun	3,18	4,17	4,04
jul	3,40	4,37	4,25
ago	4,33	5,19	5,09
set	4,59	4,91	4,90
out	5,27	5,15	5,22
nov	6,11	5,57	5,71
dez	6,48	5,71	5,89

Fonte: Adaptado CRESESB 2018

**Figura 6: Comparação entre a irradiação solar e a geração de energia no sistema**



Fonte: Autoria própria.

É possível observar que os meses com maior irradiação solar, ocorre na primavera (setembro até dezembro) e no verão (dezembro até março), sendo assim, uma maior geração de energia pelas placas fotovoltaicas. Como é apresentado na Figura 6, na prática isso não ocorre, pelo fato das perdas que podem ocorrer no sistema, como dias nublados que comprometem a geração de energia é um dos fatores que as pessoas mais ignoram, é a sujeira, tendo um acúmulo de poeira ou dejetos de pássaros. Em estudo realizado por Barbosa, Gontijo e Gontijo (2019, p. 130), “foi constatada uma produção de energia de quase 10% menor das placas sujas em relação às placas limpas”.

Como é possível notar o alto pico de geração em maio e julho, meses de pouca irradiação, mas que, devido a fatores incógnitos teve um alto rendimento. Tal fenômeno é inesperado nos sistemas fotovoltaicos e cabe um estudo mais detalhado, onde o acompanhamento diário se faz necessário.

## 5 CONCLUSÃO

Sendo um alto investimento para instalação de um sistema fotovoltaico, a diminuição de gastos na conta de energia vem automaticamente, e em determinadas condições, o retorno é de médio prazo. Além de ser uma fonte de energia onde não há emissões de gases atmosféricos.

Diante o trabalho realizado e da análise financeira do sistema no pesqueiro, podemos afirmar que é um sistema de baixa rentabilidade pois, mesmo com retorno positivo, o lucro em relação ao investimento inicial é baixo e ele dará a longo prazo, levando em consideração os 25 anos de funcionamento das células. A tabela desenvolvida foi de grande importância para a análise da viabilidade financeira na implantação da tecnologia fotovoltaica, com ela foi possível observar que, o que mudará entre os diversos projetos é a TMA, ocorrendo variações nos valores econômicos.

O *payback* descontado é uma ferramenta importante para essa análise sobre o projeto, pois mostra em quanto tempo o retorno se dará a partir dos valores futuros trazidos para valor presente, mostrando assim, um retorno do investimento maior do que, se empregado no *payback* simples, aquele que não leva em conta a TMA.

Mesmo com seu retorno longo, o pesqueiro é um caso isolado que em determinadas condições apresentou resultados negativos, não podendo generalizar para outros pesqueiros ou até mesmo, outros tipos de empreendimentos. O alto tempo de retorno pode se dar pelas condições climáticas e consumo de energia no empreendimento, e mesmo assim, não deixa de ser um bom investimento ambiental pois o proprietário contribuirá com o meio ambiente evitando a emissões de gases provindo de combustíveis não-renováveis (derivados de petróleo, gás natural, carvão e derivados), o qual apresenta cerca de 14,2% na matriz energética do Brasil, e as usinas hidrelétricas um total de 66,6%, sendo que a mesma causa impactos ambientais relevantes em sua implantação (RIO DE JANEIRO, 2019). O uso de certos combustíveis fósseis, como o petróleo, causa impactos em sua extração, sendo na degradação do solo e também na possibilidade de vazamentos de óleo no mar, causando risco à fauna e flora. (BRASÍLIA, 2008).

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcelo Pinho. **Qualificação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2012. 171 f. Monografia (Especialização) - Curso de Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ANDRADE JUNIOR, Luiz Mauricio Lopes de. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE: POSSIBILIDADE E BARREIRA NO BRASIL**. 2014. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia em Sistemas Elétricos, Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil infográfico ABSOLAR**. 2018. Elaborada por ABSOLAR. Disponível em: <<https://d3csixunm0sjcw.cloudfront.net/wp-content/uploads/2018/08/07115245/Infogr%C3%A1fico-mercado-de-energia-solar-no-Brasil-ABSOLAR.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

AVILA, Antonio Victorino. **Matemática financeira e engenharia econômica**, 2013." Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil – UFSC", Florianópolis, 2013. 228 p.

Banco Central do Brasil. **Taxas de juros básicas**: Histórico. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

BARBOSA, Elismar Ramos; GONTIJO, Merlim dos Santos Ferreira de Faria Fabio de Brito; GONTIJO, Fabio de Brito. INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA. In: ABDALA, Paulo Jayme Pereira (Org.). **Energia Solar e Eólica 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 121-131.

BRASÍLIA. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2008. 3º ed. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2019.

CAMPANA, P.e. et al. Economic optimization of photovoltaic water pumping systems for irrigation. **Energy Conversion And Management**, [s.l.], v. 95, p.32-41, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.066>.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Centro de Referências para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em 26/10/2019

DURAN, Dolores et al. DESIGN OF A MOBILE PHOTOVOLTAIC MODULE SYSTEM FOR DEMONSTRATION AND EXPERIMENTATION. **Energy Procedia**. [s. l.], p. 32-38. 5 out. 2014. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214013721#!>>. Acesso em: 20 out. 2018

FUKUROZAKI, Sandra Harumi. **Avaliação do Ciclo de vida de Potenciais Rotas de Produção de Hidrogênio**: Estudo dos Sistemas de Gaseificação da Biomassa e Energia Solar Fotovoltaica. 2011. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2011.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

HALMEMAN, Radames Juliano. **Desenvolvimento de um sistema para monitoramento remoto em centrais de microgeração fotovoltaica**. 2014. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, Botucatu, 2014

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras regionais: Mesorregião Geográfica Centro-Occidental Paranaense**. Curitiba: IPARDES: BRDE, 2004.

LI, Guiqiang et al. Research and current status of the solar photovoltaic water pumping system – A review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 79, p.440-458, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.055>.

LIMA, Marisa Rodrigues de. **O uso da energia eólica como fonte alternativa para solucionar problemas de energia e bombeamentos de água subterrânea em locais isolados**. 2009. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós-graduação Lato-sensu em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MEUNIER, Simon et al. A validated model of a photovoltaic water pumping system for off-grid rural communities. **Applied Energy**, [s.l.], v. 241, p.580-591, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.035>.

MOCELIN, André Ricardo. **Qualificação profissional e capacitação laboratorial em sistemas fotovoltaicos**. 2014. 299 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. 2004. 21 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação Lato-sensu em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PALI, Bahadur Singh; VADHERA, Shelly. A novel solar photovoltaic system with pumped-water storage for continuous power at constant voltage. **Energy Conversion And Management**, [s.l.], v. 181, p.133-142, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.004>.

PARANÁ. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Atlas Climáticos do Paraná**. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. 80 p.

PEREIRA JUNIOR, Amaro Olimpio et al. Perspectives for the expansion of new renewable energy sources in Brazil. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**. Northern Ireland, p. 49-59. 6 fev. 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113001226>>. Acesso em: 20 out. 2018.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014.

PORTAL SOLAR (Brasil). **Inversor Grid Tie**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/inversor-grid-tie.html>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

RIO DE JANEIRO. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2019**: Relatório Síntese/Ano Base 2018. 2019. Elaborado por Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2019.

ROCHA, Luiz Célio Souza et al. Photovoltaic electricity production in Brazil: A stochastic economic viability analysis for small systems in the face of net metering and tax incentives. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 168, p.1448-1462, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.018>.

SÁ, Daniel Augusto Pereira de. **Sistemas Fotovoltaicos para Bombeamento de Água**. 2010. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenheiro Eletricista, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SEGUEL, Julio Igor López. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital**. 2009. 206 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SOUZA, Gleison Vieira de; LEITE, Wander Cordeiro. **O bombeamento de água através do uso da energia solar fotovoltaica**. 2013. 97 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia em Sistemas Elétricos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campo dos Goytacazes, 2013.

TIEPOLO, Gerson Máximo et al. **Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**. Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. 97 p.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2005.

VALER, L. Roberto et al. Variable-speed drives in photovoltaic pumping systems for irrigation in Brazil. **Sustainable Energy Technologies And Assessments**, [s.l.], v. 15, p.20-26, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2016.03.003>.

VENKATESWARI, R.; SREEJITH, S.. Factors influencing the efficiency of photovoltaic system. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 101, p.376-394, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.012>.

YAICHI, Mohammed et al. A fast and simplified method using non-linear translation of operating points for PV modules energy output and daily pumped water to predict the performance of a stand-alone photovoltaic pumping system at different heads. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 133, p.248-260, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.004>.

ZANLORENZI, Guilherme; SZEJKA, Anderson L.; CANGIOLIERI, Osiris. Hybrid photovoltaic module for efficiency improvement through an automatic water cooling system: A prototype case study. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 196, p.535-546, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.065>.

ZHANG, Chi et al. Economic assessment of photovoltaic water pumping integration with dairy milk production. **Energy Conversion And Management**, [s.l.], v. 177, p.750-764, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2018.09.060>.

ZHAO, Shanguo et al. Life cycle assessment optimization of hybrid power gas heat pump integrated with photovoltaic. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 122, p.1141-1146, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.448>.