

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANTONIO CARLOS MARTINS PEREIRA

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE  
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO EM UMA COOPERATIVA AGRÍCOLA

CURITIBA

2017

ANTONIO CARLOS MARTINS PEREIRA

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA  
DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO EM UMA COOPERATIVA AGRÍCOLA

MONOGRAFIA APRESENTADA AO PROGRAMA DO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO NO DEPARTAMENTO  
DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS DO SETOR DE CIÊNCIAS  
SOCIAIS APLICADAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO PARANÁ COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE ESPECIALISTA EM CONTABILIDADE E  
FINANÇAS.

ORIENTADOR: PROF. JACKSON CIRO SANDRINI

CURITIBA

2017

## RESUMO

O estudo visa analisar financeira e economicamente a viabilidade de um projeto de investimento de instalação de energia solar fotovoltaica em uma cooperativa agrícola, localizada em Carambeí-PR. Apresenta um panorama mundial e brasileiro de geração de energia em fontes renováveis e não renováveis. Constata e demonstra que, atualmente, cada vez mais vem aumentando a preocupação com a preservação do meio ambiente, enquanto as organizações buscam formas de diminuir suas despesas e a energia solar fotovoltaica mostra-se como uma excelente alternativa para atender essas expectativas.

A pesquisa foi fundamentada em dados e documentos disponibilizados pela empresa, para amparar as análises de investimento, com a utilização dos principais métodos determinísticos para avaliar a viabilidade econômico-financeira da alternativa de implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

Palavras-chave: sustentabilidade, sistema solar fotovoltaico, análise de investimentos.

## **ABSTRACT**

The study aims to analyze financially and economically the feasibility of an investment project of installation of solar photovoltaic energy in an agricultural cooperative, located in Carambeí-PR. It brings a worldwide and Brazilian panorama of energy generation in renewable and non-renewable sources. He notes and demonstrates that, increasingly, concern over environmental preservation is increasing, while organizations are looking for ways to reduce their expenses. Photovoltaic solar energy proves to be an excellent alternative to meet these expectations.

The research was based on data and internal documents of the company, to support the investment analyzes, using the main deterministic methods to evaluate the economic and financial viability of the alternative of implantation of the solar photovoltaic energy generation system.

Key words: sustainability, photovoltaic solar system, investment analysis.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	6
1.1 Delimitação .....	9
1.2. Justificativa .....	9
1.3 Objetivos .....	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	11
2.1 Panorama brasileiro e mundial de geração de energia .....	11
2.2 Panorama de geração de energia solar no Brasil.....	13
2.3 Oportunidades e desafios para a energia solar no Brasil.....	16
2.3.1 Potencial de geração de energia solar fotovoltaica no Brasil .....	17
2.3.2 Potencial de geração de energia solar fotovoltaica no Estado do Paraná.....	18
2.3.3 Geração de empregos em função da energia solar .....	21
2.3.4 Estudos voltados à viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica .....	22
3. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA.....	27
3.1 Coleta de Dados .....	28
4. ANÁLISE DE DADOS .....	29
4.1 Descrição do estudo de caso: A Cooperativa .....	29
4.1.1 A iniciativa de implantação de um sistema fotovoltaico na cooperativa .....	30
4.1.2 Custo de Energia Elétrica da Cooperativa .....	30
4.1.3 Sistema fotovoltaico de acordo com a demanda.....	32
4.2 Análise de Viabilidade Econômico-financeira .....	36
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	42
6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	44

## 1. INTRODUÇÃO

A geração de energia é uma das condicionantes *sine qua non* para que nações, empresas e indivíduos se desenvolvam. O progresso tecnológico, os grandes investimentos, a infraestrutura de cidades e países, o bem-estar social e a qualidade de vida nos grandes e pequenos centros têm como condição essencial que haja métodos para que se desenvolva energia da forma mais eficaz e ao menor custo possível.

No entanto, o caminho que perpassa a geração de energia nem sempre é o mais sustentável, haja vista que energias não renováveis apresentam-se, ainda, como a fonte com menores custos para ser produzida. Dessa forma, os investimentos em fontes não renováveis ainda não se apresentam, infelizmente, de forma interessante, por se tratarem, em sua essência, como recursos de alto custo. Em uma espécie de círculo vicioso, a falta de investimentos leva à escassez tecnológica, que, por sua vez, torna essas fontes menos interessantes.

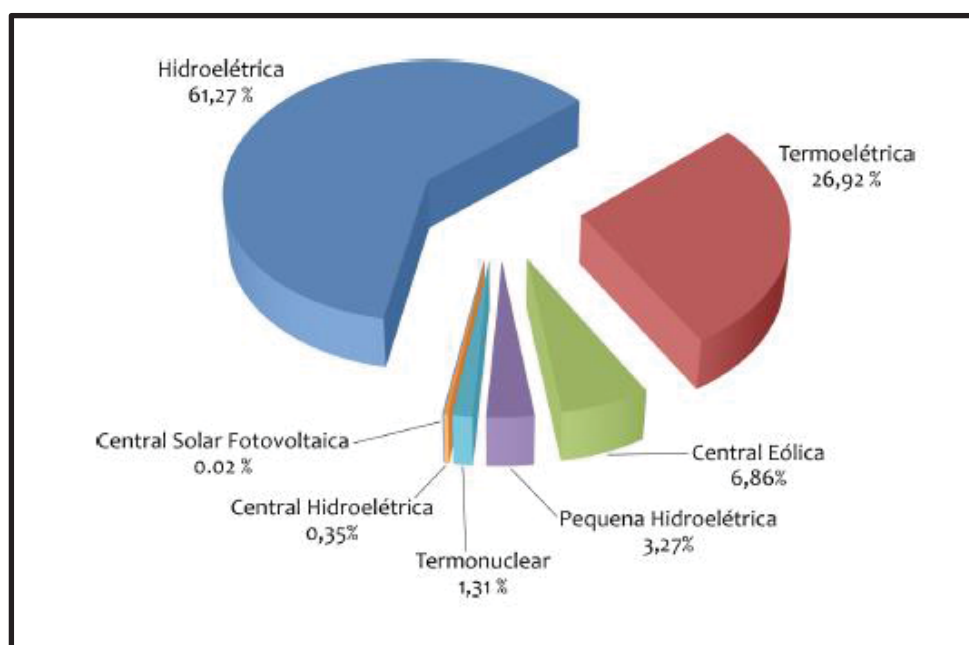
Amaral (2011, p. 3) destaca que o modelo energético apresentado por grande parte dos países, hoje em dia, trata-se de algo insustentável e que o caminho para a sustentabilidade, ou seja, aquele “[...] em que a inércia se vem sobrepondo à necessidade, mas para o qual começa a existir uma maior conscientização da sociedade”, é algo imprescindível. Isso porque, segundo o autor, os recursos para as energias não renováveis são recursos finitos, localizados em pequenas partes do globo, além de serem, na maioria das vezes, de difícil exploração.

Assim, em pleno século XXI, onde grandes áreas da ciência têm se desenvolvido de forma bastante substancial, o que se vê, ainda, é uma exploração bastante escassa de recursos renováveis. Há, no entanto, uma tomada de consciência coletiva sobre esse cenário, de forma que governos, empresas e indivíduos têm, cada vez mais, olhado para os benefícios das fontes renováveis. Moraes (2015) explora a temática em sua investigação:

[...] nas últimas décadas, a sociedade despertou para uma nova abordagem sobre os recursos energéticos que utiliza. Começou-se a pensar em fatores como: sustentabilidade, poluição ambiental, custo social e segurança energética, ou seja, uma oferta de energia elétrica capaz de atender a crescente demanda, principalmente nos países emergentes. Os aspectos econômicos ainda continuam a exercer forte influência na definição da matriz energética de um determinado país, porém considerando os diversos fatores, surgem grandes investimentos nas fontes renováveis de energia: tais como energia eólica, solar, biomassa, entre outras (MORAES; 2015, p. 25).

De certa forma, pode-se dizer que o Brasil tem consciência da importância dos recursos renováveis e tem produzido esforços substanciais para que a sua matriz energética seja a mais renovável possível. Principalmente, se comparado a outros países, em que as principais fontes ainda são fontes não renováveis, o país tem se destacado ao apresentar a hidrelétrica como sua principal fonte, por exemplo. O Atlas Solar Brasileiro de Energia Solar, de publicação do INPE (2017), traz o resumo da matriz energética do país:

GRAFICO 1: FONTES DE ENERGIA POR SETOR



FONTE: INPE, 2017.

No âmbito empresarial, a preocupação com a geração de energia vem trazendo, além da consciência por uma energia limpa, buscas com vistas à geração de energia própria. Isso porque, no caso brasileiro, a energia elétrica convencional vem se tornando uma fonte de custos crescentes. Assim, as organizações, além de atenderem a um aspecto ambiental, pensam também na economicidade trazida pela geração própria.

Nesse aspecto, a energia solar, apesar de se apresentar na atualidade como uma das fontes menos exploradas, vem tomando espaço, principalmente ao se considerar o cenário de microgeração. Dassi *et al* (2015, p. 3) apresentam os principais benefícios em relação a essa fonte:

A energia solar, dentre as fontes de energia renováveis, destaca-se por ser autônoma, por não poluir o meio ambiente, por ser uma fonte inesgotável, renovável, porque oferece grande confiabilidade e por reduzir custos de consumo no longo prazo.

Dessa forma, a energia solar tem ganho, principalmente nos últimos anos, um espaço de destaque, principalmente, ao se considerar a microgeração energética.

Um dos marcos que fez com que essa demanda crescesse de forma mais substancial foi a resolução nº 482, de 17/07/2012, publicada pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Por meio dessa resolução, definiu-se formas de regulamentação da microgeração e minigeração energética. Mais do que isso, a legislação permitiu que os interessados obtivessem vantagens dessa geração, tais como o acúmulo de créditos pela possibilidade de energia ligada ao próprio sistema convencional (DASSI *et al*; 2015).

O presente estudo, assim como diversos estudos voltados à área nos últimos anos, propõe explorar o cenário de minigeração energética e seus principais benefícios. Ao final, espera-se evidenciar que a energia solar, além de benéfica em sentidos ambientais, também é um sistema de geração de energia viável economicamente.

## **1.1 Delimitação**

Este estudo propõe investigar e analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema solar fotovoltaico em uma cooperativa, sob o enfoque de um estudo de caso. Obviamente, e para que se examine tal viabilidade, é preciso que se conheça, mesmo que de forma superficial, aspectos técnicos do sistema, tais como condições de funcionamento, capacidade de geração de energia, dentre outros.

No entanto, não se pretende explorar tais aspectos de forma complexa; mas, sim, direcionar o alcance do conhecimento à necessidade da matéria, até o ponto em que o conhecimento técnico seja suficiente para subsidiar análise econômico-financeira.

## **1.2. Justificativa**

Em se tratando do ponto de vista de sustentabilidade ambiental, são amplamente comprovados os benefícios de fontes renováveis energéticas. Essas, além de não poluírem o meio ambiente, ao utilizarem ou reutilizarem recursos provenientes da própria natureza, tais como a força da água, do vento, ou as potencialidades solares, ainda se apresentam como fontes quase inesgotáveis de energia.

Há, no entanto, que se verificar a viabilidade do ponto de vista econômico-financeiro de tais fontes, uma vez que o crescimento na procura dessas fontes é diretamente proporcional a fatores econômicos. É raro, ainda, que empresas e indivíduos procurem tais fontes somente baseados na visão ambiental.

Assim, o presente estudo se justifica e traz uma certa contribuição, para que se aponte que tais sistemas – e especificamente o sistema solar fotovoltaico – não são somente sustentáveis do ponto de vista ambiental, mas também, viáveis e sustentáveis do ponto de vista econômico-financeiro.

### 1.3 Objetivos

A fim de se conhecer melhor os sistemas solares fotovoltaicos e, ao final, analisar sua implementação sob o enfoque de um estudo de caso, estabelecem-se os seguintes objetivos para o presente trabalho:

a) Objetivo Geral:

Avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema solar fotovoltaico em uma cooperativa de Carambeí – PR.

b) Objetivos Específicos:

I) Estimar os custos de instalação dos sistemas fotovoltaicos e cotejamento com estudos acerca do tema;

II) Verificar o potencial de produção de sistemas fotovoltaicos no município de Carambeí – PR;

III) Estabelecer métodos para estimar a viabilidade econômico-financeira do sistema.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Panorama brasileiro e mundial de geração de energia**

Atualmente, uma questão bastante discutida por pesquisadores, diz respeito à matriz energética dos países, já que mesmo diante de várias tecnologias disponíveis, as nações ainda concentram grande parte da sua energia em fontes não renováveis, principalmente, por meio de combustíveis fósseis. Amaral (2011) apresenta suas críticas em relação ao modelo existente e defende que esse modelo, além de ser insustentável, pode ainda resultar em problemas tais como conflitos e crises, a exemplo da crise petrolífera de 1979, que assolou os Estados Unidos e a Europa.

O futuro da terra passa, portanto, pela pesquisa e desenvolvimento de formas sustentáveis de obtenção de energia, nomeadamente com tecnologias menos poluentes, com consumos menores, com o aumento da eficiência e com recurso a energias renováveis. Trata-se de um processo difícil, em que a inércia vem se sobrepondo a necessidade, mas para o qual começa a existir uma maior conscientização da sociedade (AMARAL, 2011, p. 3).

Estudos voltados a estimativas de oferta e demanda de energia e escala mundial apontam para um aumento na ordem de 1,2% a 1,8% ao ano, sobretudo pela demanda crescente de países emergentes. O estudo WETO – 2050 (World Energy Technology Outlook), de publicação da União Europeia, aponta para um crescimento de 1,8% ao ano, até 2030. Em relação aos combustíveis fósseis, o estudo prevê que continuarão a ser a base da matriz energética mundial, o que deve impactar no cenário de emissões de gases de efeito estufa.

A Agência Nacional de Energia (ANEEL), por sua vez, aponta para um crescimento médio anual de 1,2%, até 2035. Em sua publicação, intitulada World Energy Outlook 2010, a instituição prevê ainda um cenário mais otimista, caso os governos implementem medidas específicas de redução, em que a média pode cair para 0,4% ao ano.

O estudo do *World Energy Council*, intitulado *Cenários Mundiais de Energia*, do ano de 2017, defende que na América Latina e Caribe o cenário é de um aumento de demanda energética na ordem de 2,3 a 2,7 vezes, alinhado aos desenvolvimentos globais. O estudo aponta que a maior participação no aumento dessa demanda deverá vir da energia hidrelétrica, com 40% a 65% do incremento da geração. Após 2030, no entanto, uma mudança no cenário deve aumentar a participação de energias tais como eólica, solar e gás natural.

Cardoso (2015) esclarece que a energia hidrelétrica responde por cerca de 20% da energia gerada no mundo e que se trata da principal fonte para 30 países. O autor aponta que países desenvolvidos já se encontram em fase de esgotamento de seus recursos hídricos, já que exploram praticamente todo o potencial que essa fonte pode trazer.

No Brasil, a matriz energética é composta principalmente por hidrelétricas. Há, nesse caso, um fator de preocupação com o nível de pluviosidade, essencial para a manutenção dos níveis de reservatórios. O PDE 2026 revela essa preocupação e discorre sobre a situação hidrológica da região Nordeste. Para o referido órgão, a bacia do Rio São Francisco, por exemplo, apresenta um panorama a ser reavaliado, diante de situações tais como aflúências desfavoráveis e o aumento crescente de usos consuntivos da água (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2017).

Da mesma forma, a organização sem fins lucrativos WWF-Brasil destaca a preocupação decorrente da situação hídrica no país. Segundo o estudo intitulado *Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil* (2015), o setor energético brasileiro deve avaliar a diversificação da matriz com outras fontes renováveis, haja vista os eventos em que se é preciso acionar energias alternativas tais como a térmica, óleo combustível e carvão mineral.

O reflexo disso é o aumento de tarifas ao consumidor final, além de impactos ambientais, como o aumento das emissões de carbono. Assim, a organização defende a ampla utilização de sistemas fotovoltaicos, em razão da sua complementaridade, sustentabilidade e pelo aumento da segurança energética (WWF Brasil; 2015).

Por conseguinte, a combinação ideal seria utilizar a energia solar, em complemento à matriz energética.

## 2.2 Panorama de geração de energia solar no Brasil

O BEM – Balanço Energético Nacional, em 2017, apontou para um avanço na participação de energias renováveis na matriz elétrica, notadamente hídrica e eólica, em um movimento de 75,5% para 81,7% do total de geração de energia. Em contramão, o Balanço aponta a redução de energias, a exemplo de petróleo e gás natural (Ministério de Minas e Energia, 2017).

As energias renováveis, costumeiramente utilizadas no país, em ordem de importância, são a biomassa de cana (17,5%), hidráulica (12,6%), lenha e carvão vegetal (8,0%) e lixo e outros renováveis (5,4%). Em relação às não-renováveis, tem-se as participações do petróleo e outros derivados (36,5%), gás natural (12,3%), carvão mineral (5,5%), urânio (1,5%) e outros não renováveis (0,7%) (BEN, 2017).

De fato, vê-se a energia solar com menor participação no grupo pertencente à lixo e outras fontes renováveis, como pode ser observado no gráfico a seguir. Este cenário, no entanto, deverá mudar, já que a maior implantação de energias renováveis é condição *sine qua non* para que o país atenda ao acordo firmado em Paris, em que firmou o compromisso de converter para 45% a parte renovável de toda a sua energia até 2030.

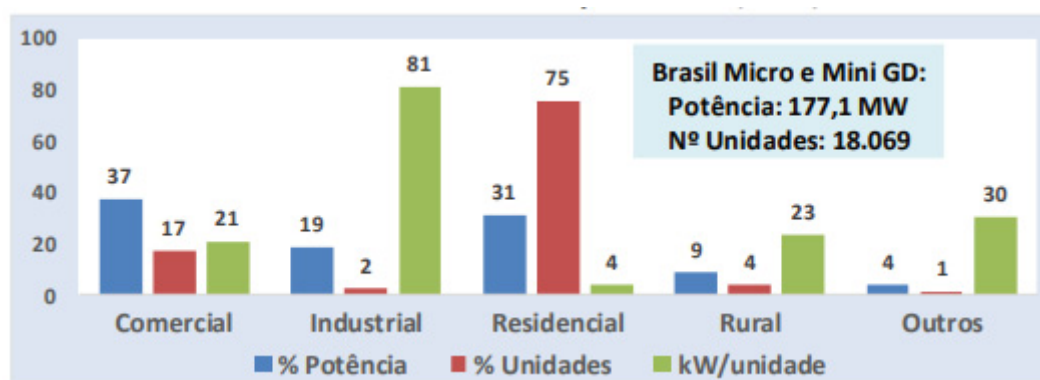
O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE enfatiza o aproveitamento do recurso solar no Brasil, em complemento às fontes de energia já consolidadas:

[...] O aproveitamento do recurso solar no Brasil se apresenta como uma excelente opção para complementação de fontes de energia já consolidadas como as hidroelétricas. O aproveitamento do recurso solar favorece o controle hídrico nos reservatórios, especialmente nos períodos de menor incidência de chuvas, e possibilita planejamento e otimização de novos investimentos em geração, transmissão e distribuição da energia. Uma estratégia de aproveitamento da geração

solar consorciada com a geração hidroelétrica permite antever um possível processo de aumento de renda de algumas das regiões mais pobres do país, como a Região Nordeste, com a promoção de uma economia socialmente justa e menos vulnerável aos efeitos do clima, reduzindo assim uma assimetria regional secular de inclusão social e econômica (INPE, 2017, p. 12).

Nos dias atuais, a capacidade instalada para geração de energia solar fotovoltaica no Brasil encontra-se na ordem de 438,3 megavolts de potência, que correspondem a 15,7 mil instalações. O setor comercial responde pela maior potência instalada (37%), o residencial com a maior participação em número de usuários (75%) e o industrial com a maior potência média (81 kilowatts), como se constata no gráfico:

GRÁFICO 2: POTÊNCIA INSTALADA EM MICRO E MINI GD, POR SETOR (MW).



FONTE: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016.

Os números vigentes de unidades geradoras de energia solar ainda se encontram incipientes, principalmente quando se considera a potencialidade solar do país. De fato, a capacidade instalada do país hoje – cerca de 1 gigawatt - GW – é menor que a de países com menores índices de incidência solar, como China, Estados Unidos e Alemanha, por exemplo.

Nos últimos anos, no entanto, mudanças na legislação e, principalmente, a partir da Resolução Normativa nº 482, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração disseminada aos sistemas de

distribuição de energia elétrica (LEI nº 492); têm incentivado pessoas físicas e empresas a investir nesse tipo de tecnologia.

Silva (2015, p. 8 - 12) elencou os principais benefícios para a geração de energia solar no Brasil, dentre os quais se destacam:

- Programa Luz para Todos (LPT), que se destina a atender populações sem acesso à energia elétrica, instalando painéis solares;
- Descontos na Tarifa de uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e Tarifa de Uso de Sistemas de Distribuição (TUSD) para projetos com até 30.000 kw;
- Venda direta a consumidores, ou seja, dispensa das distribuidoras na intermediação entre empresas de energia solar e consumidor final (para potência injetada inferior a 50.000 kw);
- Sistema de Compensação de Energia Elétrica para o caso de Minigerações e Microgerações distribuídas, em conformidade com a resolução normativa nº 482, e para empreendimentos com potência máxima de até 1.000 kw;
- Convênio nº 101, de 1997, do CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária), que desonera os tributos de ICMS às operações destinadas à geração de energia fotovoltaica;
- Regime Especial de Incentivos para a Infraestrutura (REIDI), com suspensão de impostos como o PIS/PASEP e COFINS, para o caso de venda ou importação de máquinas e equipamentos em geral utilizados para a geração de energia solar;

- Debêntures incentivadas, com isenção de imposto de renda para investidores específicos, como é o caso de investimentos em energia elétrica por fonte solar;
- Condições diferenciadas de financiamento, através do BNDES, com taxas de juros especiais e sistema de amortização com atpe 20 anos, além de leilões de energia, como o LER (Leilão de Energia Renovável) de 2014.

### **2.3 Oportunidades e desafios para a energia solar no Brasil**

Há, de fato, um novo olhar sobre energias renováveis, que se afirmam não somente no Brasil, mas no mundo todo. A consciência gerada em eventos de escala global, como o Acordo de Paris, celebrado em 2015, fez com que países estabelecessem metas em conjunto e buscassem soluções internas a problemas ambientais, principalmente mudanças no clima.

No caso brasileiro, essas metas já são impulsionadas, em grande parte, por políticas públicas que visam ao aumento da participação da energia solar na matriz energética do país. O PDEE 2026 – Plano Decenal de Expansão de Energia prevê um aumento na capacidade de energia solar fotovoltaica instalada na ordem de 3.500 Mwp - megawatt-pico para o ano de 2026, frente aos 19 Mwp atuais.

O próprio plano reconhece, no entanto, o problema que o *net metering*, ou seja, o esquema de compensação líquida de energia criado pela Resolução 482, pode ocasionar para a cadeia como um todo. Isso porque esse sistema pode trazer um desequilíbrio às geradoras de energia, que têm custos fixos e variáveis para seu funcionamento em rede.

Como se observa, o Plano Decenal de Expansão de Energia (2026) destaca o papel da Geração Distribuída - GD:

No entanto, é importante se antecipar para proporcionar um ambiente sustentável de negócios. Considerando o papel da GD no atendimento da demanda, o desafio é criar condições que estimulem sua difusão e que ao mesmo tempo não onerem outros consumidores e que não prejudiquem as atividades da distribuidora (a rede é fundamental para a existência da GD (PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA, 2017).

### 2.3.1 Potencial de geração de energia solar fotovoltaica no Brasil

Pereira *et al* (2006) afirmam que o Brasil possui boas médias de irradiação solar e fica acima de quase todos os países europeus, quando se trata de potencial fotovoltaico. Assim, conforme explicam, a irradiação solar incidente em qualquer estado do território nacional fica entre 1.500 a 2.500 Wh/m<sup>2</sup> - watt-hora/m<sup>2</sup>, superior a países como Alemanha (900 – 1250 Wh/m<sup>2</sup>), Espanha (1200 – 1850 Wh/m<sup>2</sup>) ou França (900 – 1650 Wh/m<sup>2</sup>).

A WWF-Brasil (2015, p.10) avalia que, no final de 2013, o cenário mundial apresentava cerca de 139 GW em sistemas fotovoltaicos, com destaque a países como Alemanha (36 GW), Itália e China (18 GW cada). A organização ressalta, da mesma forma, as potencialidades do Brasil em termos de irradiação solar, se comparado a outras nações, conforme a tabela a seguir:

Irradiação solar (kWh/m <sup>2</sup> /dia)				
País	mínima	máxima	média	área (mil. km <sup>2</sup> )
Alemanha	2,47	3,42	2,95	357,02
França	2,47	4,52	3,49	543,97
Espanha	3,29	5,07	4,18	504,97
Brasil	4,25	6,75	5,50	8.515,77

Fonte: SWERA, 2014 (maps.nrel.gov/swera)

**Tabela:** Irradiação solar em kWh/m<sup>2</sup>/dia

**Fonte:** Adaptado de WWF-Brasil (2015).

Rosa e Gasparin (2016) entendem que as regiões mais populosas no país são justamente aquelas que possuem maior potencial de irradiação e, portanto,

de produção de energia fotovoltaica. Assim, estados como Piauí, Sergipe, Bahia e Ceará lideram o potencial fotovoltaico.

Silva (2015) corrobora com os autores e acrescenta que, em todos os estados da nação, a capacidade de geração de energia é consideravelmente superior ao seu consumo. Silva (2015, p. 17) menciona que “para o Brasil, essa relação é de 230%, ou seja, a geração fotovoltaica em telhados residenciais tem o potencial de gerar o equivalente a mais de 2 vezes o consumo residencial”.

### 2.3.2 Potencial de geração de energia solar fotovoltaica no Estado do Paraná

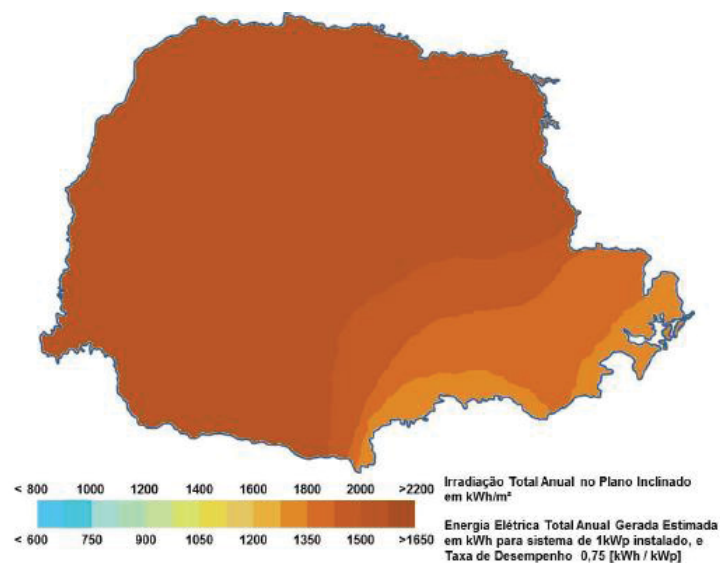
Tiepolo (2015) realizou pesquisa aplicada em relação ao potencial solar fotovoltaico do estado do Paraná. Em sua busca, o autor procurou estabelecer dados confiáveis para os valores em escala do referido potencial, de forma que fosse possível estabelecer um parâmetro com países europeus.

Dessa forma, e tendo verificado vários *sites* de institutos de pesquisa nacionais e privados, o autor optou por utilizar os dados da *Joint Research Centre (JTC)*, do *Institute for Energy and Transport (IET)*, da *European Commission*. O autor justifica que essa fonte possui uma “[...] escala que abrange todos os valores de irradiação e de produtividade estimados no estado do Paraná” (TIEPOLO, 2015, p. 117).

Ao estabelecer a escala adequada, o autor ocupa-se em estimar, conforme o estabelecido, a irradiação solar do estado, com as seguintes premissas:

[...] potência do sistema de 1 kWp, taxa de desempenho de 75 %, irradiação em condições padrão de teste de 1.000 W/m<sup>2</sup>, inclinação do sistema fotovoltaico igual a latitude da localidade pesquisada, e orientação do sistema fotovoltaico para o norte verdadeiro (norte geográfico), em função do Paraná encontrar-se no hemisfério sul (TIEPOLO; 2015, p. 117).

Os dados obtidos pelo autor em relação ao estado encontram-se na figura a seguir:



**Figura 1:** Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná

**Fonte:** Adaptado de TIEPOLO; 2015.

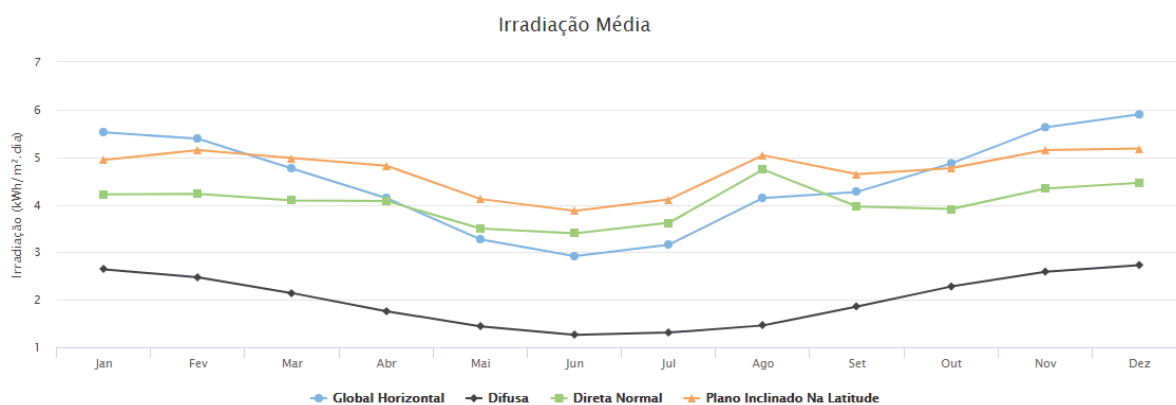
Tiepolo (2015) esclarece que o potencial do estado em termos fotovoltaicos é bastante significativo. Em termos nacionais, conforme explica, o estado apresenta média de potencial praticamente igual à média obtida entre os demais (diferença inferior a 1%), sendo que 12 estados possuem médias inferiores.

Se comparados a países europeus, o Paraná possui médias superiores na ordem de 58,7% (Alemanha); 13,48% (Itália); 1,97% (Espanha); 31,28% (França); 60,46% (Bélgica); 71,19% (Reino Unido). O autor destaca, ainda, que esses países possuem 50% da capacidade mundial instalada ao momento da pesquisa (TIEPOLO; 2015).

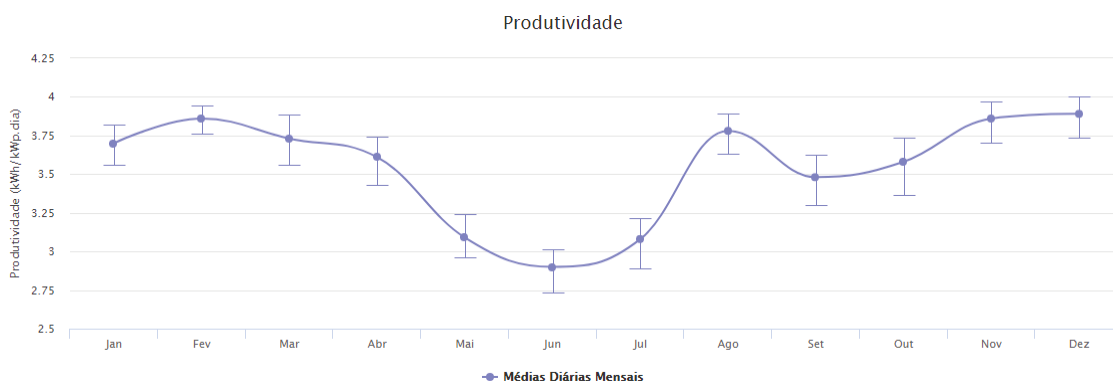
O Atlas Solar do Paraná, projeto desenvolvido em parceria entre a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Itaipu Binacional e INPE, destaca que os primeiros projetos de energia solar fotovoltaica no estado remontam ao ano de 1977, quando então na denominada Rede Solarimétrica Nacional foram implementadas duas estações no Paraná: Foz do Iguaçu e Curitiba.

O projeto, que atua sob a coordenação da UTFPR, em Curitiba, se propõe a “[...] disponibilizar uma ferramenta de consulta e análise do potencial de irradiação solar e da geração de energia elétrica fotovoltaica no estado, de forma a promover e disseminar o uso desta tecnologia em prol do desenvolvimento sustentável” (ATLAS SOLAR DO PARANÁ, 2018).

Destarte, o *site* do projeto contém uma ferramenta interativa, que possibilita, entre outras coisas, a visualização das médias de irradiação solar de todas as localidades do estado e do seu potencial fotovoltaico. A região de Carambeí - PR, por exemplo, possui o seguinte perfil de irradiação média e produtividade:



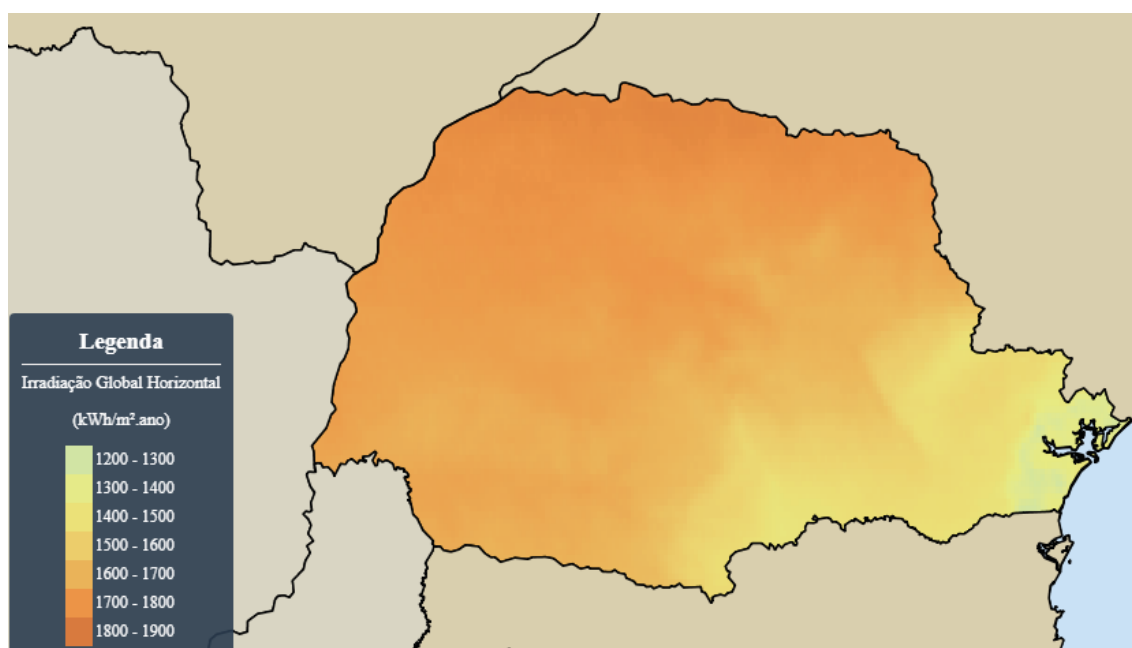
**Gráfico 3:** Irradiação solar média do município de Carambeí – PR  
**Fonte:** Atlas Solar do Paraná, 2018



**Gráfico 4:** Potencial de produtividade com base na irradiação média  
**Fonte:** Atlas Solar do Paraná, 2018

Conforme observado, o município possui uma irradiação média que varia entre 4,8 e 5,5 kWh/m<sup>2</sup> nos meses de maior incidência (janeiro a abril), e 3,3 a 4,1 kWh/m<sup>2</sup> nos meses de menor incidência. O potencial produtivo, conforme se revela, varia entre 3,9 kWh por dia no mês de fevereiro e 2,9 kWh por dia no mês de junho (ATLAS SOLAR DO PARANÁ, 2018).

Se comparado a outros municípios, como Londrina, por exemplo, Carambeí possui um potencial médio, por estar situada em uma região que apresenta irradiação global horizontal de 1300 a 1400 Kwh/m<sup>2</sup> ao ano. Ainda assim, é fato que o potencial pode ser aproveitado, haja vista que a irradiação descrita supera, conforme revelam Pereira *et al* (2006), países como Alemanha e França, em que os potenciais fotovoltaicos já são costumeiramente melhor aproveitados.



**Figura 2:** Mapa interativo de irradiação global do estado do Paraná

**Fonte:** Atlas Solar do Paraná, 2018.

### 2.3.3 Geração de empregos em função da energia solar

A WWF-Brasil (2015) avalia o cenário de geração de empregos em decorrência do emprego da energia solar em um cenário nacional. Segundo a organização, o setor é fonte segura de geração de postos de trabalho, com

oportunidades para a fabricação, instalação e manutenção de módulos, inversores e demais insumos.

#### 2.3.4 Estudos voltados à viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica

Um dos principais fatores para a implementação de um sistema solar fotovoltaico, seja o consumidor final pessoa física ou jurídica, é a relação entre o custo-benefício que o projeto possa trazer e sua viabilidade econômico-financeira. Nesse sentido, os estudos empíricos divergem no que diz respeito à sua viabilidade, no que parece ser um problema específico a cada caso.

Campos (2002) explica que isso se deve ao fato do custo da energia fotogerada apresentar-se competitivo somente em aplicações isoladas, haja vista que (a) a produção voltada à energia fotovoltaica, bem como sua comercialização, encontra-se em fase seminal, o que tende a elevar os custos da tecnologia; e (b) os custos de combustíveis fósseis apresentam-se, invariavelmente, menores quando comparados à geração de energia fotovoltaica.

De fato, o que se tem hoje, especialmente no cenário brasileiro, é uma ascensão, mesmo que tímida, do número de residências e empresas implantando sistemas fotovoltaicos. Tal ascensão pode ser justificada por pelo menos três fatores, que vêm impulsionando a procura por opções na matriz energética: 1) benefícios fiscais e regulatórios, seja para a comercialização de equipamentos, para produção ou ainda distribuição; 2) aumentos significativos nas contas de eletricidade por parte das geradoras e distribuidoras; e 3) condições diferenciadas de financiamento para máquinas, sistemas e aparelhos de energia fotovoltaica, quer sejam voltados à produção individual (pessoa física ou empresa), quer sejam voltados à produção em larga escala.

A seguir, destacam-se alguns estudos voltados à investigação sobre a viabilidade de tais sistemas.

Vieira e Cabral (2012) realizaram investigação que tinha como objetivo avaliar, de forma simples e objetiva, a viabilidade de sistemas fotovoltaicos para atendimento ao consumo residencial brasileiro de energia. Para isso, os autores analisaram os custos de um sistema fotovoltaico, composto por painéis de 130w, controlador de carga solar de 10A, bateria estacionária 26Ah/30Ah, além de um inversor de energia de 400w.

Observando o custo de implementação do sistema e, tendo em vista o consumo médio de uma família brasileira – cerca de 234kWh/mês -, os autores estabelecem que tal sistema deve se aproximar a um custo de R\$ 17.208,00, já que seriam necessários cerca de 12 kits conforme descritos anteriormente (VIEIRA, CABRAL; 2012).

Concluindo, os autores tecem comentários sobre a utilização de tais sistemas no meio rural, ao que justificam como sendo “[...] uma importante alternativa para superação dos desafios de expansão de Energia para localidades isoladas, especificamente no meio rural, às quais a rede convencional, geralmente, não possui acesso” (VIEIRA, CABRAL; 2012, p. 11). Para os autores, embora a tecnologia necessária para se implementar sistemas fotovoltaicos seja comparativamente mais cara, se comparada a outros sistemas; esta se justifica pelos benefícios socioambientais, como a geração de empregos, o alcance de áreas isoladas e a redução de impactos no meio ambiente (VIEIRA, CABRAL; 2012).

Dassi *et al* (2015) buscaram evidências em uma pesquisa exploratória que objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira de sistemas fotovoltaicos em uma instituição de ensino superior de Santa Catarina. Para isso, os autores se utilizaram de ferramentas amplamente conhecidas na administração financeira: *Payback* Descontado, a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido e o Valor Anual Uniforme Equivalente, além de dados referentes à eficiência do sistema.

Tendo estimativas reais de valores referentes à execução e instalação do sistema em questão, os autores se utilizam da própria fatura de energia da instituição, que estima um *payback* descontado de 13,5 anos, considerando TMA de 10% ao ano (Dassy *et al*; 2015). Concluem os autores:

[...] apenas a economia acumulada durante um período de 8 anos (R\$ 75.311,45 x 8), é possível identificar um valor total de R\$ 602.491,60, ou seja, já é R\$ 57.692,20 superior ao custo total da instalação do sistema de geração solar. Portanto, a partir de, aproximadamente, 7,5 anos o sistema já estará totalmente pago e gerando uma economia anual de R\$ 75.311,45 (DASSY *et al*; 2015).

Santos *et al* (2016) realizaram uma investigação com bases em dados reais de um projeto de instalação de sistema fotovoltaico no município de Ipatinga, no interior de Minas Gerais. Os autores estimaram o consumo da residência em 138 KWh/mês e o custo total do projeto em R\$ 16.841,00; sendo R\$ 10.841,00 alocados aos custos de instalação do projeto e R\$ 6.000,00 referentes ao valor da manutenção do mesmo no período de análise de viabilidade.

Contudo, os autores não apontaram viabilidade do projeto, ao que indicam um não-atingimento de valores referentes a VPL (Valor Presente Líquido) e *Payback*, estimados à uma TMA - Taxa Média de Atratividade de 7,39%; taxa que, segundo os autores, correspondia à “[...] mínima taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes, seguras e de baixo risco” (SANTOS *et al*; 2016, p. 11). Conclui-se, por conseguinte, que mesmo que os fluxos de caixa se apresentem de forma positiva a partir do décimo segundo ano, o projeto seria inviável, em razão de sua baixa taxa de atratividade (SANTOS *et al*; 2016).

Siqueira (2015) averiguou quanto ao direcionamento de um sistema de microgeração solar fotovoltaico e sua viabilidade econômica. O autor levou em consideração, em seu estudo, o sistema de créditos de compensação oferecido pelas companhias de luz, em atendimento à resolução nº 452 da Aneel, e dados do dimensionamento do sistema, tais como a potência mínima dos inversores, a quantidade de painéis a serem alocados, o arranjo dos painéis, entre outros.

Para validação dos dados acerca do dimensionamento do sistema e da viabilidade econômico-financeira, o autor utilizou o caso de uma instalação de

microgeração em um Templo Religioso e em uma residência. Da mesma forma, estabeleceram-se quatro etapas em uma estrutura de fluxograma-cascata:

1. Prospecção, buscando avaliar aspectos referentes ao consumo de energia, localização e características do imóvel;
2. Dimensionamento, que estipulam dados referentes às horas de sol pleno, inversores, painéis e critério econômico;
3. Instalação, dividida em instalação de condutores, proteção, medidor de energia e execução da obra; e
4. Inspeção.

Em sua estimativa ao retorno do investimento, (SIQUEIRA, 2015) considerou o aumento tarifário médio anual das companhias de energia, a taxa de juros do mercado ao mês, o valor inicial do investimento e a estimativa de valor economizado médio mensal do primeiro ano. Por fim, o autor considera que o projeto é viável para o caso do Templo Religioso, com tempo estimado de retorno em sete anos; e inviável para a residência, que obteve retornos superiores a 19 anos.

Rodríguez (2002) avaliou a adoção de práticas de incentivos fiscais como o *net metering* e *feed in tariffs* e os seus impactos na viabilidade econômico-financeira de projetos autônomos de geração de energia solar fotovoltaica. Para isso, o autor analisou dados de governos que adotaram os dois tipos de práticas e fez o cruzamento de informações relativas à capacidade dos sistemas fotovoltaicos, segundo fatores como o dimensionamento de painéis, dentre outros.

O autor elucida que os modelos *feed in tariffs* são aqueles em que há a compra do excedente produzido de forma autônoma pelos consumidores do sistema elétrico, ao passo que no sistema *net metering* há uma espécie de sistema de compensação, em que cada consumidor paga somente pela diferença de energia consumida *versus* energia gerada. Em outras palavras, caso o consumidor gere mais energia do que consuma, isso irá se traduzir em créditos à sua tarifação (RODRÍGUEZ, 2002).

Em conclusão, o autor avalia que os modelos do tipo *feed in tariffs* são melhores do ponto de vista de fomento à implementação de instalações de sistemas fotovoltaicos. Isso porque, conforme expõe, o modelo de *net metering* requer, necessariamente, a aplicação de amplos incentivos fiscais – na ordem de 70% - e subsídios de capital para tornarem o projeto atrativo ao investidor. Da mesma forma, embora o modelo compense em forma de créditos, estes somente dar-se-ão à razão da própria taxa de eletricidade fornecida pelas companhias, o que impede o projeto de ter retornos superiores ao mercado (RODRÍGUEZ, 2002).

Gerônimo *et al* (2015, p. 2) buscaram estabelecer uma metodologia específica para avaliação da viabilidade técnico-econômica de projetos de geração de energia elétrica fotovoltaica. Sendo assim, os autores definiram oito etapas metodológicas para se estimar tal viabilidade, conforme a seguir:

- I) Estimação da energia gerada pelo arranjo PV;
- II) Construção dos fluxos de caixa do empreendimento;
- III) Aplicação dos métodos econômicos que não consideram a incerteza;
- IV) Aplicação dos métodos econômicos que consideram a incerteza;
- V) Escolha das melhores opções de projetos pelos critérios econômicos;
- VI) Escolha da melhor proposta de investimento, que atenda os critérios técnicos;
- VII) Avaliação dos possíveis impactos da penetração da GD na rede elétrica;
- VIII) Escolha da melhor proposta de projeto de investimento, que atenda os critérios técnicos.

Tendo estabelecido a metodologia conforme exposta, os autores preocuparam-se em validar, por meio de um estudo de caso, a metodologia a qual propõem. Dessa forma, é selecionada uma residência, com consumo médio de 168kWh/mês, e os custos totais da instalação são auferidos em R\$ 7.500,00,

que incluem quatro painéis de 250 Wp e um inversor com potência entre 1.200 w e 1.320 w. Estima-se que o sistema atenda a 90% da demanda energética solicitada.

Por fim, os autores concluem que o sistema se mostrou viável do ponto de vista econômico, com o tempo de retorno do investimento - *payback*, considerando uma taxa mínima de atratividade de 7,7%, em torno de 13 anos.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO METODOLOGICA**

Nesta seção, objetiva-se construir procedimentos metodológicos que possam cumprir e auxiliar os objetivos pré-estabelecidos do trabalho. Sendo assim, procura-se estabelecer a forma central de trabalho, para, posteriormente, reunir ferramentas metodológicas, como estudo de caso e análise documental, dentre outros.

Conforme dito anteriormente, o objetivo principal do presente trabalho é avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema solar fotovoltaico em uma cooperativa de Carambeí – PR. Há, portanto, que se estabelecer diretrizes que traduzam a mensuração de tal busca, tais como fatores preponderantes à escolha ou recusa da viabilidade de tal sistema.

Sendo assim, pressupôs-se que esses fatores estariam ligados a pelo menos três variáveis: I) Custos da instalação do sistema fotovoltaico e retorno do investimento; II) potencial de geração de energia elétrica apresentado pelo sistema; e III) comparação entre o *trade-off* energia solar *versus* energia elétrica via geradoras.

A pesquisa bibliográfica, destarte, orientou-se por tais objetivos e buscou verificar, por meio de pesquisas ligadas ao assunto, a validação e explicações sobre essas três variáveis. Tem-se, desta forma, os objetivos específicos do trabalho: I) Estimar os custos de instalação dos sistemas fotovoltaicos e sua comparabilidade com estudos acerca do tema; II) Verificar quanto ao potencial de produção de sistemas fotovoltaicos no município de Carambeí – PR; e III)

Estabelecer métodos para estimar a viabilidade econômico-financeira do sistema.

O estudo apresentado se deu sob a forma de um estudo de caso. Gil (2002) destaca o uso generalizado entre as ciências sociais, por esta ser compatível com aquela, ao não requerer o uso de instrumentos técnicos para a análise de dados. O autor observa, no entanto, quanto às dificuldades trazidas por esse tipo de pesquisa, exatamente por ser de pouco rigor metodológico e de difícil generalização, o que requer um grande dispêndio de tempo para a validação dos dados.

Marconi e Lakatos (2010) defendem que o estudo de caso permite inferências a partir de casos pré-estabelecidos. Para os autores, esse tipo de estudo se destaca pela problematização acerca de um estudo prático.

De fato, e a respeito do uso de estudo de caso no presente trabalho, é de fundamental importância que se aponte para uma viabilidade do projeto; viabilidade esta que pode ser evidenciada de forma prática quando da aplicação em uma organização.

### **3.1 Coleta de Dados**

De forma geral, a presente pesquisa se utilizou de grande parte de dados documentais, os quais podem ser separados em dois grandes grupos: dados referentes à empresa em estudo e dados fornecidos por outras empresas fornecedoras de sistemas solares fotovoltaicos.

Gil (2002) esclarece que a pesquisa bibliográfica tem muita semelhança com a pesquisa documental, a não ser pela natureza das fontes. As fontes bibliográficas, buscadas pela pesquisa como forma de respaldo científico, não possuem o caráter objetivo de fontes documentais.

## **4. ANÁLISE DE DADOS**

A presente seção objetiva analisar os dados documentais, fazendo o cruzamento entre as referências bibliográficas, de forma a atingir os objetivos estabelecidos para a pesquisa.

Sendo assim, esta seção segue a ordem estabelecida nos próprios objetivos, de forma à consecução do objetivo geral.

### **4.1 Descrição do estudo de caso: A Cooperativa**

Com sede em Carambeí – PR, a cooperativa atua na região há cerca de 90 anos, onde estabeleceu, por meio do cooperativismo, meios para que famílias holandesas se estabelecessem na região dos Campos Gerais, no estado do Paraná.

Sua fundação se deu no ano de 1911 quando, da união de sete sócios, nascia um negócio em conjunto para a produção e comercialização de leite e seus derivados, como queijo e manteiga. Após três anos, surgia a primeira marca, e o crescimento do negócio com a chegada de novos imigrantes, no ano de 1943.

Hoje, com mais de 90 anos de história, a cooperativa é uma das maiores do sul do Brasil, e conta com unidades tais como planta de abate de suínos, moinho de trigo, além da recepção de grãos de cooperados e terceiros.

Com mais de 700 cooperados, a visão da cooperativa é a de expandir seus negócios de forma sustentável, seja pela industrialização ou pelo campo, com assistência técnica que vai desde o plantio até o beneficiamento de produtos agrícolas.

#### 4.1.1 A iniciativa de implantação de um sistema fotovoltaico na cooperativa

Nos dias atuais, a Cooperativa persegue, por meio de metas organizacionais, a sustentabilidade em seu modelo de negócios. Como prova disso, a própria visão da organização declara “Ser referência no agronegócio com sustentabilidade” esta busca.

Há, no entanto, que se verificar a viabilidade do ponto de vista econômico-financeiro, especialmente para o que se projeta em termos de sistemas fotovoltaicos que atendam à alta demanda de energia consumida pela organização.

Para que se fizessem estimativas sobre as dimensões do sistema fotovoltaico a ser implantado, de forma a atender às necessidades da cooperativa, buscou-se, em primeiro lugar, dados referentes aos custos da organização com energia elétrica.

#### 4.1.2 Custo de Energia Elétrica da Cooperativa

Com o objetivo de obter dados sobre os consumos mensais e valores dispensados à energia elétrica, levantaram-se dados da fatura de energia referentes aos últimos doze meses. Os consumos e respectivos valores estão descritos na tabela a seguir.

TABELA 1: CONSUMO DE ENERGIA DA COOPERATIVA

Mês	Consumo (kWh/mês)	Valor da Fatura
Junho/2017	30.723	22.966,37
Julho/2017	32.188	30.290,89
Agosto/2017	33.333	25.463,59
Setembro/2017	32.165	26.981,73
Outubro/2017	33.154	27.393,02
Novembro/2017	36.236	29.244,84
Dezembro/2017	32.794	26.258,95
Janeiro/2018	38.729	30.989,69
Fevereiro/2018	37.349	24.642,74
Março/2018	39.224	23.996,36
Abril/2018	31.391	21.397,86
Mai/2018	32.363	20.989,82

FONTE: Elaborada pelo Autor (2018)

Conforme se observa, os meses com maiores valores de pagamentos referentes à fatura correspondem ao período de novembro a março, onde a média de gastos é de R\$ 27.026,52 e a média de consumo em kWh/mês é de 36.866. Neste mesmo período, encontra-se o maior valor mensal: R\$ 30.989,69, referente a janeiro/2018; e o mês com maior demanda: 38.729 kWh/mês.

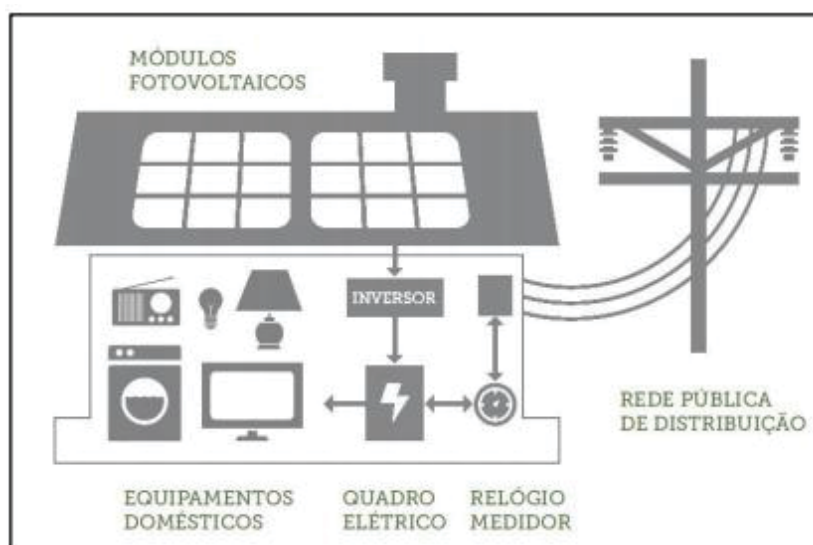
O período de menor consumo está compreendido entre os meses de junho a outubro de 2017 e inclui os meses de abril e maio de 2018, em que a cooperativa pagou a média de R\$ 25.069,04 em valores mensais de consumo. A média de demanda kWh/mês nesse período foi de 32.188 e o menor valor registrado foi de R\$ 20.989,82.

#### 4.1.3 Sistema fotovoltaico de acordo com a demanda

Com os dados referentes aos gastos mensais da cooperativa foi possível estimar as dimensões do sistema, o número de painéis, bem como seus valores. A forma analisada para que se instalasse foi aquela em que se conecta o sistema direto à rede, para o aproveitamento do sistema de compensação de créditos, conforme estabelecido pela resolução nº 482 da Aneel.

O sistema fotovoltaico é composto por módulos fotovoltaicos, inversor (conversor estático de corrente contínua), suportes para fixação dos módulos, dispositivos de proteção e seccionamento, cabos e demais materiais de instalação. A figura a seguir ilustra o funcionamento do sistema.

FIGURA 3: SISTEMA FOTOVOLTAICO LIGADO À REDE



FONTE: Adaptado de Dassi *et al*; 2015.

Conforme mencionado, em abril de 2012 foi aprovada pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL a Resolução Normativa 482, que visa a regulamentação da geração distribuída no Brasil. Os consumidores podem optar pelo sistema de compensação de energia para capacidades instaladas de até 100 kWp (microgeração) ou até 5 MWp (minigeração).

Dessa forma, o sistema fotovoltaico irá gerar e transmitir a energia diretamente para a rede. A quantidade de energia produzida será descontada da energia consumida, sendo possível ainda compensar créditos ou débitos de energia em diferentes localidades, desde que os sistemas estejam registrados sob o mesmo CPF/CNPJ. O prazo para compensação é de até 60 (Sessenta) meses.

Os módulos solares convertem a energia solar em energia elétrica, por meio do efeito fotovoltaico. Para que atenda a alta demanda de energia para a cooperativa, foram definidos módulos com potência máxima de 280 Watts. As especificações do painel, apresentadas a seguir, são consideradas sob condições padrões de teste, ou seja, considera uma irradiação solar de 1.000 Wp/m<sup>2</sup>, temperatura da célula de 25°C e massa de ar 1,5 (o quê???). Os valores especificados estão sujeitos à margem de erro de 2%. Os painéis selecionados pertencem à marca Canadian Solar®.

TABELA 2: CARACTERÍSTICAS DO PAINEL SOLAR

Característica	Painel Canadian Solar
Potência Máxima	265 Wp
Corrente em Potência Máxima	8,06 A
Tensão em Potência Máxima	30,40 V
Corrente de Curto Circuito	8,65 A
Tensão de Circuito Aberto	37,41 V
Dimensões (C x L x A)	1.645 x 981 x 34 mm
Peso	18 kg
Terminais Conectores	Tipo MC4

FONTE: Elaborada pelo autor (2018)

Conforme exposto, a necessidade da cooperativa em termos médios de Kwh/mês gira em torno de 34.137, sendo que em quatro meses do período

analisado (novembro, janeiro, fevereiro e março) a demanda de kWh/mês supera os valores de média.

Para que se fizesse o cálculo sobre o tamanho do sistema fotovoltaico, ainda seriam necessários números referentes ao tempo de exposição ao sol no local especificado para instalação dos painéis. Assim, a partir do *site* Crescesb ([www.crescesb.cepel.br](http://www.crescesb.cepel.br)) foi possível estimar valores médios de irradiação na latitude e longitude exatas onde se encontra a cooperativa (latitude 24,901° sul e longitude 50,149° oeste). Os dados podem ser verificados a seguir:

TABELA 3: IRRADIAÇÃO SOLAR MÉDIA DE CARAMBEÍ

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	5,69	5,45	4,81	4,2	3,3	2,97	3,22	4,18	4,32	4,97	5,7	5,96	4,56	3
Ângulo igual a latitude	25° N	5,12	5,19	4,98	4,84	4,15	3,92	4,18	5,06	4,64	4,86	5,2	5,27	4,78	1,35
Maior média anual	21° N	5,25	5,28	5	4,78	4,05	3,8	4,07	4,97	4,63	4,92	5,33	5,42	4,79	1,62
Maior mínimo mensal	44° N	4,3	4,56	4,65	4,86	4,39	4,26	4,51	5,23	4,46	4,36	4,42	4,36	4,53	0,97

FONTE: CRESCESB (2018)

Desta forma, tem-se estimado as três variáveis para cálculo do sistema, segundo a demanda da cooperativa, a saber: I) média de consumo de 36.866 kWh por mês (ou 1.224,1 kWh por dia); II) média de exposição em plano horizontal 4,56 kWh por dia em m<sup>2</sup>; e III) capacidade total dos painéis 280 Watts. O cálculo para estimativa do número de painéis, conforme a maior dimensão fornecida pelo fabricante, e levando-se em consideração o rendimento apresentado pela mesma – ou seja, 83% de aproveitamento - é obtido pela fórmula:

$$\text{Potencia Total} = \frac{\text{Energia Gerada}}{\text{Tempo} \times \text{Rendimento}}$$

paineis
exposição
n

Na substituição pelos dados levantados, tem-se:

$$\text{Potencia Total}_{\text{painéis}} = \frac{1.224,1}{4,56 \times 83\%} = 323,42 \text{ kWp}$$

Como se infere, é necessário, a partir dos fatores oferecidos de energia (exposição à luz solar e rendimento dos painéis) e face à demanda energética da cooperativa, que o sistema seja dimensionado para fornecer 323,42 kWp (“quilowatts pico”). Na sequência, estima-se a quantidade de painéis, de acordo com as dimensões de cada painel:

$$\text{Quantidade}_{\text{painéis}} = \frac{\text{Potencia Total}_{\text{painéis}}}{P_{\text{painel}}}$$

$$\text{Quantidade}_{\text{painéis}} = \frac{323,4 \text{ Kw}}{335}$$

$$\text{Quantidade}_{\text{painéis}} = 965 \text{ painéis}$$

Assim sendo, a necessidade do sistema, levando em consideração a demanda energética e a capacidade e dimensões dos painéis, indica que sejam instalados 965 painéis.

De acordo com a conclusão da Eggologica®, empresa que forneceu documentos e prestou consultoria técnica do projeto, é recomendado que o sistema disponha de inversores da marca ABB Trio. Os inversores, conforme

relata-se, alteram a corrente contínua para corrente alternada, para que funcione perfeitamente com o padrão de sistema elétrico atualmente existente.

Pelas recomendações, ainda, é preciso que se façam suportes para fixação dos módulos (1.440 peças) e demais componentes destinados à condução elétrica do sistema, como cabos, conectores solares, conectores fêmea-macho, entre outros. A lista completa de componentes encontra-se a seguir:

TABELA 4: LISTA DE COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Item	Descrição	QNTD	
1	Painéis solares	SI CANADIAN SOLAR 72CELLS 280W MONO-SI - 1º lote ABRIL 2017	965
2	Inversor	Inversor ABB TRIO-50-TL-OUTDS-POWER MODULE	4
3	Caixa de Fiação	DCWB-SX-TRIO-50.0-TL-OUTD/12 INPUTS - ABB	4
4	Caixa de Fiação	ACWB-SX-TRIO50.0-TL-OTD - ABB	4
5	Suporte de parede (p /caixa de fiação)	WALL MOUTING BRACKET - TRIO-50 - ABB	4
6	Perfil de Alumínio	K2 System_PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 0,50 MT	1.440
7	Fita de Espuma	K2 System_M EPDM BAND 30x3, PU=8 FITA EPDM	290
8	Parafusos	SICES SOLAR PARAFUSO METALICO AUTOPERFORANTE P/ CHAPA METALICA	5.800
9	Terminal Intermediário	K2 System_TERMINAL INTERMEDIARIO 39..44MM for CAN/AVP	288
10	Terminal Final	K2 System_TERMINAL FINAL 39..41MM for CAN	1.296
11	Cabo Solar	4 CABO SOLAR 6MM<1000V_PRETO_NXS_PRY_BAL	1.600
12	Cabo Solar	CABO SOLAR 6MM<1000V_VERMELHO_NXS_PRY_BAL	1.600
13	Conectores Fêmea/Macho	CONECTORES FEMEA/ MACHO WEID_CABUR_TE_MC4_ou compativel	80
14	Seguro Solar	SEGURO SOLAR RISCO ENGENHARIA, PROJETO E INSTALAÇÃO.	1
15	Placa Monitoramento	VSN700-03 - Placa monitoramento ABB - Até 10 Inversores	1
16	Conversor PVI	CONVERSOR PVI USB 232_485 PLACA CIRCUITO IMPRESSO	1

FONTE: Elaborada pelo autor

## 4.2 Análise de Viabilidade Econômico-financeira

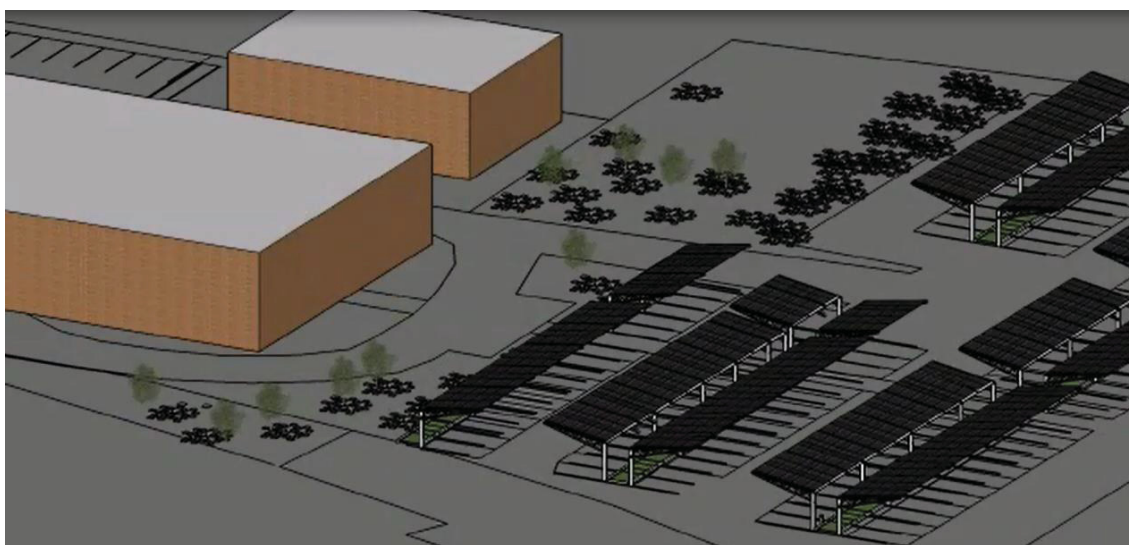
De posse de todos os dados relativos aos custos de implantação do sistema, potencial de geração de energia e demanda energética da cooperativa, é possível realizar análise de viabilidade econômica do projeto. Estimou-se, junto à empresa Eggologica®, que o sistema terá capacidade de gerar, no primeiro ano de uso, cerca de 408.000 kWh. A estimativa declara, conforme se defende, dependência de uma condição em que os painéis estejam voltados ao norte, com 23° de inclinação e sem qualquer tipo de sombreamento.

Para a total implementação do projeto, a empresa estimou o investimento de R\$ 1.257,000,00. A proposta inclui a entrega e instalação do sistema nas dependências da organização e conta com garantia de defeitos de fabricação no prazo de cinco anos. Informa-se, ainda, que durante os primeiros vinte anos de funcionamento, os painéis não devam gerar energia inferior a 80% de sua potência nominal.

A partir de outras análises, e especificamente em relação à cobertura do prédio onde a cooperativa se encontra, levantou-se a necessidade de uma estrutura específica, para melhor aproveitamento da potencialidade solar.

Dessa forma, juntamente ao projeto fotovoltaico, pela construção de garagens no pátio da empresa, implantando os painéis logo acima do telhado, conforme figura a seguir, que bem ilustra o projeto.

FIGURA 4: PROJETO DE GARAGENS NA COOPERATIVA



FONTE: DADOS DA PESQUISA (2018)

Para a viabilidade econômica, também foram estimados outros detalhes, tais como o rendimento dos painéis ao longo dos anos, considerando a perda de rendimento; a geração anual de energia, a partir do rendimento anual; a taxa de reajuste média anual de energia e, por fim, a economia acumulada, condicionada à ligação em rede elétrica convencional. Os dados também contemplaram a taxa de disponibilidade, cujos valores são cobrados pela distribuidora como adesão

mínima ao sistema. No caso da cooperativa, por ser uma ligação do tipo trifásica, estima-se o valor de R\$ 100,00 por mês.

Por conseguinte, o retorno de investimento – se não considerado o valor do dinheiro no tempo - vai variar em torno de cinco anos, conforme pode ser observado a seguir:

TABELA 5: RETORNO DO INVESTIMENTO

Ano	0	1	2	3	4	5
Rendimento dos painéis		97,50%	96,80%	96,10%	95,40%	94,70%
Geração anual de energia (em kWh/ano)		399.415	396.547	393.679	390.812	387.944
Geração Acumulada de Energia (kWh)		399.415	795.962	1.189.641	1.580.453	1.968.397
Porcentagem de reajuste médio anual de energia descontado a inflação		0%	3%	3%	3%	3%
Custo do kWh - R\$		0,707	0,728	0,750	0,773	0,796
Economia gerada ao ano (B x E)		282.466	288.851	295.365	302.010	308.788
Economia acumulada (R\$)		282.466	571.317	866.682	1.168.693	1.477.481
Retorno do Investimento	-1.257.000	-1.017.534	- 728.683	- 433.318	- 131.307	177.481

FONTE: Elaborada pelo autor

A economia gerada ao ano (B x E) explica-se em razão da Geração Anual de Energia *versus* o Custo do kWh (R\$). O custo de manutenção, não mencionado acima, somente será acrescido a partir do ano 10, ao que estima a fabricante que gire em torno de R\$ 5.000,00 anuais. O valor corresponde à troca de fiações gastas e de painéis que apresentem rendimento abaixo do desejado. Assim, têm-se os seguintes valores de geração de energia, com base na tabela 6:

TABELA 6: ECONOMIA GERADA E CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valor Kilowatt	0,7070	0,7282	0,7501	0,7726	0,7957	0,8196	0,8442	0,8695	0,8956
Energia Gerada	399.415	396619,095	393842,7613	391085,862	388348,261	385629,8231	382930,4144	380249,9015	377588,1522
Economia (s/Manutenção)	R\$ 282.386,41	R\$ 288.821,99	R\$ 295.404,24	R\$ 302.136,51	R\$ 309.022,20	R\$ 316.064,81	R\$ 323.267,93	R\$ 330.635,21	R\$ 338.170,38
Manutenção	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Economia (c/Manutenção)	R\$ 282.386,41	R\$ 288.821,99	R\$ 295.404,24	R\$ 302.136,51	R\$ 309.022,20	R\$ 316.064,81	R\$ 323.267,93	R\$ 330.635,21	R\$ 338.170,38

Ano	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Valor Kilowatt	0,9225	0,9501	0,9787	1,0080	1,0383	1,0694	1,1015	1,1345	1,1686
Energia Gerada	374945,0351	372320,4199	369714,1769	367126,1777	364556,2944	362004,4004	359470,3696	356954,077	354455,3984
Economia (s/Manutenção)	R\$ 345.877,29	R\$ 353.759,83	R\$ 361.822,02	R\$ 370.067,94	R\$ 378.501,79	R\$ 387.127,84	R\$ 395.950,49	R\$ 404.974,20	R\$ 414.203,56
Manutenção	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Economia (c/Manutenção)	R\$ 340.877,29	R\$ 348.759,83	R\$ 356.822,02	R\$ 365.067,94	R\$ 373.501,79	R\$ 382.127,84	R\$ 390.950,49	R\$ 399.974,20	R\$ 409.203,56

Ano	19	20	21	22	23	24	25
Valor Kilowatt	1,2036	1,2397	1,2769	1,3152	1,3547	1,3953	1,4372
Energia Gerada	351974,2107	349510,3912	347063,8184	344634,3717	342221,9311	339826,3776	337447,593
Economia (s/Manutenção)	R\$ 423.643,26	R\$ 433.298,09	R\$ 443.172,95	R\$ 453.272,87	R\$ 463.602,95	R\$ 474.168,47	R\$ 484.974,77
Manutenção	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Economia (c/Manutenção)	R\$ 418.643,26	R\$ 428.298,09	R\$ 438.172,95	R\$ 448.272,87	R\$ 458.602,95	R\$ 469.168,47	R\$ 479.974,77

FONTE: Elaborada pelo autor

Segundo Tiepolo (2005), caso haja manutenção adequada, sugere-se um tempo de vida útil do sistema em torno de 25 anos.

Para aplicação dos métodos de análise de investimento, considera-se como investimento inicial de R\$ 1.257.000,00, igual ao valor das instalações oferecidas pela empresa e os benefícios, fluxos subsequentes de caixa, podem ser vistos como os valores da própria geração anual de energia.

A taxa atrativa, conforme descrita por Santos *et al* (2016), deve ser uma taxa livre de riscos, oferecida pelo mercado. Fundamentados nessa premissa, optou-se por considerar o reajuste médio anual de energia elétrica, estabelecido em 3%, a fim de tornar a taxa mais conservadora possível, para trazer maior segurança à decisão de implementar o projeto.

Tem-se, como resultado, uma TMA - Taxa Mínima de Atratividade de 9,35% ao ano, resultado da incorporação de 3% ao ano, reajuste médio anual de energia elétrica, aos juros reais de 6,168% ao ano, taxa livre de riscos oferecida pela caderneta de poupança.

$$TMA = (1 + 3\%) \times (1 + 6,168\%) - 1 \Rightarrow 9,35\%$$

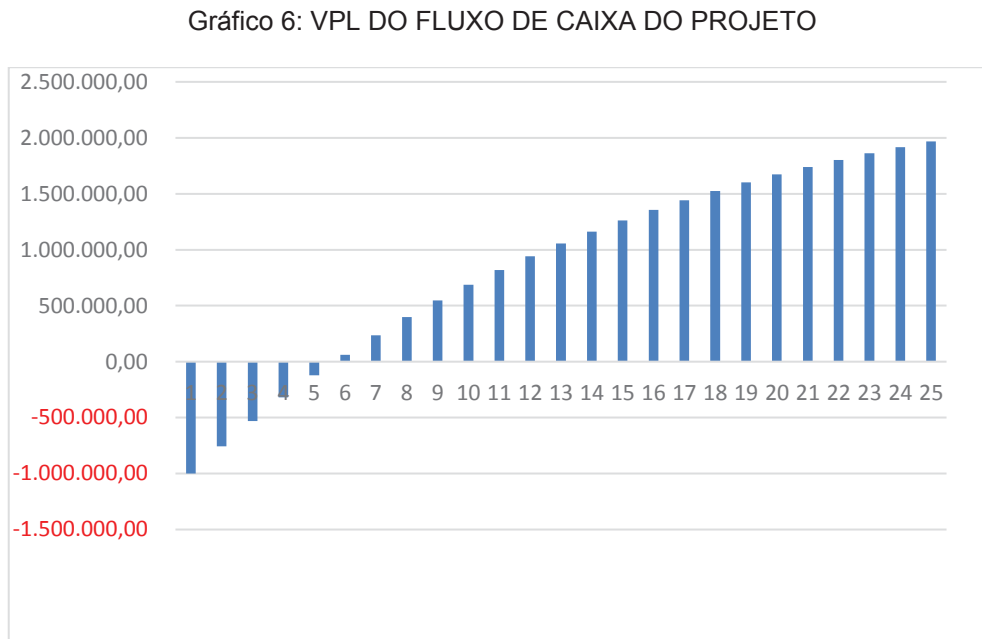
Conforme se verifica na Tabela 7, em que se demonstra o fluxo de caixa do projeto, pode-se constatar, por meio dos cálculos realizados em planilha excel, que o projeto apresenta 5 anos e 8 meses como Tempo de Retorno do Investimento – TRI (*payback*), Valor Presente Líquido - VPL de R\$ 1.967.534,15 e Taxa Interna de Retorno – TIR de 24,53% ao ano, demonstrando que o projeto para implantação de sistema de energia solar fotovoltaico em uma cooperativa agrícola é viável economicamente:

TABELA 7: FLUXO DE CAIXA: CÁLCULO DO TRI, VPL e TIR

	A	B	C	D	E
1	<b>n</b>	<b>FLUXO</b>	<b>CÁLCULOS</b>		
2	0	- 1.257.000,00	<b>TMA</b>		
3	1	282.386,41	9,35%		
4	2	288.821,99			
5	3	295.404,24	<b>TIR</b>		
6	4	302.136,51	24,53%	=TIR(B2:B27)	
7	5	309.022,20			
8	6	316.064,81	<b>VPL</b>		
9	7	323.267,93	1.967.534,15	=VPL(C3;B3:B27)+B2	
10	8	330.635,21			
11	9	338.170,38	<b>TRI - PAY BACK</b>		
12	10	340.877,29	ANOS	VPL	
13	11	348.759,83	5	=VPL(C3;B3:B7)	1.134.669,26
14	12	356.822,02	4+X	=-B2	1.257.000,00
15	13	365.067,94	6	=VPL(C3;B3:B8)	1.319.537,98
16	14	373.501,79			
17	15	382.127,84			
18	16	390.950,49	=E14-E13	122.330,74	
19	17	399.974,20	=E15-E13	184.868,71	
20	18	409.203,56	=D18/D19	X =	0,66
21	19	418.643,26			
22	20	428.298,09	<b>PORTANTO:</b>	5,66 ANOS	
23	21	438.172,95			
24	22	448.272,87			
25	23	458.602,95			
26	24	469.168,47			
27	25	479.974,77			

FONTE: Elaborada pelo Autor

O gráfico 6 demonstra o valor presente líquido do fluxo de caixa do projeto:



FONTE: Elaborado pelo Autor

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica a partir de um estudo de caso em uma cooperativa na região de Carambeí, no Estado do Paraná. Para tanto, estabeleceram-se como objetivos específicos a verificação dos custos da instalação do sistema fotovoltaico e retorno do investimento; a verificação quanto ao potencial de geração de energia elétrica apresentado pelo sistema e a comparação entre o *trade-off* energia solar *versus* energia elétrica via geradoras.

Obteve-se um custo inicial para implantação do sistema no valor médio de R\$ 1.257.000,00, a partir de consulta a empresas especializadas em implantação de sistemas de energia fotovoltaica. O valor investido apresentou bons resultados pela aplicação de três metodologias diferentes de análise de investimentos em projetos: Tempo de Retorno do Investimento - TRI (payback), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido - VPL.

Especificamente, em relação ao Fluxo de Caixa, obteve-se um valor presente líquido positivo a partir de 5 anos e 8 meses, em que se conclui que se trata de projeto de baixo risco, em relação à sua vida útil. Quanto à rentabilidade, pode-se concluir que se trata de projeto altamente rentável; porquanto, produz um valor presente líquido de R\$ 1.967.534,15, para R\$ 1.257.000,00 investidos, representando uma taxa interna de retorno de 24,53% ao ano, sendo 162% superior à taxa atrativa de 9,35% ao ano.

Desta forma, comprova-se a viabilidade econômico-financeira do projeto, a partir da metodologia estabelecida no presente trabalho.

É muito importante que se enfatize que o projeto, além de viável econômica e financeiramente, pode alavancar a cooperativa em selos sociais e de sustentabilidade; pois, utiliza fontes energéticas limpas, por meio de recursos da própria natureza, fontes quase inesgotáveis de energia, além de benéfica ao meio ambiente.

Por fim, recomenda-se que outros estudos de viabilidade econômica sejam realizados sob outros cenários, como o de estresse de fatores – como em situações de pouca produtividade relativa dos painéis, ou ainda considerando fatores tais como o encarecimento das fontes de energia – ou ainda, sob outras perspectivas, quer sejam sistemas fotovoltaicos voltados à residências e outros tipos de empresa.

## 6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AMARAL, André Neves do. **Estudo da viabilidade econômica da instalação de sistemas de coletores solares fotovoltaicos em edifícios residenciais**. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

ANEEL. **Resolução Normativa 481/2002**. 29 de Agosto de 2002. Brasília.

ANEEL. **Resolução Normativa 482/2012**. 17 de Abril de 2012. Brasília.

ATLAS SOLAR DO ESTADO DO PARANÁ. **Mapas de Potencial Fotovoltaico do Estado do Paraná**. Disponível em: <http://www.atlssolarparana.com/>. Acesso em 18/06/2018.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Goiania, GO.

DASSI, Jonatan A.; ZANIN, Antonio; BAGATINI, Fabiano M.; TIBOLA, Ademar; BARICHELLO, Rodrigo; MOURA, Geovanne Dias de. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. **XXII Congresso Brasileiro de Custos**, Foz do Iguaçu: novembro de 2015

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2017 – Ano base 2016**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <http://www.epe.gov.br>. Acesso em 15/06/2018.

GERONIMO, Alexandre; SILVA, Paulo I.; MARQUES, Jordano I.; SILVA, Emanuel L. Viabilidade Técnico-Econômica de Projetos Fotovoltaicos.

**Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Fortaleza, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Boletim mensal de monitoramento do setor elétrico – dezembro de 2016**. Brasília: MME, 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão de Energia**. Brasília: MME, 2017.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F.R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: o caso dos sistemas voltaicos conectados à rede**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2002.

ROSA, Antonio Robson Oliveira da; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Ano 7, V. 7 Número 2. Dezembro de 2016 p. 140 – 147.

SANTOS, Fabricio Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. Energia Solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga – MG. **XIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, Ano 13, vol. 13, Novembro de 2016.

SIQUEIRA, Lucas Matias de. **Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado a Rede Elétrica**. 52 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

TIEPOLO, Gerson. **Estudo do potencial de Geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Estado do Paraná.** Curitiba: SIBI/PUCPR. 2015.

WWF-BRASIL. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil:** recomendações para política públicas. 1ª Ed. Brasília: 2015.