

ENERGIA SOLAR: UMA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA SUA INSTALAÇÃO

Rafaela Longui Correa, acadêmica do curso de Ciências Contábeis da Universidade de Caxias do Sul, Campus Universitário de Nova Prata. *E-mail*: rlc Correa@ucs.br

RESUMO

A energia solar vem adquirindo grande importância ao longo dos últimos anos por ser uma fonte de energia limpa, renovável e econômica. Levando em consideração seu alto custo inicial, grande parte da população demonstra resistência em sua aquisição. Neste sentido, objetivo deste trabalho consiste em realizar um estudo para analisar a viabilidade econômico-financeira na implantação de placas de energia solar. Trata-se de um trabalho qualitativo exploratório, com estratégia de custo de caso. Foi aplicado em residências convencionais com utilização de dados secundários e análise de conteúdo para as inferências. Por meio da coleta e interpretação de dados de consumo de energia elétrica em residências convencionais de 50 (cinquenta) metros quadrados, 150 (cento e cinquenta) metros quadrados e 300 (trezentos) metros quadrados, localizadas na cidade de Nova Prata, foi possível demonstrar os respectivos investimentos iniciais necessários, o tempo de retorno sobre o investimento inicial e a economia prevista ao decorrer do tempo de vida útil do equipamento que se estima em 25 anos, buscando facilitar a tomada de decisão dos investidores em painéis de energia solar fotovoltaica. O estudo evidenciou que em residências de 50 (cinquenta) metros quadrados são necessários 6 painéis de energia solar para suprir o consumo de energia da residência, seu investimento inicial previsto é de R\$ 12.180,00, o tempo de retorno sobre o mesmo ocorre aos 8,12 anos, ou seja, logo após o decurso de 8 anos, e seu rendimento total no decorrer de 25 anos é de R\$ 9.138,68. Para residência de 150 (cento e cinquenta) metros quadrados, são necessários 13 painéis de energia solar para suprir o consumo de energia, o investimento inicial previsto é de R\$ 26.390,00, o retorno sobre o capital investido ocorre em 8,46 anos, ou seja, próximo aos 8 anos e meio, e seu rendimento total no decorrer de 25 anos será de R\$ 17.042,11. Em residências de 300 metros quadrados, são necessários 18 painéis de energia solar, o investimento inicial previsto é de R\$ 36.450,00, o retorno sobre o capital investido acontece aos 7,86 anos, ou seja, próximo dos 8 anos, e seu rendimento total no decorrer de 25 anos chega a R\$ 30.454,99. Fica evidente através do estudo que o menor tempo de retorno sobre o capital investido e o maior rendimento total, sobre o investimento inicial ocorre na residência convencional de 300 (trezentos) metros quadrados. Estudos futuros poderão dar conta da análise econômico-financeira dos investimentos em energia solar pelo sistema fotovoltaico em indústrias, comércios, atividades agrícolas e equipamentos instalados em solo, além de energia solar fotovoltaica para residências rurais, multiresidências, indústrias de pequeno, médio e grande porte, produção leiteira, grandes projetos que necessitam da instalação em solo e também para possíveis investimentos necessários após os 25 anos de vida útil do equipamento, para suprir a perda de produção de 20% do equipamento.

Palavras-chave: Energia Solar. Viabilidade Econômico-Financeira.

1. INTRODUÇÃO

A história da energia solar teve início em 1839, quando Alexandre Edmond Becquerel, físico francês, observou pela primeira vez o efeito fotovoltaico. Isso aconteceu por acaso, quando o jovem cientista conduzia experiências eletroquímicas e verificou que a exposição à luz de *eléctrodos* de platina ou de prata dava origem ao efeito fotovoltaico. (IST, 2004).

Depois deste episódio, ocorreram mais alguns experimentos, mas a primeira célula fotovoltaica foi apresentada mais tarde na reunião anual da *National Academy of Sciences*, em Washington. A mesma foi anunciada para imprensa em 25 de abril de 1954 em uma conferência. No ano seguinte, a célula de silício viu a sua primeira aplicação como fonte de alimentação em uma rede telefônica em Americus, na Geórgia. O que não se imaginava, era que anos depois, essa descoberta científica seria imprescindível para tentar suprir as necessidades energéticas em nosso planeta de forma limpa e sustentável. (IST, 2004).

Nos dias atuais, vive-se uma preocupação constante e mundial, a qual se refere a sustentabilidade. Visa-se o uso consciente dos recursos naturais, os quais são utilizados para gerar vários tipos de energia, inclusive a elétrica, que é usada em residências e indústrias. Por conta disso, a energia solar se demonstra uma ótima forma de colaboração para o futuro do planeta e para a economia. O modelo mais simples de aproveitamento da energia solar consiste em placas solares foto térmicas que atuam no aquecimento da água usada em residência. Porém, a energia solar vai muito além, por meio do chamado sistema de energia solar fotovoltaico. Neste sistema, existem células fotovoltaicas que captam energia da radiação solar, convertendo-a em energia elétrica por meio de dispositivos normalmente constituídos de silício, processo similar das luzes de LED. Essa energia pode servir como fonte para diversos equipamentos eletrônicos em residência e principalmente na indústria, que por sua vez é uma grande consumidora de energia elétrica (SOLARVOLT, 2020).

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem como estimativas que até 2024, em torno de 1,2 milhão de geradores de energia fotovoltaica sejam instalados em empresas e residências. Isso corresponde 15% da matriz energética do país. Até 2030, as estimativas são que o mercado de energia solar deverá movimentar cerca de 100 bilhões na economia, e gerar em torno de 1 milhão de empregos (DUSOL, 2019).

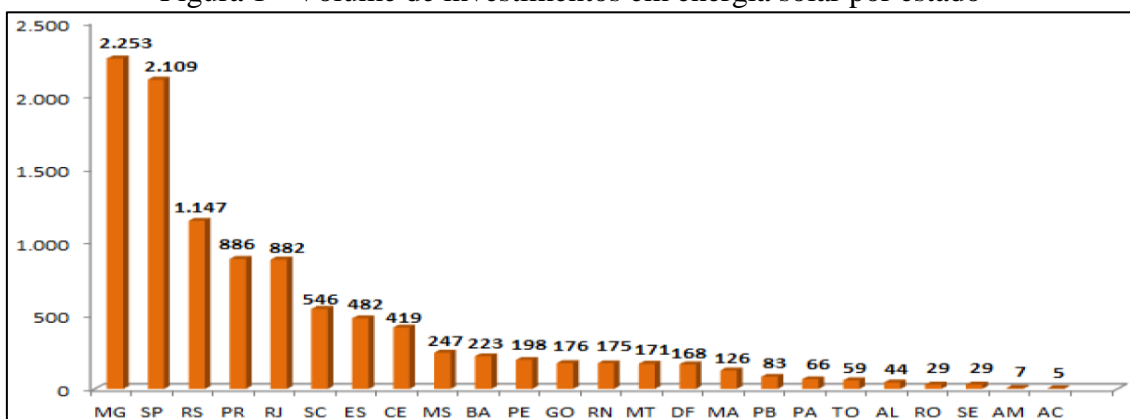
Para o governo federal, haverá uma redução nos próximos dez anos para menos da metade da participação de usinas hidrelétricas na matriz energética do país. Com isso, abre-se espaço para outras fontes de energias, limpas e sustentáveis, como a energia solar. Segundo estimativas, o uso de energia solar desse crescer quatro vezes e aumentar de 2% para 8%, melhorando a economia das residências e indústrias (O GLOBO, 2020). A procura por estes sistemas vem crescendo após a publicação da Resolução n. 482 de 2012 e da Resolução Normativa n. 687 de novembro de 2015. Ambas autorizam os brasileiros a produzirem sua própria energia a partir de fontes sustentáveis e renováveis, armazenar sua energia produzida, ou injetar sua produção nas redes de energia convencional (BLUESOL, 2016).

O sistema de energia solar consiste em instalar as placas de células fotovoltaicas, interligando em paralelo à rede elétrica da residência/empresa, sem a necessidade de alterar a instalação existente. A energia produzida é consumida dentro da residência ou empresa e seu excedente é injetado diretamente na rede de distribuição. Já o medidor é substituído por um medidor bidirecional, que mede a energia que foi produzida e a que foi consumida. Ao final do mês, o cliente recebe uma conta diferenciada, que mostra seu

consumo e produção. Todo o excedente de energia produzida pelo cliente, irá gerar créditos que podem ser usados dentro de um prazo de sessenta meses. A economia na conta de luz pode chegar a 95% (TECNOLUZ, SA).

A seguir, apresenta-se o gráfico que demonstra o volume de investimentos das instalações de energia solar realizadas por estado a cada ano. Os estados com maior investimento nesta área são Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Rio de Janeiro.

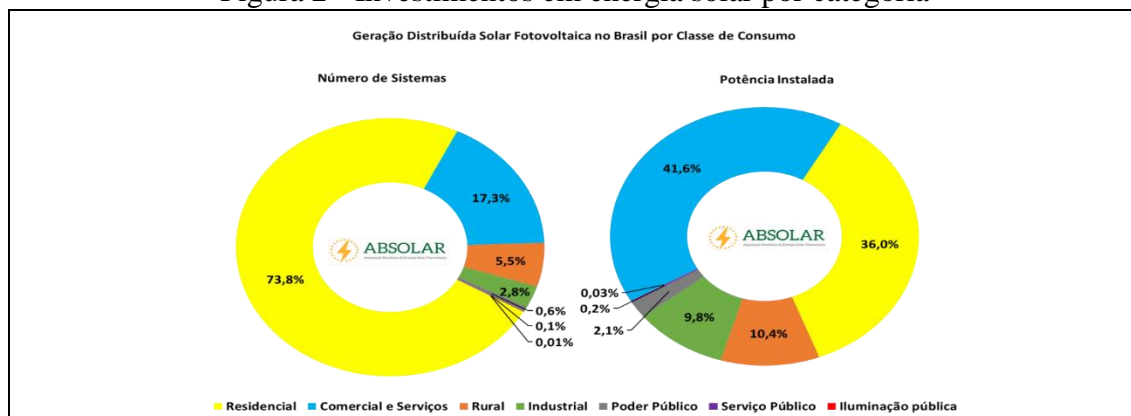
Figura 1 - Volume de investimentos em energia solar por estado



Fonte: JMS ENERGIA SOLAR¹ (2017).

Ainda, a seguir, é possível verificar o uso de energia solar por categoria de consumidor. Predominantemente, a categoria residencial possui o maior volume de investimentos nesta área, seguida do setor comercial e de serviços.

Figura 2 - Investimentos em energia solar por categoria



Fonte: CICLOVIVO² (2016).

Considerando a evolução da energia solar como alternativa de energia sustentável, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade econômico-financeira na instalação de placas solares, tendo em vista o volume de investimentos, o consumo de energia, e a economicidade gerada.

¹ - Disponível em: <<http://energiasolarfotovoltaicanopara.blogspot.com/2017/05/energia-solar-no-brasil-um-panorama.html>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

² - Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/brasil-1-gw-geracao-distribuida-solar/>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico, abordam-se conceitos sobre a energia solar, evolução tecnológica, produção de energia renovável no país e as vantagens e desvantagens da instalação de energia solar fotovoltaica. Evidenciam-se os aspectos relacionados a análise econômico-financeira do projeto, como o *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Retorno do Investimento (ROI).

2.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar consiste na transformação da radiação proveniente do sol em energia elétrica, através da tecnologia de placas solares com células fotovoltaicas. A energia produzida pode ser utilizada diretamente no aquecimento de água ou na forma de eletricidade em residências e indústrias (ANELL 2002, *apud* MELIN; CAMIOTO, 2019, p. 91).

A evolução da tecnologia proporcionou grande aumento no uso de energia, após a Revolução Industrial, resultando no aprimoramento da qualidade de vida nos países em desenvolvimento (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003 *apud* MELIN; CAMIOTO, 2019). Para Santos (2009, p. 12) “com o crescente desenvolvimento das civilizações, cada vez mais pesquisas foram orientadas para aproveitamento da energia solar, principalmente na sua utilização térmica”.

A utilização de fotocélulas teve papel decisivo para os programas espaciais. Com este impulso, houve um avanço significativo na tecnologia fotovoltaica, de modo que se aprimorou o processo de fabricação, melhorando a eficiência das células e seu peso. Com a crise mundial de energia de 1973/74, a preocupação em estudar novas formas de produção de energia fez com a utilização de células fotovoltaicas não se restringisse somente para programas espaciais, mas que fosse intensamente estudado e utilizado no meio terrestre para suprir o fornecimento de energia (BRITO, 2006 *apud* GUIMARÃES, 2016, p. 36).

Para Melin e Camioto (2019), a produção de energia renovável vem crescendo em todo o planeta. Um dos objetivos é atender a demanda crescente da população e cumprir o compromisso firmado na 21ª Conferência das Partes (COP 21). Esse importante evento, aconteceu em Paris no ano de 2015. Os países participantes se comprometeram a reduzir a emissão de gases do efeito estufa, causados por fontes tradicionais (queima do carvão) e manter o aumento da temperatura média global em dois graus *Celsius*. Diante desse cenário, a energia solar tem obtido grande foco por ser uma energia limpa, abundante e pouco explorada em todo o planeta.

O Brasil recebe irradiação solar suficiente para atender toda a demanda do país somente com esta fonte. Porém, devido ao investimento inicial, não tem atraído a população a instalar os sistemas fotovoltaicos. Logo, discute-se a importância dos incentivos governamentais para que haja um aumento efetivo da produção de energia solar fotovoltaica no Brasil.

Atualmente, a matriz energética mundial está baseada nos combustíveis derivados de petróleo, que possui alto coeficiente energético, mas que também gera grande degradação ambiental em sua exploração e utilização. As fontes renováveis têm como vantagem a geração de energia sem danos significativos ao meio ambiente. Dentre essas, a energia solar fotovoltaica surge como um grande potencial de geração limpa e descentralizada (SANTOS, 2009).

Conforme Santos (2009), com os questionamentos sobre o uso de combustíveis fósseis e a necessidade cada vez maior de energia disponível, busca-se a utilização direta da energia solar. Esta fonte inesgotável, quando considerada uma escala humana de tempo, tem como desafio a criação de um modo eficiente da conversão da radiação solar em energia útil às necessidades humanas.

O uso de energia solar traz muitos benefícios: (i) é uma fonte ilimitada de energia; (ii) está presente em todo o mundo; (iii) não produz ruídos ou gases; (iv) tem baixo impacto ambiental; (v) seus módulos duram em torno de trinta anos, exigem manutenção mínima e ao final podem ser reciclados; e (vi) a potência instalada pode ser aumentada a qualquer hora, apenas incorporando módulos (WANDERLEY; CAMPOS, 2013 *apud* MELIN; CAMIOTO 2019, p. 90). Existem na literatura inúmeros estudos acerca da energia solar, mas o foco maior está na geração de energia fotovoltaica. O uso desta energia, além de contribuir para reduções significativas das emissões de gases de efeito estufa, proporciona benefícios substanciais na segurança da disponibilidade energética e no desenvolvimento econômico (MELIN; CAMIOTO, 2019).

A aplicação da energia solar fotovoltaica no Brasil começou a ser discutida no início desta década. No entanto, o primeiro sistema de geração do país foi instalado em 1997, na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pelo Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar (FV-UFSC) (DIDONÉ; WAGNER, PEREIRA, 2014, p. 30). De acordo com Didoné, Wagner e Pereira (2014), um estudo foi realizado para construção de edifícios onde toda a energia usada fosse de sua própria produção. Neste estudo, foi aplicado geradores de energia solar em 90% da sua estrutura externa, o que incluiu janelas e fachadas. Suas janelas possuem tecnologia fotovoltaica, que consiste em uma janela semitransparentes de vidro duplo, com fotovoltaico orgânico encapsulado entre as duas placas de vidro. Os vidros possuem 3 mm de espessura e são separados por uma camada de ar de 12 mm. A célula fotovoltaica é aplicada no lado interior do vidro exterior.

O sistema de energia solar, consiste na instalação de placas com células fotovoltaicas normalmente feitas em telhados e fachadas, de residências, prédios. Busca-se a melhor posição solar para captar radiação proveniente do sol, transformando em energia elétrica para ser usado nos locais instalados. Todo excedente é injetado na rede convencional de energia, gerando créditos de energia (GUIMARÃES, 2016). “O grande aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio” (GUIMARÃES, 2016, p. 33).

O autor ainda acrescenta que:

Essa forma de energia, proveniente do sol, pode ser utilizada através de sistemas ativos, como os aquecedores solares de água; de modo passivo, pela absorção do calor pelas edificações; por sistema termo solares, com aquecimento de fluídos acoplados a geradores mecânicos, e pela tecnologia fotovoltaica que converte diretamente a energia solar em energia elétrica (REIS *et al.*, 2005 *apud* GUIMARÃES, 2016, p. 34).

A conversão de energia solar em elétrica, por sua vez, ocorre pelos efeitos de radiação eletromagnética sobre determinados materiais semicondutores, destacando-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. (GUIMARÃES, 2016). O efeito termoelétrico é aquele originário de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No fotovoltaico, no entanto, os *fótons* contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares. Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o

aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica (MELIN; CAMIOTO, 2019).

A pesquisa de Guimarães (2016) afirma que a eletricidade fotovoltaica é uma tecnologia considerada promissora. Ela converte a mais abundante fonte de energia renovável existente no planeta em energia, sem produzir resíduos, sem queimar combustíveis fósseis. Isso contribui para a conservação da biosfera e da camada de ozônio. Segundo o mesmo autor, o sistema de energia solar fotovoltaica vem sendo incluída cada vez mais em projetos de novas construções. Sendo assim, considera-se uma alternativa para consumidores que buscam a economia nos gastos com energia elétrica. Também é uma alternativa para os consumidores que buscam um estímulo para a preservação do ecossistema através de fontes limpas e renováveis.

De acordo com Guimarães (2016), o Brasil possui vantagens significativas quando o assunto é energia solar. O país possui ótima localização geográfica, com alta incidência do insumo mais importante para ao uso desta tecnologia, que é o sol. Isso se destaca ainda mais na região nordeste. Além disso, o Brasil dispõe em abundância o silício, matéria prima utilizada para a fabricação de células fotovoltaicas, ficando atrás somente da China.

2.2 ANÁLISE DO INVESTIMENTO E A VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

“A viabilidade econômica está baseada na certeza de uma tomada de decisão correta para investir. Esta deve ser fruto da análise comparativa da quantidade de recursos entrantes e de saídas referentes ao custeio do empreendimento, resultando em um lucro” (BEZERRA DA SILVA, 1995 *apud* GRANJA, 2018, p. 34). “Já a análise financeira busca investigar o retorno sobre os investimentos valorizando os custos e os benefícios a preços de mercado. Esta análise financeira do empreendimento estima o impacto que sua implementação exercerá sobre a situação atual da empresa e do mercado.” (FONTENELE; VASCONCELOS, 2006 *apud* GRANJA, 2018, p. 34). Ross (2002) reforça que um investimento vale a pena quando gera retorno financeiro para seu investidor, e também que sua lucratividade seja maior que seu investimento.

O retorno do capital investido está inteiramente ligado ao risco envolvido, ressalta o risco como uma medida volátil das incertezas dos resultados a ser adquiridos. Ainda segundo os autores o risco está associado diretamente à incerteza de um investimento e a partir dessa premissa tomar decisões inteligentes garantindo o crescimento da empresa (GROPPELLI, NIKBAKHT 2012 *apud* POSSETI 2019, p. 41).

O retorno do capital investido está inteiramente ligado ao risco envolvido, ressalta o risco como uma medida volátil das incertezas dos resultados a ser adquiridos. Ainda segundo os autores o risco está associado diretamente à incerteza de um investimento e a partir dessa premissa tomar decisões inteligentes garantindo o crescimento da empresa (GROPPELLI, NIKBAKHT, 2012 *apud* POSSETI 2019, p. 41).

De acordo com Neto (2012) os métodos de análise de investimento, podem ser classificados em dois grandes grupos, são eles: os que não levam em consideração o dinheiro no tempo e os que consideram esta avaliação por meio do fluxo de caixa descontado. O autor acrescenta que:

Em razão do maior rigor conceitual e da importância para as decisões de longo prazo, dá-se atenção preferencial para os métodos que compõem o segundo grupo. Em verdade, a avaliação de um ativo é estabelecida pelos benefícios futuros esperados de caixa trazidos a valor presente mediante uma taxa de

desconto que reflete o risco de decisão. Exceção é geralmente feita, no entanto, ao método do tempo de retorno do investimento (período de *payback*), o qual, apesar de ser formalmente enquadrado no primeiro grupo, tem grande importância decisória e permite, ainda, seu cálculo em termos de valor atualizado (NETO, 2012, p. 358).

Para Neto (2016) o *payback* descontado é capaz de evidenciar o tempo necessário para recuperar um determinado investimento inicial. Este método de análise considera o valor do dinheiro no tempo, utiliza uma taxa de desconto, para verificar a quantidade exata de períodos, em que um projeto recupera seu valor inicial investido. A taxa de desconto normalmente utilizada, é uma taxa mínima de atratividade, à qual é determinada pelo próprio investidor como parâmetro para remuneração de seu capital.

As empresas de grande porte utilizam esse método para avaliar seus projetos de menor significância, já as pequenas empresas utilizam para seus maiores projetos. Através dessa análise é possível identificar que quanto maior for o tempo de *payback*, aumentam as chances de incerteza e de risco quanto ao capital investido, ou seja, quanto menos tempo, aumentam as possibilidades de retorno do investimento (GITMAN, 2010 *apud* POSSETI, 2019, p. 50).

O Valor Presente Líquido (VPL) é o índice que permite obter a viabilidade econômico-financeira da implantação de um projeto em longo prazo, ou seja, pode ser entendido como o excesso de ganho que o projeto apresenta diante da melhor oportunidade de investimento (BUARQUE, 1984 *apud* GRANJA 2018, p. 35).

Por considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo, o valor presente líquido (VPL) é considerado uma técnica sofisticada para análise de investimentos. Esse tipo de técnica, de uma forma ou de outra, desconta os fluxos de caixa da empresa a uma taxa especificada. Essa taxa, frequentemente chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo de capital (GITMAN, 2002 *apud* RABUSKE 2018, p. 39).

Gitman (2012) afirma que a Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa que representa em percentual a rentabilidade sobre o capital inicialmente investido em um determinado período de tempo, estimado. Ainda sobre a TIR, o autor destaca que é uma sofisticada técnica de orçamento de capital, a qual iguala o VPL de um investimento a zero, isso somente é alcançado se as entradas de caixa somadas se igualem ao investimento inicial.

Para Neto (2012) um investimento está relacionado a uma incerteza, e a questão central de um processo de decisão é definir o grau de risco que o investidor aceitaria assumir, dado o retorno esperado da aplicação. O risco é considerado um custo e está sempre presente nos negócios e conseqüentemente precisa ser quantificado. Logo, o risco pode ser entendido como medida de incerteza associada aos retornos esperados de um possível investimento. O autor ainda destaca dois fatores importantes que influenciam o grau de risco de um ativo e devem ser observados: (i) a volatilidade e (ii) a maturidade dos retornos.

“A volatilidade exprime a frequência de flutuações verificadas em um fluxo de retornos e resultados futuros” (NETO, 2012, p. 13). Quanto menor a flutuação dos resultados esperados menor será o risco. A maturidade tem relação com o prazo de vencimento, ou seja, quanto maior o prazo de retorno do investimento maior se apresenta o grau de maturidade.

Padoveze (2009) destaca que o resultado, lucro ou retorno de um determinado investimento deve ser analisado pelos mesmos conceitos de análise de rentabilidade da empresa, que é o ROI (Retorno do Investimento). O retorno do investimento, é calculado

através do percentual obtido pelo lucro sobre o valor investido e este percentual normalmente é calculado em períodos de um ano. Existe ainda a possibilidade de usar o critério de ROI Residual ou Lucro Residual, a qual considera como retorno do investimento apenas o lucro excedente a um custo de capital mínimo da empresa. O autor acrescenta que quanto maior o risco em um investimento, maior o será seu retorno financeiro.

O retorno do capital investido está inteiramente ligado ao risco envolvido, ressalta o risco como uma medida volátil das incertezas dos resultados a ser adquiridos. Ainda segundo os autores o risco está associado diretamente à incerteza de um investimento e a partir dessa premissa tomar decisões inteligentes garantindo o crescimento da empresa (GROPPELLI, NIKBAKHT 2012 *apud* POSSETI 2019, p. 41).

“O tempo de retorno médio é baseado na relação existente entre o valor do investimento e o valor médio dos fluxos esperados de caixa” (NETO, 2012, p. 359). Normalmente, os investimentos se apresentam como parte dos processos de tomada de decisões, e com frequência objetivos estratégicos apresentam-se como fatores decisivos relevantes na escolha de investimentos. Portanto, outros fatores de natureza qualitativos devem ser incorporados na avaliação de investimento, para que seja suprido não somente o lucro ou retorno, mas as necessidades e objetivos do investidor.

Neto (2012) enfatiza que a decisão de aceitação ou rejeição de uma proposta de investimento é feita através da comparação da TIR obtida com a rentabilidade mínima exigida pelo investidor para seus investimentos. Então se a taxa interna de retorno for igual ou maior ao percentual mínimo desejado, considera-se o investimento como economicamente viável. Caso os resultados sejam contrário tecnicamente o investimento é considerado inviável. Mesmo assim, o investimento poderá ser feito, considerando o objetivo do investidor, mas obtendo então uma taxa de retorno inferior a desejada.

Guimarães (2016) estima que o tempo de vida de um sistema de geração de energia solar seja, em média, de vinte e cinco anos, mas deve-se observar que após este período o sistema não deixará de produzir, então não deverá ser trocado ou descartado. Neste tempo inicial, a sua capacidade de produção de energia é de cem por cento. Após este período, sua produção reduz para níveis em torno de oitenta por cento, ficando a critério do usuário a escolha de utilização do sistema com produção reduzida. O mesmo também pode optar por instalar mais placas no mesmo sistema para suprir a perda de vinte por cento da produção. A seguir, no Quadro 1, pode-se observar o comparativo das vantagens e desvantagens da instalação de energia solar fotovoltaica.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da instalação de energia solar fotovoltaica.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
A energia solar não polui durante seu uso;	Baixa eficiência;
Não existe emissão de CO ₂ ;	Custos elevados;
A energia solar é excelente em lugares remotos ou de difícil acesso;	Dependência climática;
Não requer nenhum tipo de adaptação;	Necessita de um sistema de <i>backup</i> ou de armazenamento;
Em países tropicais, como o Brasil, a utilização da energia solar é viável em praticamente todo o território.	Requer luz solar a maior parte do período de laboração;

Fonte: Guimarães (2016, p. 39).

Segundo Melin e Camioto (2019) os módulos de geração de energia solar são separados em dois tipos de sistemas, chamados de *Off-Grid*, e o *On-Grid*. O sistema *Off-*

Grid também chamado de sistema fotovoltaico autônomo, normalmente é utilizado em locais não atendidos pela concessionária de energia elétrica. É formado por um ou mais módulos, conectados, uma ou mais baterias, que armazenam a energia produzida, um controlador de carga, cuja sua função é controlar o tempo de vida útil de uma bateria, e um inversor de corrente contínua para alternada. No segundo caso, o sistema *On-Grid* é conectado ao sistema convencional de energia elétrica. Seu objetivo é gerar energia para consumo local, e seu excedente de energia produzida é injetado na rede de energia elétrica. Este sistema pode ser instalado em residências, indústrias, comércios e usinas.

Os incentivos para energia solar no Brasil envolvem subsídios e benefícios tributários (SILVA, 2015), porém muito pequenos comparado a outros países que conseguiram expandir efetivamente a energia solar. Além de pouco vantajosos economicamente, os subsídios contam com um orçamento muito restrito e necessitam de muita burocracia para serem aprovados, o que causa uma lentidão no crescimento da capacidade instalada. O maior crescimento anual corresponde a 1 GW de capacidade instalada no ano de 2017, enquanto a China cresceu mais de 50 GW no mesmo período, demonstrando que apesar dos resultados obtidos nos últimos anos, ainda há muito que precisa ser feito para que a fonte solar se consolide na matriz energética nacional (NASCIMENTO, 2017 *apud* MELIN, COMIOTO, 2019, p. 101).

“A energia solar, dentre as fontes de energias 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” (DUTRA *et al.*, 2013 *apud* DASSI *et al.*, 2015). De acordo com o mesmo autor, o fato de que a utilização da energia solar fotovoltaica ainda requer um custo inicial elevado e seu retorno sobre o investimento ser de longo prazo ainda causa resistência em grande parte da população em seu investimento.

3. METODOLOGIA

De acordo com Lakatos e Marconi (2012) a metodologia é o caminho percorrido em uma pesquisa, para que o pesquisador possa obter segurança no processo decisório. É usada para focar nos objetivos da pesquisa e assim chegar ao resultado desejado, sem perda de tempo com enfoque aos assuntos relevantes da pesquisa.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

De acordo com Lakatos e Marconi (2012) a metodologia qualitativa aborda as diferenças entre teorias e leis. Do ponto de vista qualitativo, sua função é formular relação entre várias teorias e também buscar esclarecimento ou soluções para problemas. As informações coletadas neste método de pesquisa não podem ser quantificadas, e seus dados são analisados indutivamente.

O objetivo da pesquisa exploratória é proporcionar familiaridade com o problema, buscando a clareza ou hipóteses do mesmo, seu planejamento tem como tendência de ser bastante flexível, pois tem como objetivo observar os mais variados aspectos relativos aos fatos ou fenômeno estudado (GIL, 2010).

A metodologia exploratória consiste em investigações onde o objetivo é a formulação de questões ou de problemas, em áreas onde há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Sua finalidade é desenvolver hipóteses, utiliza-se de procedimentos sistemáticos para obtenção de observações empíricas, ou para análise de

dados. Nesta metodologia pode ser usado uma variedade de procedimentos de coleta de dados, como entrevistas, observações de participantes, análise de conteúdo, entre outros (LAKATOS e MARCONI, 2012).

Segundo Yin (2005) o estudo de caso tem o propósito de estabelecer uma estrutura para debate sobre um determinado estudo, contribuindo para a compreensão de fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos. O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto na prática, principalmente quando os limites entre os fenômenos e os contextos não estão definidos de forma clara, proporcionando também apoio a tomada de decisões. “A principal tendência em todos os tipos de estudo de caso, é que ela tenta esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões: o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais decisões” (SCHRAMM, *apud* YIN, 2005, p. 31).

“O poder diferenciador do estudo de caso é a capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações – além do que pode estar disponível no estudo histórico convencional” (YIN, 2005, p. 27). O autor acrescenta que a investigação de estudo de caso baseia-se em várias evidências, buscando analisar os dados coletados durante a pesquisa para fins de compreensão dos mesmos, sendo de extrema importância para planejamento de estratégias, e tomadas de decisão, nas quais as intervenções avaliadas não apresentam clareza de resultados.

A metodologia para este estudo será amparada pelos conceitos de pesquisa qualitativa, exploratória e estudo de caso. Os participantes serão residências convencionais com consumos de energia diferentes de acordo a média de consumo anual de cada residência.

3.2 PROCESSO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

De acordo com Yin (2005), dados secundários são informações coletadas por outra pessoa, como documentos, relatórios, planilhas reunidas em outro momento, para algum outro propósito, mas que são de grande importância podendo ser utilizados para o presente estudo. Estes dados serão fornecidos pela empresa onde o estudo será aplicado.

Para análise do conteúdo, que consiste na análise da palavra, ou seja, a prática da linguagem realizada por emissões de identificáveis (LAKATOS e MARCONI, 2012). Os autores destacam que esta metodologia de análise leva em consideração as significações do conteúdo e tem como objetivo a manipulação do conteúdo em estudo. O método permite que o pesquisador analise com profundidade os eventos e descreva como e porque determinados fatos aconteceram (ROESCH, 2005). A análise de conteúdo está ligada diretamente à coleta de dados, processos realizados através de observações e leituras de documentos (GIL, 2010). Os documentos utilizados neste estudo são planilhas já existentes na empresa e fornecida pela mesma.

Desta forma, este trabalho utilizou-se de dados secundários extraídos das residências objetos do estudo de caso e os dados foram analisados com base na análise de conteúdo.

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

Para o dimensionamento de uma usina de geração de energia fotovoltaica, deve-se levar em consideração a quantidade de energia que se pretende gerar, a potência dos módulos, a incidência solar no local da instalação da usina, as perdas estimadas e o consumo. De acordo com a Localização Geográfica da cidade de Nova Prata, Latitude -

28.7637, Longitude -51.6083, pode-se pesquisar no *site* do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) / Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), a incidência de irradiação solar correspondente a cada mês e a média anual. Na Tabela 1 encontram-se os dados referentes a cidade de Nova Prata, Latitude 28,7637°, Longitude 51.6083°.

Tabela 1 - Irradiação solar diária em kWh/m².dia em Nova Prata

Mês	Irradiação solar diária (kWh/m ² .dia)
Janeiro/2019	6,17
Fevereiro/2019	5,77
Março/2019	4,82
Abril/2019	3,88
Mai/2019	2,90
Junho/2019	2,42
Julho/2019	2,74
Agosto/2019	3,47
Setembro/2019	3,74
Outubro/2019	4,77
Novembro/2019	6,11
Dezembro/2019	6,47
Média	4,44

Fonte: CRESESB/CEPEL (2020).

Para o estudo do projeto, utiliza-se como base módulos com potência de 390 kW, utilizada pelas empresas de energia solar, e uma perda média estimada na captação em 30%, provocada pelo acúmulo de sujeira e resíduos, como consta no *site* Portal Solar, e a quantidade de horas solar referentes à cidade de Nova Prata, que é uma média diária de 4,44 kWh/m².dia, chega-se a uma capacidade de geração de energia equivalente à 442,42380 kW/h por ano, como demonstrado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Produção por unidade de placa fotovoltaica

Discriminação do cálculo	Valores
Potência por placa solar	390 kW
Média de horas/dia de irradiação solar	4,44 h
Perda estimada na captação de irradiação	30%
Produção diária por placa fotovoltaica	442,42380 kW/h

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A seguir, na Tabela 3, foram analisados os consumos mensais de uma residência de pequeno porte, com área de 50,00 (cinquenta) metros quadrados.

Tabela 3 - Consumo de energia elétrica no período de um ano

(continua)

Mês	Consumo Mensal de Energia Elétrica Convencional
Julho/2020	222
Junho/2020	212
Mai/2020	202
Abril/2020	192
Março/2020	218
Fevereiro/2020	221
Janeiro/2020	217
Dezembro/2019	216
Novembro/2019	230
Outubro/2019	223

Tabela 3 - Consumo de energia elétrica no período de um ano

(conclusão)

Mês	Consumo Mensal de Energia Elétrica Convencional
Setembro/2019	205
Agosto/2019	220
Total anual do consumo	2.578 kW/h
Média mensal de consumo	214,83 kW/h

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para chegar ao consumo anual de uma residência, soma-se o consumo de cada mês no período de um ano, neste caso chegamos a um consumo anual de 2.578 kW/h., após dividimos o consumo pela produção anual de uma placa fotovoltaica, chegando ao resultado de unidades necessárias para suprir o consumo, conforme demonstra a Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo quantidade de placas necessária para suprir o consumo de energia

Discriminação do cálculo	Valores
Consumo de energia durante um ano	2.578 kW/h
Produção de energia por unidade de placa de energia fotovoltaica	442,42380 kW/h
Quantidade necessárias de placas fotovoltaicas	5,8269 Unidades

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 4, dividimos o consumo anual de 2.578 kW/h de energia pela capacidade de produção de uma placa fotovoltaica, chegando a quantidade de placas fotovoltaicas necessárias para suprir a demanda de consumo.

Tabela 5 - Cálculo do valor da energia elétrica residencial convencional

Discriminação do cálculo	Valores
Valor da energia em MV/h	619,61
Fator de conversão	1.000
Valor do kW/h	R\$ 0,62

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 5, usando como referência o valor da energia elétrica convencional encontrado no *site* da CPFL Energia, que corresponde a 619,61MV/h, que convertido em kW/h, encontramos o valor de R\$ 0,62 por kW/h.

Tabela 6 - Cálculo do valor gasto em energia elétrica convencional no período de um ano

Discriminação do cálculo	Valores
Consumo Anual de Energia Elétrica	2.578 kW/h
Valor do kW/h	R\$ 0,62
Valor total gasto em energia convencional	R\$ 1.597,35

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 6, aplicando a um consumo anual um total de 2.578 kW/h, o valor gasto com energia convencional, sem levar em consideração tributos, taxas e adicionais chegaria a R\$ 1.597,35.

Tabela 7 - Cálculo do valor do investimento na aquisição do equipamento

(continua)

Discriminação do cálculo	Valores
Valor da placa de energia fotovoltaica	R\$ 800

Tabela 7 - Cálculo do valor do investimento na aquisição do equipamento

(conclusão)	
Discriminação do cálculo	Valores
Valor da instalação por unidade	R\$ 335
Valor da estrutura por unidade	R\$ 895
Quantidade de placas necessárias para uma metragem de 50m/2	6
Valor do investimento do equipamento	R\$ 12.180,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 7 considerando o valor de aquisição de R\$ 800,00 por unidade de placa fotovoltaica, e o valor de instalação de R\$ 335,00 por unidade, chegando-se ao valor do investimento inicial de R\$ 12.180,00.

Após chegar ao valor inicial do investimento, o objetivo é saber se o investimento do projeto é viável ou não, através do Valor Presente Líquido (VPL). Este índice permite avaliar a viabilidade econômico-financeira, na implantação de um projeto a longo prazo. Pode também ser entendido como o excesso de ganho que um projeto apresenta diante da melhor oportunidade de investimento (GRANJA, 2018, p. 35, *apud* BUARQUE, 1984). Para isso deve-se levar em consideração, além do valor do investimento inicial, o tempo de vida útil do projeto, a Taxa Mínima de Atratividade, e os fluxos de caixa futuros.

Segundo a pesquisa de Guimarães (2016), estima-se que o tempo de vida útil de sistemas geradores de energia fotovoltaicos é de vinte e cinco anos. Neste tempo, a capacidade de produção do equipamento é de cem por cento, e após este período, o equipamento terá sua capacidade de produção reduzida apenas para 80%, não necessitando de troca ou descarte.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é uma taxa mínima de juros que representa o quanto o investidor está disposto a ganhar sobre um determinado investimento, ou o máximo que o mesmo se propõe a pagar sobre um financiamento. Neste caso será utilizada a taxa de rendimento da poupança, que atualmente está cotada a 1,40% ao ano. O cálculo do VPL para o projeto proposto é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

Discriminação do cálculo	Valores
Valor do investimento inicial	R\$ 12.180,00
Fluxo de Caixa Futuro anual	R\$ 1.597,35
Tempo de vida útil	25
Taxa Mínima de atratividade (TMA)	1,40%
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 21.318,63

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para Neto (2016) o *payback* descontado é capaz de evidenciar o tempo necessário para recuperar um determinado investimento inicial. Este método de análise considera o valor do dinheiro no tempo, utiliza uma taxa de desconto, para verificar a quantidade exata de períodos em que um projeto recupera seu valor inicial investido. A taxa de desconto normalmente utilizada, é uma taxa mínima de atratividade, a qual é determinada pelo próprio investidos como parâmetro para remuneração de seu capital. O cálculo do *payback* descontado para o projeto proposto é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - *Payback* descontado para residencial convencional até 50 m/2

(continua)

Tempo de vida útil	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
0	-R\$ 12.180,00	-R\$ 12.180,00	-R\$ 12.180,00	-R\$ 12.180,00

Tabela 9 - *Payback* descontado para residencial convencional até 50 m/2

(conclusão)

Tempo de vida útil	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
1	R\$ 1.597,35	-R\$ 10.582,65	R\$ 1.575,35	-R\$ 10.604,65
2	R\$ 1.597,35	-R\$ 8.985,30	R\$ 1.553,54	-R\$ 9.051,10
3	R\$ 1.597,35	-R\$ 7.387,95	R\$ 1.532,09	-R\$ 7.519,01
4	R\$ 1.597,35	-R\$ 5.790,60	R\$ 1.510,94	-R\$ 6.008,06
5	R\$ 1.597,35	-R\$ 4.193,25	R\$ 1.490,08	-R\$ 4.517,98
6	R\$ 1.597,35	-R\$ 2.595,90	R\$ 1.469,50	-R\$ 3.048,47
7	R\$ 1.597,35	-R\$ 998,55	R\$ 1.449,22	-R\$ 1.599,25
8	R\$ 1.597,35	R\$ 598,80	R\$ 1.429,21	-R\$ 170,04
9	R\$ 1.597,35	R\$ 2.196,15	R\$ 1.409,47	R\$ 1.239,44
10	R\$ 1.597,35	R\$ 3.793,50	R\$ 1.390,01	R\$ 2.629,46
11	R\$ 1.597,35	R\$ 5.390,85	R\$ 1.370,82	R\$ 4.000,28
12	R\$ 1.597,35	R\$ 6.988,20	R\$ 1.351,90	R\$ 5.352,18
13	R\$ 1.597,35	R\$ 8.585,55	R\$ 1.333,23	R\$ 6.685,42
14	R\$ 1.597,35	R\$ 10.182,90	R\$ 1.314,82	R\$ 8.000,25
15	R\$ 1.597,35	R\$ 11.780,25	R\$ 1.296,67	R\$ 9.296,92
16	R\$ 1.597,35	R\$ 13.377,60	R\$ 1.278,77	R\$ 10.575,69
17	R\$ 1.597,35	R\$ 14.974,95	R\$ 1.261,11	R\$ 11.836,81
18	R\$ 1.597,35	R\$ 16.572,30	R\$ 1.243,70	R\$ 13.080,51
19	R\$ 1.597,35	R\$ 18.169,65	R\$ 1.226,53	R\$ 14.307,04
20	R\$ 1.597,35	R\$ 19.767,00	R\$ 1.209,59	R\$ 15.516,64
21	R\$ 1.597,35	R\$ 21.364,35	R\$ 1.192,89	R\$ 16.709,54
22	R\$ 1.597,35	R\$ 22.961,70	R\$ 1.176,42	R\$ 17.885,96
23	R\$ 1.597,35	R\$ 24.559,05	R\$ 1.160,18	R\$ 19.046,15
24	R\$ 1.597,35	R\$ 26.156,40	R\$ 1.144,16	R\$ 20.190,31
25	R\$ 1.597,35	R\$ 27.753,75	R\$ 1.128,36	R\$ 21.318,68

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Nas Tabelas 8 e 9, considerando o investimento inicial de R\$ 12.180,00, o tempo de vida útil de 25 anos com 100% de aproveitamento do equipamento, com um fluxo de caixa anual de R\$ 21.318,68, e uma taxa mínima de atratividade de 1,40% ao ano, o valor presente líquido é de R\$ 21.318,68. Isso significa que, ao final de 25 anos, o investimento inicial se transformará em R\$ 21.318,68, e que diminuindo o investimento inicial teremos uma economia de R\$ 9.138,63 em Energia Elétrica.

Especificamente na Tabela 9, é possível apurar o tempo de retorno do investimento, que neste caso, para residenciais convencionais de até cinquenta metros quadrados, é de 8,12 anos, ou seja, o *payback* ocorre logo após o decurso de 8 anos.

A seguir, na Tabela 10, foram analisados os consumos mensais de uma residência de médio porte, com área de 150 (cento e cinquenta) metros quadrados.

Tabela 10 - Consumo de energia elétrica no período de um ano

(continua)

Mês	Consumo Mensal de Energia Elétrica Convencional
Julho/2020	400
Junho/2020	450
Mai/2020	415
Abril/2020	480
Março/2020	329
Fevereiro/2020	406
Janeiro/2020	382
Dezembro/2019	397
Novembro/2019	438
Outubro/2019	503

Tabela 10 - Consumo de energia elétrica no período de um ano

(conclusão)

Mês	Consumo Mensal de Energia Elétrica Convencional
Setembro/2019	490
Agosto/2019	680
Total anual do consumo	5.370 kW/h
Média mensal de consumo	447,50 kW/h

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para chegar ao consumo anual de uma residência, soma-se o consumo de cada mês no período de um ano, neste caso apura-se um consumo anual de 5.370 kW/h. Após este procedimento, foi dividido o consumo pela produção anual de uma placa fotovoltaica, chegando-se ao resultado de unidades necessárias para suprir o consumo, apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Cálculo quantidade de placas necessárias para suprir o consumo de energia

Discriminação do cálculo	Valores
Consumo de energia durante um ano	5.370 kW/h
Produção de energia por unidade de placa de energia fotovoltaica	442,42380 kW/h
Quantidade necessárias de placas fotovoltaicas	12,14 unidades

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 11 dividiu-se o consumo anual de 5.370 kW/h de energia pela capacidade de produção de uma placa fotovoltaica, chegando-se à quantidade de placas fotovoltaicas necessárias para suprir a demanda de consumo.

Tabela 12 - Cálculo do valor da energia elétrica residencial convencional

Discriminação do cálculo	Valores
Valor da energia em MV/h	619,61
Fator de conversão	1.000
Valor do kW/h	R\$ 0,62

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 12, usando como referência o valor da energia elétrica convencional, tomando por base o mesmo valor referencial utilizado no cálculo anterior, que corresponde à R\$ 619,61 por MV/h, o que convertendo em kW/h encontramos o valor de R\$ 0,62 por kW/h.

Tabela 13 - Cálculo do valor gasto em energia elétrica convencional no período de um ano

Discriminação do cálculo	Valores
Consumo Anual de Energia Elétrica	5.370 kW/h
Valor do kW/h	R\$ 0,62
Valor Total Gasto em Energia Convencional	R\$ 3.329,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 13, aplicando a um consumo anual um total de 5.370 kW/h, o valor gasto com energia convencional, sem levar em consideração tributos, taxas e adicionais, chegaria a R\$ 3.329,40.

Tabela 14 - Cálculo do valor do investimento na aquisição do equipamento

Discriminação do cálculo	Valores
Valor da placa de energia fotovoltaica	R\$ 800

Valor da instalação por unidade	R\$ 335
Valor da estrutura por unidade	R\$ 895
Quantidade de placas necessárias para uma metragem de 50m/2	13
Valor do investimento do equipamento	R\$ 26.390,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 14, considerando o valor de aquisição de R\$ 800,00 por unidade de placa fotovoltaica, e o valor de instalação de R\$ 335,00 por unidade, e a necessidade de 13 placas fotovoltaicas para suprir a demanda de energia elétrica utilizada na residência, chega-se ao valor do investimento inicial de R\$ 26.390,00.

Tabela 15 - Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

Discriminação do cálculo	Valores
Valor do investimento inicial	R\$ 26.390,00
Fluxo de Caixa Futuro anual	R\$ 3.329,40
Tempo de vida útil	25
Taxa Mínima de atratividade (TMA)	1,40%
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 43.432,11

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 15, considerando o investimento inicial de R\$ 26.390,00, o tempo de vida útil de 25 anos com 100% de aproveitamento do equipamento, com um fluxo de caixa anual de R\$ 3.329,40, e uma taxa mínima de atratividade de 1,40% ao ano, o valor presente líquido é de R\$ 43.432,11. Isso significa que, ao final de 25 anos, o investimento inicial se transformará em R\$ 43.432,11, e que diminuindo o investimento inicial teremos uma economia de R\$ 17.042,11 em energia elétrica.

Tabela 16 - *Payback* descontado para residência convencional de até 150 m/2

(continua)

Tempo de vida útil	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
0	-R\$ 26.390,00	-R\$ 26.390,00	-R\$ 26.390,00	-R\$ 26.390,00
1	R\$ 3.329,40	-R\$ 23.060,60	R\$ 3.286,15	-R\$ 23.103,85
2	R\$ 3.329,40	-R\$ 19.731,20	R\$ 3.238,09	-R\$ 19.865,76
3	R\$ 3.329,40	-R\$ 16.401,80	R\$ 3.193,39	-R\$ 16.672,37
4	R\$ 3.329,40	-R\$ 13.072,40	R\$ 3.149,30	-R\$ 13.523,07
5	R\$ 3.329,40	-R\$ 9.743,00	R\$ 3.105,81	-R\$ 10.417,26
6	R\$ 3.329,40	-R\$ 6.413,60	R\$ 3.062,93	-R\$ 7.354,33
7	R\$ 3.329,40	-R\$ 3.084,20	R\$ 3.020,69	-R\$ 4.333,64
8	R\$ 3.329,40	R\$ 245,20	R\$ 2.978,94	-R\$ 1.354,70
9	R\$ 3.329,40	R\$ 3.574,60	R\$ 2.937,81	R\$ 1.583,11
10	R\$ 3.329,40	R\$ 6.904,00	R\$ 2.897,25	R\$ 4.480,36
11	R\$ 3.329,40	R\$ 10.233,40	R\$ 2.857,25	R\$ 7.337,61
12	R\$ 3.329,40	R\$ 13.562,80	R\$ 2.817,80	R\$ 10.155,41
13	R\$ 3.329,40	R\$ 16.892,20	R\$ 2.778,89	R\$ 12.934,30
14	R\$ 3.329,40	R\$ 20.221,60	R\$ 2.740,53	R\$ 15.674,83
15	R\$ 3.329,40	R\$ 23.551,00	R\$ 2.702,69	R\$ 18.377,52
16	R\$ 3.329,40	R\$ 26.880,40	R\$ 2.665,37	R\$ 21.042,89
17	R\$ 3.329,40	R\$ 30.209,80	R\$ 2.628,57	R\$ 23.671,46
18	R\$ 3.329,40	R\$ 33.539,20	R\$ 2.592,28	R\$ 26.263,74
19	R\$ 3.329,40	R\$ 36.868,60	R\$ 2.556,49	R\$ 28.820,23
20	R\$ 3.329,40	R\$ 40.198,00	R\$ 2.521,19	R\$ 31.341,42

Tabela 16 - *Payback* descontado para residência convencional de até 150 m/2

(conclusão)

Tempo de vida útil	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
21	R\$ 3.329,40	R\$ 43.527,40	R\$ 2.486,38	R\$ 33.827,80
22	R\$ 3.329,40	R\$ 46.856,80	R\$ 2.452,05	R\$ 36.279,85
23	R\$ 3.329,40	R\$ 50.186,20	R\$ 2.418,20	R\$ 38.698,05
24	R\$ 3.329,40	R\$ 53.515,60	R\$ 2.384,81	R\$ 41.082,86
25	R\$ 3.329,40	R\$ 56.845,00	R\$ 2.351,89	R\$ 43.434,75

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 16 é possível extrair o *payback* para residências convencionais de até cento e cinquenta metros quadrados, o que ocorre após 8,46 anos, ou seja, o retorno do investimento, para este porte de residência, necessita de aproximadamente 8 anos e meio.

A seguir, na Tabela 17, foram analisados os consumos mensais de uma residência, com área de 300 (trezentos) metros quadrados.

Tabela 17 - Consumo de energia elétrica no período de um ano

Mês	Consumo Mensal de Energia Elétrica Convencional
Julho/2020	822
Junho/2020	686
Maior/2020	636
Abril/2020	641
Março/2020	588
Fevereiro/2020	650
Janeiro/2020	580
Dezembro/2019	673
Novembro/2019	640
Outubro/2019	600
Setembro/2019	703
Agosto/2019	730
Total anual do consumo	7.949 kW/h
Média mensal de consumo	662,42 kW/h

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para chegar ao consumo anual de uma residência, soma-se o consumo de cada mês no período de um ano, neste caso chegamos a um consumo anual de 7.949 kW/h., após dividimos o consumo pela produção anual de uma placa fotovoltaica, chegando ao resultado de unidades necessárias para suprir o consumo, de acordo com a Tabela 18.

Tabela 18 - Cálculo quantidade de placas necessária para suprir o consumo de energia

Discriminação do cálculo	Valores
Consumo de energia durante um ano	7.949 kW/h
Produção de energia por unidade de placa de energia fotovoltaica	442,42380 kW/h
Quantidade necessárias de placas fotovoltaicas	17,97 Unidades

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 18, dividimos o consumo anual de 7.949 kW/h de energia pela capacidade de produção de uma placa fotovoltaica, chegando a quantidade de placas fotovoltaicas necessárias para suprir a demanda de consumo.

Tabela 19 - Cálculo do valor gasto em energia elétrica convencional no período de um ano

Discriminação do cálculo	Valores
Consumo Anual de Energia Elétrica	7.949 kW/h

Valor do kW/h	R\$ 0,62
Valor Total Gasto em Energia Convencional	R\$ 4.928,38

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 19, aplicando a um consumo anual um total 7.949 kW/h, o valor gasto com energia convencional, sem levar em consideração tributos, taxas e adicionais, chegaria a R\$ 4.928,38.

Tabela 20 - Cálculo do valor do investimento na aquisição do equipamento

Discriminação do cálculo	Valores
Valor da placa de energia fotovoltaica	R\$ 800
Valor da instalação por unidade	R\$ 335
Valor da estrutura por unidade	R\$ 895
Quantidade de placas necessárias para uma metragem de 50m/2	18
Valor do investimento do equipamento	R\$ 36.450,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 20, considerando o valor de aquisição de R\$ 800,00 por unidade de placa fotovoltaica, e o valor de instalação de R\$ 335,00 por unidade, chega-se ao valor do investimento inicial de R\$ 36.450,00.

Tabela 21 - Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

Discriminação do cálculo	Valores
Valor do investimento inicial	R\$ 36.450,00
Fluxo de Caixa Futuro anual	R\$ 4.928,38
Tempo de vida útil	25
Taxa Mínima de atratividade (TMA)	1,40%
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 66.904,92

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Nas Tabela 21 e 22, considerando o investimento inicial de R\$ 36.450,00, o tempo de vida útil de 25 anos com 100% de aproveitamento do equipamento, com um fluxo de caixa anual de R\$ 4.928,38, e uma taxa mínima de atratividade de 1,40% ao ano, o valor presente líquido é de R\$ 66.904,92. Isso significa que, ao final de 25 anos, o investimento inicial se transformará em R\$ 66.904,92, e que diminuindo o investimento inicial economia é de R\$ 30.454,92 em Energia Elétrica. O *payback*, neste caso, ocorre após o decurso de 7,86 anos.

Tabela 22 - *Payback* descontado para residências convencionais até 300 m/2

(continua)

Tempo de vida útil	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
0	-R\$ 36.450,00	-R\$ 36.450,00	-R\$ 36.450,00	-R\$ 36.450,00
1	R\$ 4.928,38	-R\$ 31.521,62	R\$ 4.860,34	-R\$ 31.589,66
2	R\$ 4.928,38	-R\$ 26.593,24	R\$ 4.793,23	-R\$ 26.796,43
3	R\$ 4.928,38	-R\$ 21.664,86	R\$ 4.727,05	-R\$ 22.069,38
4	R\$ 4.928,38	-R\$ 16.736,48	R\$ 4.661,79	-R\$ 17.407,60
5	R\$ 4.928,38	-R\$ 11.808,10	R\$ 4.597,42	-R\$ 12.810,17
6	R\$ 4.928,38	-R\$ 6.879,72	R\$ 4.533,95	-R\$ 8.276,23
7	R\$ 4.928,38	-R\$ 1.951,34	R\$ 4.471,35	-R\$ 3.804,88

Tabela 22 - *Payback* descontado para residências convencionais até 300 m/2

(conclusão)

Tempo de vida útil	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
8	R\$ 4.928,38	R\$ 2.977,04	R\$ 4.409,61	R\$ 604,73
9	R\$ 4.928,38	R\$ 7.905,42	R\$ 4.348,73	R\$ 4.953,47
10	R\$ 4.928,38	R\$ 12.833,80	R\$ 4.288,69	R\$ 9.242,16
11	R\$ 4.928,38	R\$ 17.762,18	R\$ 4.229,47	R\$ 13.471,63
12	R\$ 4.928,38	R\$ 22.690,56	R\$ 4.171,08	R\$ 17.642,71
13	R\$ 4.928,38	R\$ 27.618,94	R\$ 4.113,49	R\$ 21.756,20
14	R\$ 4.928,38	R\$ 32.547,32	R\$ 4.056,70	R\$ 25.812,90
15	R\$ 4.928,38	R\$ 37.475,70	R\$ 4.000,69	R\$ 29.813,59
16	R\$ 4.928,38	R\$ 42.404,08	R\$ 3.945,53	R\$ 33.759,12
17	R\$ 4.928,38	R\$ 47.332,46	R\$ 3.890,98	R\$ 37.650,10
18	R\$ 4.928,38	R\$ 52.260,84	R\$ 3.837,26	R\$ 41.487,36
19	R\$ 4.928,38	R\$ 57.189,22	R\$ 3.784,28	R\$ 45.271,64
20	R\$ 4.928,38	R\$ 62.117,60	R\$ 3.732,03	R\$ 49.003,67
21	R\$ 4.928,38	R\$ 67.045,98	R\$ 3.680,50	R\$ 52.684,17
22	R\$ 4.928,38	R\$ 71.974,36	R\$ 3.629,69	R\$ 56.313,86
23	R\$ 4.928,38	R\$ 76.902,74	R\$ 3.579,57	R\$ 59.893,43
24	R\$ 4.928,38	R\$ 81.831,12	R\$ 3.530,15	R\$ 63.423,58
25	R\$ 4.928,38	R\$ 86.759,50	R\$ 3.481,41	R\$ 66.904,99

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade econômico-financeira na instalação de placas solares, considerando as variáveis (i) volume de investimentos, (ii) consumo de energia e (iii) economicidade gerada, uma vez que este tema é cada vez mais relevante, dado o crescimento da energia solar como alternativa de energia sustentável.

Por meio da coleta e interpretação de dados de consumo de energia elétrica em residências convencionais de 50 metros quadrados, 150 metros quadrados e 300 metros quadrados, foi possível demonstrar os respectivos investimentos iniciais necessários, o tempo de retorno sobre o investimento inicial e a economia prevista ao decorrer do tempo de vida útil do equipamento, que se estima em 25 anos, podendo facilitar a tomada de decisão dos investidores em painéis de energia solar fotovoltaica.

O estudo evidenciou que em residências de 50 (cinquenta) metros quadrados são necessários 6 painéis de energia solar para suprir o consumo de energia da residência, seu investimento inicial previsto é de R\$ 12.180,00, o tempo de retorno sobre o mesmo ocorre aos 8,12 anos, ou seja, logo após o decurso de 8 anos, e seu rendimento total no decorrer de 25 anos é de R\$ 9.138,68. Para residências de 150 (cento e cinquenta) metros quadrados, são necessários 13 painéis de energia solar para suprir o consumo de energia, o investimento inicial previsto é de R\$ 26.390,00, o retorno sobre o capital investido ocorre em 8,46 anos, ou seja, próximo aos 8 anos e meio, e seu rendimento total no decorrer de 25 anos será de R\$ 17.042,11. Em residências de 300 metros quadrados, são necessários 18 painéis de energia solar, o investimento inicial previsto é de R\$ 36.450,00, o retorno sobre o capital investido acontece aos 7,86 anos, ou seja, próximo dos 8 anos, e seu rendimento total no decorrer de 25 anos chega a R\$ 30.454,92.

Fica evidente, através do estudo, que o menor tempo de retorno sobre o capital investido e o maior rendimento total, sobre o investimento inicial ocorre na residência convencional de 300 (trezentos) metros quadrados.

A seguir, a Tabela 23 resume os dados com maior clareza.

Tabela 23 – Tabela comparativa do desempenho das placas fotovoltaicas

Porte da Residência	Quantidade de Placas	Investimento inicial	Prazo de Retorno	Valor Presente Líquido
50m/2	6	R\$ 12.180,00	8,12 anos	R\$ 21.318,68
150m/2	13	R\$ 26.390,00	8,46 anos	R\$ 43.432,11
300m/2	18	R\$ 36.450,00	7,86 anos	R\$ 66.904,92

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Estudos futuros poderão dar conta da análise econômico-financeira dos investimentos em energia solar pelo sistema fotovoltaico em indústrias, comércios, atividades agrícolas e equipamentos instalados em solo, além de energia solar fotovoltaica para residências rurais, multiresidências, indústrias de pequeno, médio e grande porte, produção leiteira, grandes projetos que necessitam da instalação em solo e também para possíveis investimentos necessários após os 25 anos de vida útil do equipamento, para suprir a perda de produção de 20% do equipamento.

REFERÊNCIAS

BLUESOL, Energia Solar. **Resolução 482 da ANEEL**: 3 principais pontos comentados. 2016. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guia-completo/>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

CPFL Energia. Valor da energia elétrica convencional. Disponível em: <<https://servicosonline.cpfl.com.br>>. Acesso em: 25 ag. 2020

CRESESB/CEPEL. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) / Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL)**. 2020. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 21 ag. 2020

DASSI, Jonatan Antonio, [et al.]. 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, PR. 11-13 nov. 2015. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3924/3925>>. Acesso em: 04 abr. 2020

DIDONÉ, Evelise Leite; WAGNER, Andreas; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 27-42, jul./set. 2014. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/40312/31613>>. Acesso em: 29 mar. 2020.

DUSOL – Energia Sustentável. **Por que o mercado de energia solar é promissor para o Brasil em 2019?** 13 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.dusolengenharia.com.br/post/mercado-de-energia-solar-brasil-em-2019/>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

GITMAN, Lawrence J.. **Princípios da administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRANJA, Rafael Pereira. **Análise de viabilidade econômica de implantação de uma aquaponia no município de Santa Cruz das Palmeiras – SP.** 2018. 77 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências). Pós-graduação em Gestão e Inovação na Indústria Animal. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74134/tde-25042019-163035/pt-br.php>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

GUIMARÃES, Daiane Costa. **O impacto da aplicabilidade de tecnologia de placa fotovoltaica voltada para residência familiar usando prospecção tecnológica.** 2016. 79 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência da Propriedade Intelectual) - Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual. Universidade Federal de Sergipe – UFS. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3431/1/DAIANE_COSTA_GUIMARAES.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2020.

IST, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. **Breve história da energia solar.** 2004. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>> Acesso em: 20 mar. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa e elaboração, análise e interpretação de dados.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MELIN, Monise Fernanda Maciel; CAMIOTO, Flávia de Castro. A importância de incentivos governamentais para aumentar o uso de energia solar. In: **Revista GEPROS Gestão da Produção, Operações e Sistemas.** v. 14, nº 5, p. 89-108, 2019. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/2416/pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2020.

NETO, Alexandre Assaf. **Finanças corporativas e valor.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

O GLOBO. Hidrelétricas perderão espaço na geração de energia para solar e eólica. In: **Revista Exame.** 11 fev. 2020. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/hidretricas-perderao-espaco-na-geracao-de-energia-para-solar-e-eolica/>> Acesso em: 14 mar. 2020.

PADOVEZE, Clóvisis Luís. **Controladoria estratégica e operacional.** 2. ed. Lúgia Cantarelli, 2009.

PORTAL SOLAR. **Perda média estimada na captação de energia solar.** 2020. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em: 02 set. 2020

POSSETI, Luiz Fernando. **Análise de viabilidade econômica e financeira no ramo de queijos para inserção de novos produtos.** 2019. 93 f. Dissertação. (Mestrado em Administração). Universidade Estadual Paulista – UNESP. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/183510/possetti_lf_me_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 26 abr. 2020.

RABUSKE, Rodrigo; [et. al.]. Análise da viabilidade para implantação de energia fotovoltaica com utilização para sombreamento de estacionamento. **Revista do CEPE.**

Santa Cruz do Sul, n. 47, p. 36-48, jan./jun. 2018. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/cepe/issue/view/568>> Acesso em: 29 abr. 2020.

ROESCH, Sylvia maria Azevedo. **Projetos de estágios de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

ROSS, Stephen A; WESTERFIELD, Randolph W.; JAFFE, Jeffrey F. **Administração financeira.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, Ísis Portolan dos. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista.** 2009. 110 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Disponível em: <<http://fotovoltaica.ufsc.br/Dissertacoes/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20final-Isis.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

SOLARVOLT. **A energia solar é sustentável?** 2020. Disponível em: <<https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/a-energia-solar-e-sustentavel/>> Acesso em: 14 mar. 2020.

TECLUZ, Engenharia. **Sistema de geração de energia solar fotovoltaica.** Disponível em: <<http://www.tecluz.com.br/energia-solar>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: Planejamento e método.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.