

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA NA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS AT INSTALLATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR ELECTRICITY GENERATION

Alexandre Roberto Deboni¹
Juarez Buriol²

RESUMO

O antagonismo existente entre a o aumento contínuo da demanda por energia e a constante escassez de oferta, cria o cenário ideal para o desenvolvimento e o acesso a outras fontes energéticas antes pouco difundidas. Na busca por novas fontes alternativas, a energia solar fotovoltaica surge como uma excelente opção, pois é abundante, renovável e limpa, tornando-se uma ótima fonte de energia complementar, inclusive para o setor primário, que sofre com o reflexo nos custos de produção. Este artigo visa difundir o desenvolvimento da geração de energia através da conversão direta da luz solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico e apresentar sua viabilidade econômica através de análises de projetos de investimentos. Com o propósito de auxiliar a tomada de decisão, empregamos métodos que permitem, a partir de um investimento inicial, encontrar os retornos futuros com a economia gerada. A fim de possibilitar melhor planejamento orçamentário e previsibilidade das despesas, aplicamos os indicadores do valor presente líquido, da taxa interna de retorno e do prazo de retorno do investimento, que em conjunto, demonstram a redução dos custos de produção com a economia gerada com a matriz energética proposta.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica, Viabilidade Econômica, VPL, TIR, *Payback*.

ABSTRACT

The antagonism that exists between the continuous increase in energy demand and the constant shortage of supply creates the ideal scenario for the development and access to other sources of energy that have not been widespread before. In the search for new alternative sources, photovoltaic solar energy is an excellent option because it is abundant, renewable and clean, making it a great source of complementary energy, even for the primary sector, which suffers or reflects on production costs. This paper aims to disseminate the development of electricity generation through the direct conversion of sunlight into electricity through the photovoltaic effect and presenting its economic viability through investment project studies. For the purpose of assisting decision making, we employ methods that allow, from an initial investment, to find future returns with the savings generated. In order to enable better budget planning and predictability of expenditures, we apply the indicators of net present value, internal rate of return and return on investment, that together, demonstrate the reduction of production costs with the savings generated by the energy matrix proposal.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy, Economic Feasibility, NPV, IRR, *Payback*.

¹ Acadêmico do curso de Pós Graduação em Gestão Estratégica de Finanças – MBA, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, Departamento de Ciências Sociais Aplicadas. aledeboni@yahoo.com.br

² Mestre em Engenharia da Produção pela UFSM; Diplomado em Estudos Avançados de Economia Aplicada (UCA - Espanha); Especialista em Gestão da Qualidade (UNISINOS); Bacharel em Ciências Contábeis (UFSM); Professor de graduação e pós-graduação; conselheiro de administração. e-mail: buriol@terra.com.br

1. INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica se resume na conversão de energia solar em elétrica. Consiste num sistema de células fotovoltaicas que captam a energia solar e a transforma em eletricidade. Composto basicamente por painéis de captação da radiação solar e por um inversor, responsável pela conversão da energia solar em eletricidade, transformando corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), para consumo ou injeção na rede elétrica.

A eletricidade gerada através do sistema fotovoltaico é dependente das variações climáticas e consequentemente, do tempo de incidência solar, podendo resultar em geração inferior à demanda, notadamente em períodos noturnos. Conforme a Resolução Normativa nº 482, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de 17 de abril de 2012, após revista e publicada a Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015, permite as empresas utilizarem energias renováveis ligadas à rede de distribuição, com o objetivo de ceder à rede o excedente produzido de eletricidade, e se utilizar desta, em créditos futuros, sempre que o sistema não gerar energia suficiente para suprir a demanda, despertando interesse dos consumidores por esta tecnologia.

Com os recorrentes problemas enfrentados nos últimos anos no setor energético, e principalmente, o aumento constante do consumo de energia elétrica, a energia fotovoltaica se torna uma promissora fonte complementar de geração de eletricidade, impulsionando uma solução à demanda do setor primário, tanto agrícola quanto industrial, proporcionando previsibilidade na redução de custos de produção, resultando em maior vantagem competitiva no mercado e promovendo crescimento mais sustentável frente às atuais matrizes energéticas, como os combustíveis fósseis e as usinas hidroelétricas, de forte impacto ambiental (ABSOLAR, 2015, p. 1).

A viabilidade econômica da implantação e do uso de energia fotovoltaica tem vital importância para o futuro da sociedade e seu comprometimento com o planeta. Desde a década de 50, com os primeiros experimentos e publicações, até a atualidade, a energia renovável é assunto diário.

Nesse contexto, o presente estudo tem o objetivo de abordar quanto um sistema fotovoltaico pode se tornar uma fonte de energia elétrica alternativa e sustentável frente à demanda por eletricidade através de métodos analíticos para avaliação de investimentos. Indicadores como o valor presente líquido, taxa interna de retorno e o *payback* são analisados para dar suporte à tomada de decisões para alocação de recursos no projeto proposto.

2. O RECURSO SOLAR

Em 1954, nos Estados Unidos, colaboradores do *Bell Laboratory*, publicaram o primeiro artigo sobre células solares de silício, registrando a patente de uma célula com eficiência de 4,5% (BRITO *et al.*, 2006). A energia fotovoltaica é gerada como fonte alternativa de eletricidade desde 1959, com uma redução do preço das células solares na faixa de 1000% nos dias atuais. A energia produzida através de painéis de captação solar pode trazer um custo-benefício atrativo com o desenvolvimento da tecnologia. Tudo indica que não existem obstáculos técnicos para disseminação do uso desta alternativa, contudo, a inserção no mercado vai depender da redução dos custos de produção e da eficiência das células, viabilizando economicamente a instalação de um sistema fotovoltaico.

Existem questionamentos quanto à eficiência de geração de energia em dias nublados com baixa radiação solar, diminuindo a capacidade de geração do sistema fotovoltaico e comprometendo seu fornecimento. A implantação do sistema deve estar ligada à rede de distribuição como um sistema complementar para desta se utilizar em períodos que não é gerado energia suficiente para o consumo. Contudo, existem aplicações capazes do aumento da eficiência da produção de energia solar em situações ambientais desfavoráveis, como é o caso da tecnologia fotovoltaica na usina egípcia *Kuraymot*, que produz energia até mesmo durante a noite (RUETHER, 2012).

De toda forma, não há argumento limitador para utilização do sistema fotovoltaico, pois é proveniente de matéria-prima gratuita e abundante no território brasileiro, já que o sol aparece em média 280 dias por ano. Ademais, é uma fonte limpa, pois o processo de geração de energia não produz resíduos e nem libera calor residual, mantendo o equilíbrio da biosfera, não provocando poluição e colaborando para redução do efeito estufa (BRAGA, 2008 *apud* CABRAL, 2012, p. 9).

Atualmente, a necessidade de preservação do meio ambiente e a sustentabilidade na geração de energia, tem provocado um declínio tanto o emprego de combustíveis fósseis quanto de usinas hidroelétrica, permitindo a inclusão de fontes de energia alternativas. No Brasil, a partir de incentivos, mesmo que tímidos, o uso de fontes renováveis como matriz elétrica tem ganho espaço, exemplos de geração de energia através de biomassa, eólica e solar, devido ao menor impacto ambiental que ocasionam. Já a Alemanha produz grande parte da sua energia por meio de painéis fotovoltaicos e seu plano energético de longo prazo é abandonar todas as fontes energéticas poluentes até 2022 (ENOVA SOLAR, 2016 *apud* LANGOSKI, 2017).

O Brasil, por sua vez, com políticas ambientais mais severas visando a preservação dos recursos naturais e a escassez de fontes que antes pareciam inesgotáveis, impulsionam o desenvolvimento de técnicas e soluções à crise hídrica pela qual padece. Neste contexto, fontes alternativas de geração de eletricidade estão em desenvolvimento, notadamente a eólica, porém restrita a áreas com características específicas para sua implantação, e a fotovoltaica, de implantação muito mais abrangente devido à alta ocorrência de radiação solar no vasto território brasileiro.

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2015, a matriz energética brasileira se caracteriza como de origem predominantemente renovável, representando 74,6% do total da oferta interna de eletricidade, sendo expressiva a participação da fonte proveniente de hidroelétricas, correspondente a 65,2%. Contudo, a energia solar ainda não possui representatividade, devido ao custo de geração desse tipo de energia se comparado a de outras fontes (REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2016, p. 269).

Como comparativo, mesmo o Brasil tendo alcançado a geração de 1,84 GWp³ de potência fotovoltaica (COLAFERRO, 2018) representar um crescimento exponencial nos últimos anos, está muito abaixo da potência instalada em países da Europa, com uma capacidade instalada para geração de energia fotovoltaica na ordem de 119,3 GWp, principalmente a Alemanha, que possui uma capacidade de 45,9 GWp, dos Estados Unidos, na ordem dos 49,6 GWp, do Japão, de 55,5 GWp ou da Índia, de 26,8 GWp, muito aquém do potencial existente no país, já que possui uma média anual diária de irradiação solar, no mínimo, superior aos países europeus (FONTES, 2019).

A nível mundial, o crescimento na produção de células fotovoltaicas tem reduzido os preços de implantação do sistema devido a programas de incentivos para ampliação da geração de energia com fontes renováveis. No Brasil, o Ministério de Minas e Energia (MME) e algumas Universidades tem dado apoio tecnológico e financeiro para execução de projetos de aproveitamento de energia solar. Esses projetos recebem suporte de organizações internacionais, como da Agência de Cooperação Alemã (GIZ) e do laboratório de Energia Renovável dos Estados Unidos (*National Renewable Energy Laboratory*) (BRAGA, 2008 *apud* CABRAL, 2012, p. 10).

³ GWp é a unidade de medida utilizada para painéis fotovoltaicos e significa a potência máxima em 10⁹ fornecida por um painel em condições ideais. ANEEL, 2016.

O setor público possui vital importância na questão de viabilizar investimentos em infraestrutura e apoio ao setor privado, estabelecendo diretrizes e regulamentação de projetos. Para que haja desenvolvimento, é relevante diversificar a matriz energética para garantir qualidade e confiabilidade no fornecimento de eletricidade, pois este setor é estratégico para o desenvolvimento do país e indispensável para a atividade econômica (CHANG, 2003 *apud* CADERNOS EBAPE.BR, 2016, p. 3).

A energia solar está na agenda de discussão da política industrial, no âmbito do Plano Brasil Maior⁴ (PBM), em conjunto com outras fontes energéticas como o biocombustível e a energia eólica.

Contudo, a geração fotovoltaica não consta no planejamento energético do Ministério de Minas e Energia, o que significa que não há sinalização de leilões para esta fonte energética a curto e médio prazo. Por parte do Governo, é uma percepção que a energia solar não seria competitiva frente as outras fontes renováveis para projetos em grande escala (ESPOSITO, 2013).

3. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

No Brasil, desde 2015, funciona um modelo de cobrança da energia elétrica, chamado Sistema de Bandeiras Tarifárias, que consiste no aumento do custo por quilowatt-hora (kWh) de acordo com os custos para geração e distribuição de energia ao consumidor. Este sistema foi adotado por consequência da diminuição do volume pluviométrico e a crise hídrica brasileira se repetindo ao longo dos anos. Com a diminuição da incidência de chuvas, baixa o nível da água dos reservatórios e se reduz a produção de energia nas hidroelétricas, responsável por 65,2% da geração de energia no Brasil, mas não suficiente para atender, com segurança, à demanda, fazendo que seja produzido o excedente necessário de energia em usinas termelétricas, onde o custo de produção é maior (RAUSCHMAYER, 2014).

Contudo, a diferença do custo do kWh da energia elétrica gerada nas hidroelétricas é substancialmente superior ao custo da energia gerada pelo sistema fotovoltaico, sem considerar a influência das bandeiras tarifárias. Enquanto o custo da geração de energia da fonte hidroelétrica possui uma tarifa média no país de R\$ 0,564/kWh (ANEEL, 2019), valor

⁴ Plano Brasil Maior é um programa do Governo Federal lançado em 02 de agosto de 2011, com o objetivo aumentar a competitividade da indústria nacional, sob o lema “Inovar para Competir. Competir para Crescer”. O programa promove uma nova política industrial, tecnológica, de serviços e de comércio exterior, com medidas de desoneração, através de incentivos fiscais e linhas de crédito subsidiadas, como forma de promoção da inovação. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2011.

considerado sem a incidência da cobrança de tributos de Imposto sobre circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e Programas de Integração Social/Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (PIS/COFINS), o custo da energia fotovoltaica pode chegar a R\$ 0,13/kWh (ANAP Brasil, 2015), contando com isenção dos impostos concedidos na maioria dos Estados brasileiros, caso do Rio Grande do Sul (RS).

A dúvida existente no meio empresarial, não é tanto a sua aplicabilidade, mas quanto aos custos de implantação, que vão depender do investimento necessário para o tamanho da demanda da empresa e da complexidade do projeto, ainda pouco difundido no país.

A tomada de decisão para a captação e a alocação de recursos é de extrema importância para as empresas, tanto no conhecimento de mercado quanto no retorno de investimentos, visto que os recursos são escassos e a realidade operacional dependem do que a administração financeira se propõe apoiar (ASSAF NETO, 1992, p. 11).

Segundo a ABSOLAR (2015), os custos na implantação de um sistema fotovoltaico não representam gastos, pois com o correto dimensionamento, torna-se possível obter o retorno do investimento num prazo relativamente curto se comparado com a vida útil do sistema, de aproximadamente 25 anos, gerando uma economia mensal cumulativa ao longo do tempo, sendo adequado a qualquer empreendimento que procure redução de custos, tornando-se um investimento assertivo para qualquer negócio.

4. MÉTODOS DE ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTOS

Investimentos realizados pelas empresas trazem uma parcela de riscos, incertezas e variabilidades dos retornos associados a um projeto que pode definir sucessos ou fracassos. Poder mensurar a viabilidade econômica e o retorno de um investimento tem vital importância num cenário altamente competitivo, levando as empresas à necessidade de adaptação e busca por estratégias que as mantenham no mercado de forma a agregar valor.

O gerenciamento adequado de projetos de investimentos é fundamental para a concretização das estratégias organizacionais. Compreendendo o que é mais importante para uma organização, é possível definir estratégias, objetivos e metas; e, a partir disso, especificar os projetos necessários para a obtenção dos resultados estabelecidos. (PHILLIPS, 2018, p. 9).

Todo investimento financeiro é motivado por um retorno futuro, porém, sem garantia no mundo dos negócios. Atualmente, o mercado exige decisões frequentes sobre novos investimentos, seja na manutenção, inserção ou necessidade de renovação tecnológica, para se manter em um mercado cada vez mais competitivo. Contudo, existem vantagens e desvantagens na utilização de técnicas de análise de projetos de investimentos. Na perspectiva do retorno financeiro, é fundamental a aplicação de instrumentos de avaliação, entre tantos, os indicadores de retorno sobre o investimento, do *payback* e do valor presente líquido, que contribuem na tomada de decisão, visto que a maioria das empresas não possuem postura estratégica sobre a área financeira e contábil de seus ativos e de suas obrigações (TORRES, 2013).

Um projeto de investimento para aquisição, contratação ou qualquer outra ação que não estiver contribuindo para o aumento de receita ou redução de custos, não estará na direção dos objetivos de geração de lucro das empresas. No mundo corporativo, muito gira em torno do retorno do investimento, que representa o lucro ou o prejuízo obtido após um determinado investimento (DE PAULA, 2016, p. 1).

Ainda na década de 20, a *Harvard Business Review* relatou que o retorno sobre o investimento era uma ferramenta emergente para descobrir o valor dos resultados com investimentos de capital. Isso reflete na crescente demanda por evidências de retornos positivos sobre os investimentos em todos os tipos de projetos. Hoje em dia, os clientes, principalmente aqueles que financiam o projeto, demandam dados críticos de avaliação e métodos de análise que se tornam ferramentas para comunicar o impacto econômico de um projeto, uma iniciativa, uma solução ou um novo evento na organização (PHILLIPS, 2018, p. 9).

As principais métricas de análise de investimentos se baseiam no conceito de fluxo de caixa, o qual tem diferença em relação ao conceito de lucro, que é um conceito contábil. Das mais simples às mais sofisticadas, destacam-se as análises do valor presente líquido (VPL), da taxa interna de retorno (TIR) e do prazo de retorno do investimento (*payback*), sendo as mais utilizadas e disseminadas no cenário econômico.

4.1. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O valor presente líquido é a ferramenta mais utilizada no meio empresarial para análise de investimentos. Definida como o somatório do valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas, sendo descontado o fluxo de caixa a uma determinada taxa pré-definida na

avaliação do investimento. Essa taxa, chamada de taxa de desconto, é o retorno mínimo esperado para que o projeto seja aceito.

Uma avaliação pelo método do Valor Presente Líquido possui fatores de ponderação como as compensações do fluxo de caixa, benefícios futuros e valores finais em termos de valor presente equivalente. Essa avaliação permite que os responsáveis pela tomada de decisões quantifiquem a liquidez do saldo, determinando a natureza das compensações econômicas e financeiras envolvidas (HELFERT, 2000 *apud* TORRES, 2013, p. 88).

Trata-se da atualização dos valores projetados no futuro para o presente. Sobre o Fluxo Econômico anual projetado aplica-se uma taxa de atualização (desconto) equivalente a remuneração do capital investido, correspondente ao custo de oportunidade do capital.

Na utilização de análise pelo método do VPL deve-se considerar circunstâncias internas e externas no momento da aplicação do indicador. Segundo Bhandari (2009), o método se baseia no pressuposto de mercados perfeitos e eficientes, de segurança de vida do projeto, sem capital de racionamento, e que a maioria destes pressupostos não são verdade na prática (*apud* COLPO *et al.*, 2016, p. 4). Já Santos (2012), defende os métodos de análise de investimento quando argumenta que, apesar de haver determinado grau de subjetividade, eles minimizam o risco existente nos projetos de investimento. Desta forma, os gestores podem aplicar os métodos para auxiliar na tomada de decisão e tentar, até certo ponto, controlar os riscos (*apud* COLPO *et al.*, 2016, p. 4).

4.2. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A taxa interna de retorno de um projeto considera o valor dos investimentos no tempo, que demonstra quanto pode render um projeto de investimento considerando a mesma periodicidade dos fluxos de caixa de um projeto, resultando no percentual de rentabilidade deste projeto que está sendo analisado.

A TIR possui a vantagem de considerar o valor do dinheiro no tempo, levando em conta a vida útil dos projetos. Contudo, pode ocorrer de atrelar taxas sub ou superestimadas na avaliação, ou ainda, haver múltiplas taxas de retorno, dependendo do fluxo de caixa do projeto, não sendo recomendada em situações com fluxo de caixa não convencional (PRATES, 2017, p. 1).

O resultado da taxa de interna de retorno irá representar a rentabilidade de um projeto e ao compará-lo com uma taxa mínima de atratividade, que podem ser as taxas pagas em aplicações financeiras, taxa SELIC⁵, atrelado ao dólar ou qualquer outro índice definido pelo investidor, vai representar o percentual mínimo de retorno que o projeto deve gerar para ser viável economicamente e aceito pelo tomador de decisão.

4.3. PRAZO DE RETORNO DO INVESTIMENTO (*PAYBACK*) DESCONTADO

O método do *Payback* é utilizado para analisar a atratividade dos investimentos. Representa o período para recuperação do investimento inicial, calculando o prazo necessário para que os fluxos de caixa futuro acumulados igualem o montante do investimento proposto com o projeto (SANCHEZ, 2015).

O período para recuperação do investimento é um indicador relevante para muitas administrações financeiras, porque o retorno rápido do capital investido é perseguido por muitas empresas. Na utilização de recursos próprios, antes estarão disponíveis para reinvestir em novos projetos, ou ainda, alavancar o capital de giro da empresa com menor capital imobilizado; e na necessidade de recursos de terceiros, menor será incidência de juros sobre o capital inicial, melhorando a relação do *payback*.

Para melhor avaliação e definição do projeto, recomenda-se o método do *payback* descontado, semelhante ao *payback* simples, mas com o adicional de usar uma taxa de desconto antes de proceder à soma dos fluxos de caixa. Essa taxa é denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Neste método, todos os fluxos de caixa futuro são descontados por esta taxa em relação ao período ao qual o fluxo está atrelado (PRATES, 2017, p. 4).

Como o retorno também depende de fatores como a tarifa da energia elétrica da cidade, o índice de irradiação do local e conseqüentemente o tamanho do sistema a ser instalado, cada caso precisa ser avaliado individualmente, podendo variar bastante, mesmo o *payback* de projetos semelhantes, porém instalados em locais diferentes.

⁵ A Selic é a taxa básica de juros da economia. É o principal instrumento de política monetária utilizado pelo Banco Central para controlar a inflação. Ela influencia todas as taxas de juros do país, como as taxas de juros dos empréstimos, dos financiamentos e das aplicações financeiras. A taxa Selic refere-se à taxa de juros apurada nas operações de empréstimos de um dia entre as instituições financeiras que utilizam títulos públicos federais como garantia. BANCO CENTRAL

5. METODOLOGIA E CONCLUSÕES

Através da análise da fatura de energia elétrica de uma empresa de pequeno porte, do setor industrial, localizada na cidade de Erechim-RS⁶, com classificação de consumo elétrico “Convencional B3 Industrial - Trifásico 220/127V, obteve-se o histórico de consumo de energia elétrica e respectivos custos para a avaliação da viabilidade econômica na instalação de um sistema fotovoltaico.

A partir destes valores, foi realizado orçamento para implantação do sistema com dois fornecedores: Delfos Energia Solar e Philippsen Climatização e Energia, ambos sediados na cidade de Erechim-RS, sob responsabilidade de profissionais registrados no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), capacitados para o desenvolvimento de projetos com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) –, adotando a orientação (norte) e a inclinação (23°) indicada para a instalação de placas de 340W, para melhor captação da radiação solar, projeta-se a potência do sistema e a quantidade de placas solares necessárias para suprir a demanda por eletricidade.

Tabela 1: Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Mês	Histórico de consumo de energia (kWh)	Tarifa da energia elétrica com tributos	Valor pago	Taxa Municipal do Serviço	Quantidade de placas solares	Potência do sistema (kWp)	Horas de Sol Pleno	Dias	Perda do sistema no meio ambiente	Geração de energia (kWh)
AGO	2.304	0,69	1.589,76	93,15	60	20,40	3,706	31	0,83	1.945
JUL	2.385	0,69	1.645,65	93,15	60	20,40	3,132	31	0,83	1.644
JUN	2.314	0,69	1.596,66	93,15	60	20,40	2,777	30	0,83	1.411
MAI	2.358	0,69	1.627,02	93,15	60	20,40	3,189	31	0,83	1.674
ABR	2.298	0,69	1.585,62	93,15	60	20,40	4,351	30	0,83	2.210
MAR	2.334	0,69	1.610,46	93,15	60	20,40	5,222	31	0,83	2.741
FEV	2.063	0,69	1.423,47	93,15	60	20,40	5,912	28	0,83	2.803
JAN	1.676	0,69	1.156,44	93,15	60	20,40	6,466	31	0,83	3.394
DEZ	2.301	0,69	1.587,69	93,15	60	20,40	6,769	31	0,83	3.553
NOV	2.191	0,69	1.511,79	93,15	60	20,40	6,500	30	0,83	3.302
OUT	2.481	0,69	1.711,89	93,15	60	20,40	4,989	31	0,83	2.619
SET	2.286	0,69	1.577,34	93,15	60	20,40	4,421	30	0,83	2.246
Total	26.991		18.623,79	1.117,80				365		29.541

Mediante tabela *Excel*, calculamos a capacidade do sistema proposto para geração de energia fotovoltaica (kWh), multiplicando a potência do sistema, o índice de irradiação solar

⁶ Erechim é um município do estado do Rio Grande do Sul. Considerada um centro sub-regional no país, é a cidade polo da região do Alto Uruguai gaúcho e a segunda cidade mais populosa do norte do Estado, com estimativa de 105.862 habitantes (IBGE, 2019). O município estava, em 2015, (censo IBGE) na 15ª posição do PIB no estado do Rio Grande do Sul.

da cidade⁷ (horas de sol pleno), o número de dias do referido mês e a perda sofrida em contato com o meio ambiente (admite-se 17%), ao longo dos últimos 12 meses de consumo apresentado pela empresa. Ao final, temos o resultado dos valores anuais de consumo, dos custos com energia elétrica e da capacidade de geração de energia do sistema, notadamente superior a demanda, inclusive, percebe-se geração de energia excedente.

Esta análise inicial da capacidade de geração de energia fotovoltaica visa possibilitar a análise principal do estudo, da viabilidade econômica na implantação do sistema para a definição da alocação de recursos, através dos indicadores de análise de projetos de investimentos, VPL, TIR e *payback*, já com o valor do investimento inicial advindo dos orçamentos anteriormente realizados.

Tabela 2: Custos, Receitas e Fluxo de caixa com a instalação do sistema fotovoltaico.

Ano	CUSTOS (R\$)					RECETAS (R\$)	FLUXO DE CAIXA (R\$)		
	Investimento inicial	Manutenção e substituição do Inversor	Manutenção e limpeza do sistema	Seguro	Tarifa dos Serviços da Distribuidora de Energia	Fatura da conta de energia	Saldo das Receitas (-) Custos	Descapitalizado	Payback descontado
0	-85.145,79								
1			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	15.544,17	-69.601,62
2			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	14.733,81	-54.867,82
3			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	13.965,69	-40.902,12
4			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	13.237,62	-27.664,50
5		-5.000,00	-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	11.399,09	8.721,84	-18.942,66
6			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	11.893,38	-7.049,29
7			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	11.273,34	4.224,05
8			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	10.685,63	14.909,69
9			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	10.128,56	25.038,25
10		-15.000,00	-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	1.399,09	819,07	25.857,32
11			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	9.100,03	34.957,35
12			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	8.625,62	43.582,97
13			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	8.175,94	51.758,91
14			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	7.749,71	59.508,62
15		-5.000,00	-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	11.399,09	5.106,03	64.614,66
16			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	6.962,75	71.577,40
17			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	6.599,76	78.177,16
18			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	6.255,70	84.432,85
19			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	5.929,57	90.362,42
20		-15.000,00	-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	1.399,09	479,51	90.841,93
21			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	5.327,44	96.169,37
22			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	5.049,70	101.219,07
23			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	4.786,45	106.005,52
24			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	4.536,92	110.542,44
25			-681,17	-425,73	-1.117,80	18.623,79	16.399,09	4.300,40	114.842,83

⁷ Disponível em www.atlassolarrrs.com.br/dados-de-irradiacao-solar

A tabela acima foi elaborada de forma a agrupar os custos para confrontar com as receitas, neste caso, a economia gerada na conta de luz, visto que toda a demanda é suprida com a geração fotovoltaica, permitindo lançar o fluxo de caixa propondo os cálculos dos indicadores já citados, ao longo do período de 25 anos, tempo de vida útil dos equipamentos que compõem o sistema.

Além do valor do investimento inicial para a implantação do sistema fotovoltaico, somam-se os custos ao longo do tempo, como:

- manutenção a cada 5 anos e substituição a cada 10 anos do inversor de energia;
- manutenção do sistema, principalmente limpeza, na ordem de 0,8% do valor total do investimento;
- contratação de seguro dos equipamentos na ordem de 0,5% do valor do investimento, durante todo o período considerado;
- tarifa de serviço da disponibilização da rede pela Distribuidora de Energia, no valor mensal de R\$ 93,15.

Como receita temos a economia gerada na conta de luz, com base no histórico dos últimos 12 meses, fruto da geração de energia fotovoltaica suficiente para suprir toda a demanda da empresa.

Para o cálculo dos indicadores de análise de projetos de investimentos foi determinado uma taxa de desconto equivalente a meta da taxa SELIC de 5,5% ao ano, definida pela Banco Central do Brasil (Bacen) através do Comitê de Política Monetária (Copom), visto que a inflação está na ordem de 3,44% ao ano.

Ainda, as fórmulas para os cálculos dos indicadores foram inseridas junto a Tabela 2, em Excel, representado pelas fórmulas do VPL:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} - Investimento\ Inicial$$

Onde:

FC = Fluxo de caixa

TMA = taxa mínima de atratividade ou taxa de desconto

j = período de cada fluxo de caixa

E para o cálculo da TIR, utilizamos a fórmula abaixo, somando cada entrada do fluxo de caixa e diminuindo o investimento inicial, para um VPL seja igual a zero:

$$\sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} - \text{Investimento inicial} = 0$$

Onde:

FC = Fluxos de caixa

i = período de cada investimento

n = período final do investimento

Para a análise do *payback* descontado, analisamos a tabela identificando o tempo correspondente a recuperação do investimento descontando os fluxos de caixas, momento em que deixa de ser negativo.

Entendido a metodologia da análise dos indicadores de avaliação propostos, chegamos aos resultados abaixo:

VPL = R\$ 114.842,83

TIR = 17,65% a.a.

***Payback* de 6,63 anos**

Desta forma, concluímos que o projeto de instalação do sistema fotovoltaico com potência de 20,40 kWp e uma capacidade de geração de energia de 29.541 kWh anual é suficiente para suprir a demanda por eletricidade da empresa e se torna viável economicamente, justificado pela economia gerada ao longo dos 25 anos de R\$ 114.842,83 (VPL) sobre o investimento realizado, considerando uma taxa de desconto de 5,5% a.a., correspondente a atual taxa SELIC, e confirmado pela taxa de retorno (TIR) de 17,65% a.a., superior a qualquer taxa paga em aplicações financeiras de baixo risco, além do prazo de retorno deste investimento ser de 6 anos, 7 meses e 16 dias, condizente a um *payback* reduzido se comparado com o tempo de vida útil do sistema.

Nota-se que, quanto maior a demanda e o consumo de energia elétrica, maior o retorno do investimento, viabilizando o projeto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo que, anualmente o planeta recebe radiação solar 1000 vezes mais que o consumo mundial de eletricidade no mesmo período, sabemos que a energia solar se torna uma fonte inesgotável. Por este motivo, os sistemas de captação e conversão de energia solar em

eletricidade possuem enorme potencial de utilização, dado sua importância no combate a diminuição dos impactos ambientais, sociais e econômicos que outras fontes causam na sociedade, preservando os recursos naturais e promovendo eficiência energética e desenvolvimento sustentável.

Contudo, todo investimento deve ser analisado conforme seu retorno econômico esperado e os riscos envolvidos. No caso da energia fotovoltaica, os riscos são baixos, visto a resistência dos painéis solares, a garantia de até 10 anos para o sistema, recurso abundante e baixo custo de manutenção após o pagamento do investimento e considerando as substituições do inversor ao longo da vida útil de todo o sistema.

Poderia haver algum risco financeiro, como uma inflação energética zero ou até negativa, barateando a tarifa de energia elétrica nas próximas décadas, porém muito pouco provável, visto o gargalo existente na produção de energia devido as alterações climáticas, que tornam as condições cada vez mais adversas para isto ocorrer. Ao contrário, cria-se bandeiras tarifárias para compensar o aumento no custo da produção de energia nos moldes tradicionais.

Ainda, pode haver uma mudança na legislação, criando uma tarifação sobre a energia solar gerada e lançada na rede ou o fim da isenção dos tributos do ICMS, PIS e COFINS, fatos que representam um retrocesso ao crescimento econômico.

Hoje, existem linhas de financiamento para a implantação de um sistema fotovoltaico, inclusive direcionadas a públicos e regiões distintas, suprimindo necessidades específicas de público e prazos de pagamento, entre outras:

- BNDES Finame – Energia Renovável,
- Financiamento Energia Solar Banco do Nordeste – FNE Sol,
- FCO Banco do Brasil (Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste),
- Proger Urbano Empresarial Banco do Brasil,
- Agro Pronaf Banco do Brasil,
- Linha Sustentabilidade Santander,
- Financiamento para Energia Solar – Sicredi,
- Construcard Caixa Econômica Federal.

Considerando o financiamento do projeto, deve-se avaliar seu custo, visto que a TIR alcançada neste estudo é de 17,65% a.a., podendo inviabilizá-lo, já que os custos financeiros com o financiamento ofertados nas Instituições Financeiras variam de 6,5% a 18% a.a. para um prazo máximo de 12 anos.

Conforme retratado ao longo deste trabalho, a questão energética é de suma importância para o futuro da sociedade e a energia solar surge como uma opção apropriada, tanto como investimento empresarial para redução dos custos de produção, além do fortalecimento das marcas e a sustentabilidade dos negócios, quanto para mitigar problemas sociais, como a poluição e o impacto ambiental causado pelas atuais matrizes energéticas.

Oportuno registrar que uma análise de projetos de investimentos realizada com instrumentos de avaliação, apresentará resultados efetivos, contribuindo para a tomada de decisão, em contraponto com as análises apresentadas por fornecedores de sistemas fotovoltaicos, sendo que não expressam todos os custos envolvidos ao longo do período e, principalmente, não consideram o fluxo de caixa descapitalizado, sem ponderar o valor do dinheiro no tempo, sendo que o cálculo do *payback* descontado sempre aplica uma taxa de desconto em cada um dos fluxos de caixa futuros.

De qualquer modo, um sistema fotovoltaico bem dimensionado, certamente apresentará bons resultados, como comprovado na análise dos indicadores do VPL, do TIR e do *payback* neste estudo, fato que pode ser observado na prática, visto o significativo crescimento da implantação destes sistemas nos últimos anos. Percebe-se ainda, que a matemática é simples, quanto maior a necessidade por energia elétrica, mais rápido tende a ser o retorno do capital investido.

Por fim, de posse dos valores encontrados, concluímos que a implantação do sistema de energia fotovoltaica representa uma favorável oportunidade de ganho do investimento aliado a redução dos custos do consumo de energia elétrica durante a vida útil do sistema.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. **A Dinâmica das Decisões Financeiras**: Caderno de Estudos, n. 16, Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras – FIPECAFI, São Paulo, jul./dez. 1997.

ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia Solar Fotovoltaica**. São Paulo, 02 mar. 2015. Disponível em: <<http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em 15 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em 16 maio 2019.

ANAP BRASIL REVISTA CIENTÍFICA, 2015. **Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no Brasil**: v. 8, n. 12, p. 57-66, 2015. ISSN 1904-3240. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/1138/1161>. Acesso em 15 abr. 2019.

ANNEL, CADERNOS TEMÁTICOS. **Micro e Minigeração Distribuída**: Sistema de Compensação de Energia Elétrica. 2. ed. Brasília, maio 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigeracao+Distribuida+-+2+edicao>>. Acesso em 15 abr. 2019.

BRASIL. Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. **Regulamentação para energia solar fotovoltaica**. Brasília, DF, 17 abr. 2012.

BRASIL. Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015. **Procedimentos de Distribuição**. Brasília, DF, 24 nov. 2015.

BRITO, M. C.; SILVA, J. A. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade**. Lisboa, jul. 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/i1.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2019.

CABRAL, I.; VIEIRA, R. **Viabilidade Econômica X Viabilidade Ambiental do Uso de Energia Fotovoltaica no Caso Brasileiro**: Uma abordagem no período recente. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2012. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Goiânia: IBEAS, 2012.

CADERNOS EBAPE.BR, Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2016. **Análise do Sistema Nacional de Inovação no setor de energia na perspectiva das políticas públicas brasileiras**: v. 14, artigo 6, jul. 2016. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernos_ebape/article/view/17320/61343>. Acesso em 20 abr. 2019.

COLAFERRO, L. **Energia Solar no Brasil**: Um panorama para [você] entender tudo. Blue Sol Energia Solar, Ribeirão Preto, 03 jul. 2018. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/>>. Acesso em 30 outubro 2019.

COLPO, I.; MEDEIROS, F. S. B.; WEISE, A. D. **Análise de retorno do investimento**: um estudo aplicado em uma microempresa: v. 10, n. 21, jan./jul. 2016. ISSN 1809-6212. Disponível

em <https://www.ideau.com.br/getulio/restrito/upload/revistasartigos/327_1.pdf>. Acesso em 30 maio 2019.

DE PAULA, G. **ROI (Retorno Sobre o Investimento): a palavra de ordem no ambiente empresarial**. Treasy, 05 jan. 2016. Disponível em <<https://www.treasy.com.br/blog/roi-retorno-sobre-o-investimento/>>. Acesso em 30 maio 2019.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**: n. 40, p 85-114, dez, 2013. REVISTA BNDES. Rio de Janeiro: BNDES, 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2431/1/RB%2040%20De%20senvolvimento%20tecnol%C3%B3gico_P.pdf>. Acesso em 25 abr. 2019.

FONTES, R. **Onde a Energia Solar Cresce Mais Forte: Os 5 Países com maior capacidade instalada**. Ribeirão Preto, 06 mar. 2019. Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/os-5-paises-com-mais-energia-solar/>. Acesso em 30 outubro 2019.

LANGOSKI, L. M. A. **Escolha dos Modelos de Sistemas Produto-Serviço: Um Estudo de Caso na Geração de Energia Fotovoltaica**. 2017. 111 f. Tese de Doutorado em Administração – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha energética brasileira: Exercício de 2014**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energetica+%20+Brasil+2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2>>. Acesso em 20 abr. 2019.

PHILLIPS, J. **Como medir o Retorno sobre o Investimento: Uma missão crítica para o gerente de projeto**. Project Management Mercado, 2018. Disponível em: <http://www.mundo.pm.com.br/download/Artigo_ROI.pdf>. Acesso em 30 maio 2019.

PRATES, W. R. **Engenharia econômica: Payback, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno**: 01 jan. 2017. Disponível em < <https://www.wrprates.com/engenharia-economica-payback-valor-presente-liquido-vpl-e-taxa-interna-de-retorno-tir/>>. Acesso em 2 set. 2019.

RAUSCHMAYER, H.; GALDINO, M. A. **Os impactos da regulamentação ANEEL/482 e da legislação tributária no retorno financeiro de sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. 2014. Recife: CHESF, 2014. Disponível em: <https://www.solarize.com.br/downloads/CBENS_impactos_regulamentacao.pdf> Acesso em 20 abr. 2019.

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Análise comparativa de custos e tarifas de energias renováveis no Brasil**: v. 5, n. 3, p. 267-277, ago. 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/48124/pdf>>. Acesso em 16 abr. 2019.

RUETHER, G. M. **A energia que vem do deserto**. Jornal O Globo, Caderno Planeta Terra, 10 jan. 2012. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/busca/?tipoConteudo=artigo&pagina=&ordenacaoData=dataDescendente&allwords=&anyword=Kuraymot&noword=&exactword=&decadaSelecionada=&anoSelecionado=&mesSelecionado=&diaSelecionado=>>>. Acesso em 20 abr. 2019.

SANCHEZ, T. F. **Técnicas de Análise de Investimentos**. 2015, 11 f. Projeto Supervisionado – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2015.

TORRES, I. A.; DINIZ JÚNIOR, O. G. **As contribuições do valor presente líquido, da taxa interna de retorno, do payback e do fluxo de caixa descontado para avaliação e análise de um projeto de investimento em cenário hipotético**. *Universitas Gestão e TI*, v. 3, n. 1, p. 85-95, jan./jul. 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2277-11476-1-PB.pdf>. Acesso em 30 maio 2019.