



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

ECONOMIC VIABILITY OF THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SYSTEM IN A FOOD INDUSTRY

Marcos Meurer da Silva^{1*}, Marcelo Vasconcelos de Almeida², Rafael Follmann Pieretti³,
Karoline Guedes⁴ & Beatriz Lavezo Reis⁵

^{1*45} Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PGP, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil.

^{2,3} Engenharia de Produção da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil

^{1*} marcosmeurer50@gmail.com ² marvasconcelos2014@gmail.com ³ rafaelfollmannpieretti@gmail.com

⁴ karolineguedes13@gmail.com ⁵ bia.lavezo@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 14.08.2019

Aprovado em: 22.08.2019

Disponibilizado em: 20.09.2019

PALAVRAS-CHAVE:

Energia solar fotovoltaica; viabilidade econômica, energia renovável.

KEYWORDS:

Photovoltaic solar energy, economic viability, renewable energy.

*Autor Correspondente: Da Silva, M.M.

RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento da energia solar tem cada vez mais ganhado destaque a fim de reduzir os impactos ambientais negativos causados pelo uso de combustíveis fósseis. Além disso, o contexto econômico também é considerado para a inserção de tais tecnologias. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica em uma indústria de alimentos. Para tal, foi realizado um estudo de caso para obtenção de informações e dados para a análise da viabilidade. Os resultados mostram que há considerável viabilidade na implantação do projeto, mesmo que o projeto demoraria mais de 5 anos para

trazer retorno do investimento e mesmo que ainda apenas substitua parte da energia elétrica demandada para as atividades industriais da empresa. Ademais, destaca-se a necessidade de mais estudos a respeito da viabilidade para aplicação em indústrias a fim de mostrar a importância e o impacto positivo que pode causar.

ABSTRACT

The development of technologies for harnessing solar energy is becoming increasingly prominent in order to reduce the negative environmental impacts caused by the use of fossil fuels. In addition, the economic context is also considered for the insertion of such technologies. The objective of this paper is to analyze the economic viability of implementing a photovoltaic power system in a food industry. To this end, a case study was conducted to obtain information and data for the feasibility analysis. The results show that there is considerable feasibility in project implementation, even if the project would take more than 5 years to bring return on investment and even if it still only replaces part of the electricity demanded for the company's industrial activities. In addition, there is a need for further studies on the feasibility of application in industries in order to show the importance and positive impact it can have.



1. INTRODUÇÃO

No século passado houve uma utilização demasiada da energia não renovável, trazendo impacto para a natureza e também prejuízos irreversíveis aos bens naturais, isso, pois a oferta dessa energia é obtida através de combustíveis fósseis como o carvão mineral e petróleo, o que proporciona a degradação do meio ambiente, contribuindo para emissão de dióxido de carbono e outros gases que tem como resultado o efeito estufa (Ben, 2015).

Desta maneira, há uma preocupação com crescimento relacionado aos impactos ambientais negativos, havendo então uma preocupação por um mundo mais sustentável. Assim as fontes de energias renováveis têm ganhado destaque, tomando lugar das não renováveis no mercado mundial (Lammoglia & Brandalise, 2019).

O avanço e crescimento pela busca por fontes renováveis de energia pode ser explicado também pela redução dos custos associados a produção, decorrente do aprendizado ao longo dos anos. Outro ponto a ser destacado é o incentivo no desenvolvimento de tecnologias que possam reduzir a dependência dos combustíveis fósseis (Jimenez, Franco & Dyner, 2016).

Atualmente em parâmetro mundial, levando em consideração os tipos de energia poluentes, torna-se necessário a busca por caminhos sustentáveis e renováveis, tendo por base a redução da exploração de recursos esgotáveis de combustíveis fósseis (Algieri, Aquino & Succuro, 2011).

Muitos países investem nesse tipo de energia sendo foco como plano de ação para o tratamento do demasiado consumo das energias que são prejudiciais ao meio ambiente. Ainda há investigações relacionadas a radiação solar que chega a Terra e quanto ao tipo de tecnologia necessária para que seja viabilizado o aproveitamento total desse tipo de energia (Lammoglia & Brandalise, 2019).

A Alemanha é recordista mundial relacionado a energia fotovoltaica, com investimento voltado totalmente para esse tipo de energia. Assim, buscando suprir esse crescimento nessa determinada área, tendo como média de 20% das necessidades atendidas relacionada a eletricidade geral do país sendo esse um passo muito grande para o desenvolvimento sustentável (Fouquet, 2013).

O Brasil tem parte em um mercado de pesquisa e desenvolvimento focada em eficiência energética fotovoltaica em pequenos módulos que o torna parte dessa busca pela sustentabilidade e melhor busca de redução da poluição (Dassi, Zanin, Bagatini, Tibola, Barichello & de Moura, 2015).

Para tanto, algumas empresas estudam a possibilidade de utilizar energia fotovoltaica em suas operações. Segundo Lammoglia & Brandalise (2019), as empresas precisam levar em consideração seus fluxos de caixa e incrementais de ativo, por meio da utilização de várias técnicas para avaliação de um projeto e discutir se esse é ou não aceitável. No entanto, mesmo com uma perspectiva de queda, o custo para aquisição e implantação do sistema de energia solar ainda é a principal barreira para que haja maior utilização deste tipo de energia renovável.

Citação (APA): Da Silva, M.M., Almeida, M.V. de, Pieretti, R.F., Guedes, K. & Reis, B.L. (2019). Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma indústria alimentícia. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 113-121.

Considerando o contexto sustentável e econômico esse artigo tem por objetivo analisar a viabilidade econômica, na implantação de um sistema fotovoltaico, aplicando as ferramentas da engenharia econômica, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *Payback* (tempo do retorno do investimento), para a implementação ou não do sistema em uma indústria alimentícia localizada na cidade de Dourados – MS e expor que embora o investimento seja alto, é viável e interessante para as empresas aderirem tal sistema de fonte de energia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é uma forma de energia alternativa considerada renovável. Essa energia é obtida através da conversão da radiação solar por meio de semicondutores, na qual a célula solar converte a radiação em eletricidade (Ayikpa, 2017). Devido à ausência de movimentação mecânica, a energia solar fotovoltaica é obtida de forma silenciosa e estática, tendo pouca necessidade de manutenção (Rütherr, 2004).

Alguns materiais apresentam a característica conhecida como efeito fotoelétrico, de modo que absorvam fótons de luz e liberem elétrons. A corrente elétrica é gerada pela captura dos elétrons livres, podendo ser utilizada como forma de energia (Algieri, Aquino & Succurro, 2011).

A energia fotovoltaica apresenta vários usos, desde aplicações espaciais em satélites às aplicações terrestres, onde variando a potência, podem ser empregados em relógios, calculadoras e nas centrais de geração de energia elétrica solar (Braun-Grabolle, 2012).

A associação entre a eficiência energética e o uso de fontes de energia limpas e renováveis por meio de políticas de redução de emissão de carbono e segurança energética são essenciais para tornar a energia fotovoltaica mais acessível, barata e, conseqüentemente, benéfica para toda a sociedade (International Energy Agency, 2016).

2.2. ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

O Brasil possui uma localização geográfica privilegiada que propicia condições favoráveis ao aproveitamento de fontes renováveis em quase todo o seu território, apresentado níveis altos de recursos solares, hidrográficos e vegetações (Ben, 2015).

Até 2023 se estima que o Brasil terá aproximadamente 161 mil sistemas de geração de energia fotovoltaica, correspondendo a 835 MW de inserção na rede elétrica (Empresa de Pesquisa Energética, 2013)

Considerando esse crescimento previsto, o mercado de energia solar apresenta grande potencial de expansão, tanto para as indústrias fabricantes, quanto para os consumidores. Assim, o desenvolvimento de tecnologias para produção de equipamentos com preços mais acessíveis é fundamental (Adib, Murdock, Appavou, Brown, Epp, Leidreiter & Farrell, 2015). Ademais, a expectativa de queda dos preços dos equipamentos se devem ao fato de que as empresas fabricantes começaram a obter retorno sobre o investimento, reduzindo

Citação (APA): Da Silva, M.M., Almeida, M.V. de, Pieretti, R.F., Guedes, K. & Reis, B.L. (2019). Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma indústria alimentícia. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 113-121.

assim o preço pago pelo cliente final (Philibert, Frankl, Tam, Abdelilah, Bahar, Marchais & Wiesner, 2014).

2.3. INDICADORES DE VIABILIDADE

2.3.1. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) consiste em calcular o valor atual de todos os fluxos de caixas associados a uma alternativa de investimento, considerando as taxas de juros apropriadas (Blank & Tarquin, 2009).

De acordo com Blank & Tarquin (2009), para um investimento é necessário atualizar os valores de fluxo de caixa e compará-los com o valor de investimento. Quando o valor de investimento for menor que o valor atual dos fluxos de caixa, o resultado do VPL é positivo, concluindo que o investimento possui uma rentabilidade positiva.

A equação 1 demonstra a formulação matemática do VPL.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I \quad (1)$$

FC – Fluxo de caixa previsto

i– Taxa de atratividade

t – Horizonte do empreendimento

I – Custo do investimento inicial

2.3.2. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Segundo Souza e Clemente (2008), a Taxa Interna de Retorno (TIR) é um método usado para medida de risco, onde reflete o limite de variação da taxa mínima de atratividade. A TIR consiste em encontrar a taxa de juros, que utilizada no fluxo de caixa futuro, anula o VPL. A equação 2 apresenta a formulação matemática da TIR.

$$VPL = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I \quad (2)$$

2.3.3. PAYBACK

O método *Payback* é utilizado para a determinação do tempo necessário para a recuperação do capital investido, isto é, o período que decorrerá para que o valor presente dos fluxos de caixa seja igual ao investimento inicial (Blank & Tarquin, 2009).

O *Payback* descontado consiste em determinar o prazo de retorno do investimento, levando em consideração o fluxo de caixa descontado e a economia mensal para a recuperação do investimento (Samanez, 2009).

A equação 3 exemplifica a formulação matemática do *Payback*.

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

3. METODOLOGIA

Seguindo os objetivos da pesquisa, realizou-se um estudo de caso que conforme Yin (2015) contribui para a compreensão de fenômenos nos mais diversos ramos científicos e que por meio da observação direta da realidade permite analisar o fenômeno através de diversas fontes de evidência do cenário atual.

Para a condução da pesquisa, o estudo foi realizado em uma empresa de grande porte do ramo alimentício que possui processo produtivo de alto consumo energético no processo de transformação. Para a escolha da empresa, levou-se em consideração características em que a empresa busca, como a sustentabilidade e inovação.

O trabalho não tem por finalidade prever todas as variantes do processo, mas sim dar um posicionamento relacionado a viabilidade ou não da implementação do projeto.

Seguindo alguns passos para a análise dessa viabilidade tem-se:

- Primeiro passo – Coleta de dados da empresa quanto ao custo em R\$ e o consumo em Kwh (2017 – 2018);
- Segundo passo – Determinar o Fluxo de Caixa relacionado a conta anual;
- Terceiro passo – Buscar a Taxa que possa ser aumentada relacionada ao aumento de energia;
- Quarto passo – Determinar o custo de implantação do sistema com o tanto de Kwh que a empresa gasta;
- Quinto passo – Calcular através da fórmula o número de períodos que seriam necessários para que a empresa tivesse retorno financeiro com esse investimento.

Com o auxílio de uma planilha de dados, calculou-se toda a viabilidade econômica, sendo de fundamental importância a utilização da mesma para a quantificação desse novo projeto. Através das planilhas os dados foram agrupados e organizados de maneira a facilitar os cálculos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para determinar a quantidade de placas fotovoltaicas necessárias para a fábrica, foi preciso encontrar o valor médio mensais gastos com energia elétrica e o consumo em KWh. Como a empresa demanda por uma grande quantidade de energia elétrica em seus processos produtivos, optou-se em realizar a análise de viabilidade econômica para 10% da energia mensal. A tabela 2 apresenta os gastos com energia elétrica e o consumo da fábrica.

Citação (APA): Da Silva, M.M., Almeida, M.V. de, Pieretti, R.F., Guedes, K. & Reis, B.L. (2019). Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma indústria alimentícia. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 113-121.

Tabela 2 – Gastos e consumos elétricos

Período	Gastos com energia elétrica (R\$)	Consumo (KWh)
Novembro/2017	797.509,33	1.821.563,56
Dezembro/2017	616.403,21	2.053.791,33
Janeiro/2018	740.759,44	2.523.803,57
Fevereiro/2018	1.098.324,68	2.236.452,68
Março/2018	1.130.994,28	2.358.593,16
Abril/2018	632.253,43	2.235.474,20
Mai/2018	743.781,97	1.935.813,44
Média	822.860,91	2.166.498,85
10%	82.286,09	216.649,88

Fonte: Autores (2019)

Segundo o fornecedor, a quantidade de energia fornecida por cada placa fotovoltaica é de 35,71 KWh por mês. A partir desse valor e o de consumo de 10% de energia, foi possível determinar a quantidade de placas necessárias para fornecer os 10% de energia para a indústria. A quantidade de placas é dada pela divisão de 216.649,88 KWh por 36,71 KWh, obtendo-se um total de 6067 placas fotovoltaicas.

Para o cálculo da mão de obra empregada no empreendimento, utilizou-se o salário orientado pelo Sindicato Intermunicipal da Indústria da Construção do Estado de Mato Grosso do Sul. A tabela 3 demonstra o valor do custo total de mão de obra.

Tabela 3 – Custos da mão de obra

	Quantidade	Salário (R\$/h)	Tempo (h)	Custo MO (R\$)
Pedreiro	10	55,77	660	36.810,00
Ajudante de pedreiro	20	78,09	660	51.540,00
Eletricista	10	58,40	660	38.544,00
Ajudante de eletricista	20	75,40	660	49.764,00
Especialista	1	40,00	660	26.400,00
TOTAL				203.058,00

Fonte: Autores (2019)

Assim, foi possível determinar o valor total do investimento. A tabela 4 apresenta os valores que compõe o investimento.

Tabela 4 – Valores do investimento

Número de placas	Custo unitário (R\$)	Custo de MO (R\$)	Total (R\$)
6067	950,00	203.058,00	5.966.708,00

Fonte: Autores (2019)

Citação (APA): Da Silva, M.M., Almeida, M.V. de, Pieretti, R.F., Guedes, K. & Reis, B.L. (2019). Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma indústria alimentícia. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 113-121.

A determinação das taxas de retornos se baseia no reajuste anual da concessionária de energia do estado, a ENERGISA. Os reajustes apresentam taxa de 9,87%. Além disso, para a taxa de atratividade se considerou a taxa de 6,5% ao ano.

De acordo com o fornecedor, os painéis fotovoltaicos possuem a vida de 25 anos. Através desse horizonte de tempo, obteve-se o resultado para o VPL, TIR e o *Payback*. A tabela 6 apresenta os resultados dos cálculos da viabilidade econômica.

Tabela 6 – Resultados dos cálculos

Reajuste	9,87%
Taxa de atratividade	6,50%
Valor Presente Líquido	R\$ 28.575.960,75
TIR	26%
PAYBACK	5 anos e 11 meses

Fonte: Autores (2019)

Analisando o Valor Presente Líquido de R\$ 28.575.960,75, observa-se que o projeto é rentável e atrativo por apresentar valor acima de zero, levando em consideração o horizonte de tempo de 25 anos. Quanto a TIR, a mesma tem o resultado de 26%, sendo positivo e maior que a taxa mínima de atratividade considerada. O *payback* do investimento do projeto é de 5 anos e 11 meses, sendo considerado pela empresa um curto tempo para recuperação do capital a ser investido. Em relação ao horizonte de tempo de vida útil dos sistemas fotovoltaico, o tempo de retorno é menor que o limite. Assim, o projeto apresenta boa viabilidade dentro dos parâmetros estipulados.

Cabe ressaltar que o *payback* obtido é relativamente baixo se comparado ao horizonte de planejamento e vida útil do projeto, sendo aproximadamente 19 anos em que o projeto pode trazer significativo retorno para a empresa. Ademais, foi considerado apenas o atendimento de 10% da demanda energética da indústria e, portanto, dada a viabilidade do projeto e continuidade das ações referentes a fonte de energia mais limpa, é possível que a empresa nos próximos anos invista em aumentar a quantidade de placas solares a fim de obter maior percentual de energia

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo teve como base a coleta de dados e busca pela viabilidade econômica de um projeto de sistema fotovoltaico para o atendimento de parte da fábrica, sendo assim feita a coleta dos dados e maior adequação dos mesmos para o cálculo de rentabilidade.

A partir do estudo realizado observa-se um investimento rentável trazendo benefícios para a empresa, sendo um *payback* relativamente curto relacionando todos os pontos positivos trazendo benefícios a curto e longo prazo. Elencando a relação dos valores encontrados de taxa de atratividade, valor presente líquido, reajuste e TIR assim nota-se um investimento atrativo para a empresa e muito benéfico relacionando ao âmbito sustentável da mesma.

Citação (APA): Da Silva, M.M., Almeida, M.V. de, Pieretti, R.F., Guedes, K. & Reis, B.L. (2019). Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma indústria alimentícia. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 113-121.

Por meio do estudo realizado é reforçado a problemática do alto custo de investimento inicial, porém o mesmo é recuperado após alguns anos. Fica evidente ainda, a necessidade do avanço de tecnologias que tornam o custo de implantação do sistema de energia fotovoltaica mais barato, além de aplicações práticas que ainda assim, há viabilidade ao aderir tal sistema.

Desta maneira, a realização de estudos relacionados a viabilidade em indústrias de diversos setores são fundamentais para o aumento da confiança de gestores a investirem neste sistema, bem como, promover maior conhecimento acerca do tema.

REFERÊNCIAS

Adib, R., Murdock, H.E., Appavou, F., Brown, A., Epp, B., Leidreiter, A. & Farrell, T.C. (2015). Renewables 2015 global status report. *Paris: REN21 Secretariat*, 83, 84.

Algieri, B., Aquino, A. & Succurro, M. (2011). Going “green”: trade specialisation dynamics in the solar photovoltaic sector. *Energy Policy*, 39(11), 7275-7283.

Ayikpa, M.E. (2017). Modelagem de centrais fotovoltaicas no fluxo de potência ótimo trifásico para análise de sistemas desbalanceados.

BEN. (2015). Relatório final - Balanço Energético Nacional. 291 p.

Blank, L. & Tarquin, A. (2009). *Engenharia econômica*. AMGH Editora.

Braun-Grabolle, P. (2012). A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, SC, Brasil. Retrieved Setembro 02, 2019 from <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93791>

Clemente, A. & Souza, A. (2008). Decisões financeiras e análise de investimentos. *São Paulo: Atlas*.

Dassi, J.A., Zanin, A., Bagatini, F.M., Tibola, A., Barichello, R. & De Moura, G.D. (2015). Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. In *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.

Empresa, D.P.E. (2013). Balanço Energético Nacional 2014. *Empresa de Pesquisa Energética e Ministério de Minas e Energia*. Rio de Janeiro.

Fouquet, D. (2013). Policy instruments for renewable energy—From a European perspective. *Renewable Energy*, 49, 15-18.

Jimenez, M., Franco, C.J., & Dyner, I. (2016). Diffusion of renewable energy technologies: The need for policy in Colombia. *Energy*, 111, 818-829.

Lammoglia, J.A.M. & Brandalise, N. (2019). Analysis of economic viability with the use of monte carlo simulation for microgeneration of photovoltaic energy. *Independent Journal of Management & Production*, 10(3), 1000-1014.

Pamplona, E.D.O. & Montevechi, J.A.B. (2006). Engenharia econômica I. *UNIFEI, Itajubá*.

Citação (APA): Da Silva, M.M., Almeida, M.V. de, Pieretti, R.F., Guedes, K. & Reis, B.L. (2019). Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma indústria alimentícia. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 113-121.

Philibert, C., Frankl, P., Tam, C., Abdelilah, Y., Bahar, H., Marchais, Q., & Wiesner, H. (2014). Technology roadmap: solar photovoltaic energy. *International Energy Agency: Paris, France*.

Rüther, R. (2004). *Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil*. Editora UFSC.

Samanez, C.P. (2009). *Engenharia econômica*. Pearson.

Yin, R.K. (2015). *Estudo de Caso-: Planejamento e métodos*. Bookman editora.

International Energy Agency. (2016). *Energy Efficiency: Market Report 2016*. Paris, France. Retrieved Setembro 02, 2019 from

<https://www.iea.org/>

Clemente, A., Souza, A. (2008). *Decisões financeiras e análise de investimentos*. São Paulo: Atlas.
