

# RETORNO DE INVESTIMENTO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE DE DISTRIBUIÇÃO: ESTUDO DE CASO

## RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN: ESTUDIO DE CASO

### RETURN ON INVESTMENT OF PHOTOVOLTAIC PLANT CONNECTED TO THE DISTRIBUTION NETWORK: CASE STUDY

João Paulo Ottonelli  
joao\_ottonelli@hotmail.com

Cleylse Andreia Souza Lima  
cleylselima@gmail.com

Aleska Kaufmann Almeida  
aleska.kaufmann@gmail.com

Isabel Kaufmann de Almeida  
isabel.almeida@ufms.br

\*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS - Brasil

---

#### Resumo

Acompanhando o constante desenvolvimento da humanidade está a crescente demanda por energia. Devido a essa necessidade, é de grande valia para o meio ambiente que a energia seja advinda de fontes limpas e renováveis. Dentre essas fontes, destaca-se o Sol, que a partir de sua radiação permite a geração de energia por meio do efeito fotovoltaico. O presente trabalho, através de um estudo de caso, teve por objetivo analisar a capacidade de produção de energia de uma Usina Solar Fotovoltaica (USF) conectada à rede, instalada no interior do estado de Mato Grosso do Sul e o tempo de retorno do investimento, na forma de economia de energia e do valor investido em sua implementação. Foram utilizados três indicadores como instrumentos de análise do retorno do investimento: *payback* descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno. Tomando como base o cenário de análise e os valores obtidos pelos indicadores, pode-se concluir que a utilização da USF é viável, pois a Taxa Interna de Retorno apresentou valor maior que a Taxa Mínima de Atratividade, o Valor Presente Líquido apresentou valor positivo para período de 25 anos e o *payback* se dá em, aproximadamente, 3 anos 2 meses e 12 dias.

**Palavras-chave:** Energia renovável, Taxa Interna de Retorno, *payback*,

#### Resumen

Acompañando el desarrollo constante de la humanidad está la creciente necesidad de energía. Debido a esta necesidad, es de gran valor para el medio ambiente que la energía se derive de fuentes limpias y renovables. Entre estas fuentes, destaca el Sol, que a partir de su radiación permite la generación de energía a través del efecto fotovoltaico. Este trabajo, a través de un estudio de caso, busca analizar la capacidad de producción de energía de una planta solar fotovoltaica conectada a la red, instalada en el interior del estado de Mato Grosso do Sul. También tiene la intención de estimar

el tiempo requerido para el retorno, en forma de ahorro de energía, de la cantidad invertida en su implementación. En el análisis del retorno de la inversión, se consideraron tres indicadores: amortización descontada, valor presente neto y tasa interna de retorno. Con base en el escenario de análisis y los valores obtenidos por los indicadores, se puede concluir que el uso del USF es factible, ya que la Tasa interna de rendimiento presentó un valor más alto que la Tasa mínima de atractivo, el Valor presente neto presentó un valor positivo. valor por un período de 25 años y la recuperación se produce en aproximadamente 3 años 2 meses y 12 días.

**Palabras clave:** energía renovable, tasa interna de retorno, recuperación de la inversión.

## Abstract

Accompanying the constant development of humanity is the growing need for energy. Due to this need, it is of great value to the environment that energy be derived from clean and renewable sources. Among these sources, stands out the Sun, which from its radiation allows the generation of energy through the photovoltaic effect. This work, through a case study, seeks to analyze the energy production capacity of a photovoltaic solar plant connected to the grid, installed in the interior of the state of Mato Grosso do Sul. It is also intended to estimate the time required for the return, in the form of energy savings, of the amount invested in its implementation. In the analysis of the return on investment, three indicators were considered: discounted payback, net present value and internal rate of return. Based on the analysis scenario and the values obtained by the indicators, it can be concluded that the use of the USF is feasible, since the Internal Rate of Return presented a higher value than the Minimum Rate of Attractiveness, the Net Present Value presented a positive value for period of 25 years and the payback occurs in approximately 3 years 2 months and 12 days.

**Keywords:** Renewable energy, Internal Rate of Return, payback.

---

## 1. INTRODUÇÃO

O constante aumento da população mundial, aliado ao avanço tecnológico e econômico, fazem com que os seres humanos necessitem cada vez mais de energia para a construção de ambientes confortáveis. Devido a essa necessidade, muitas formas de produção de energia foram exploradas com o passar dos anos, em sua maioria advindas de combustíveis fósseis, o que vem causando uma série de problemas ambientais, tais como mudanças climáticas, aquecimento global, aumento da poluição do ar e chuvas ácidas (PENG *et al.*, 2012; TYAGI *et al.*, 2013).

O uso de fontes alternativas de energia, como a fotovoltaica, contribui para a diminuição dos problemas causados pela queima de combustíveis fósseis, além de diminuir a dependência do uso desses combustíveis (ZENG *et al.*, 2017; IQTIYANILLHAM *et al.*, 2017; NĀSTASE *et al.*, 2018).

O Brasil é um país com grande potencial de geração anual de energia fotovoltaica, visto que possui a maioria de seu território localizada entre os trópicos, que é uma região com elevada

incidência de raios solares (FERREIRA *et al.*, 2017). Ainda, segundo Ferreira *et al.* (2017), o uso dessa energia proporciona benefícios a longo prazo, possibilitando o desenvolvimento de regiões remotas, em que o custo do fornecimento de energia é muito alto em relação ao retorno financeiro do investimento, além de regular o fornecimento de energia em períodos de seca.

Uma das modalidades de produção de energia fotovoltaica se dá com os sistemas “on-grid”, em que o sistema é ligado à rede de distribuição. Segundo Rüther e Zilles (2011) a utilização desses sistemas proporciona inúmeros benefícios ao sistema elétrico e meio ambiente, possuindo como principal vantagem técnica, a possibilidade de produzir energia elétrica limpa e renovável próxima aos consumidores ou até mesmo no local de uso, além de poder integrar geradores fotovoltaicos em edifícios ou áreas urbanas.

No Brasil, a geração distribuída, que são sistemas de geração de energia a partir de fontes renováveis ligados à rede elétrica pública, vem crescendo através da compensação de crédito possibilitada pelas resoluções normativas 482/2012 e 687/2015 da ANEEL (ANEEL, 2012; ANEEL, 2015). Em 2015, a geração distribuída atingiu 34,9 GWh, com 16,5 MW de capacidade instalada. Dentre os sistemas de geração distribuída, a energia solar fotovoltaica contribuiu com 20 GWh e 13,3 MW de geração e capacidade instalada, respectivamente (EPE, 2016; SHAFIE *et al.*, 2016; ZILLI *et al.*, 2017; DE FARIA *et al.*, 2017).

Mesmo com o avanço na utilização de energia fotovoltaica no Brasil, boa parte dos potenciais investidores e produtores do setor de energia não possuem informações ou conhecimentos, com o necessário embasamento científico, sobre as opções em fontes de energia renováveis. Melo *et al.* (2013) e Ferreira *et al.* (2017) afirmam que, devido a isso, investidores e produtores tendem a evitar os riscos econômicos e financeiros associados ao desenvolvimento de projetos nesta área. Nesse contexto, a iniciativa de realização de estudos em usinas já em funcionamento, de modo a obter resultados práticos de retorno financeiro do investimento, passa a ser opção interessante para encorajar a implementação desse tipo de sistema.

A análise de retorno de investimentos se refere basicamente às decisões de aplicações de capital em projetos que prometem retornos por vários períodos consecutivos, através do estudo de dados. Ao processar os dados e realizar as devidas análises, é possível verificar se o investimento está satisfatório ou está sendo prejudicial (NETO, 2011). Para tanto, existem diversos métodos, também chamados de indicadores econômicos, que podem ser utilizados, como: cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e cálculo do “payback” descontado.

Neste estudo analisa-se a viabilidade econômica de utilização e o retorno do investimento, através dos métodos: cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e cálculo do “payback” descontado. Para tanto foi efetuado um estudo de caso com base nos dados de

produção de energia elétrica da Usina Solar Fotovoltaica (USF) instalada na cidade de Paranaíba – MS.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A usina analisada está situada em Paranaíba, cidade localizada no nordeste de Mato Grosso do Sul (MS), próximo à divisa com o estado de São Paulo, com latitude  $19^{\circ}40'38''$ S, longitude  $51^{\circ}11'27''$  e altitude: 374m. A usina encontra-se instalada no cartório eleitoral da cidade, com área do terreno equivalente a 1400 m<sup>2</sup>, sendo 229,17 m<sup>2</sup> de área construída. A unidade consumidora é atendida por conexão trifásica 220/127 V, com potência instalada projetada de 31kW e enquadra-se como consumidor de Baixa tensão, ou seja, Grupo B, produzindo energia suficiente para atender a demanda do prédio em questão.

O excedente produzido é armazenado em forma de crédito para posteriormente ser utilizado de maneira rateada pelos cartórios eleitorais das cidades de Maracaju, Miranda, Coxim, Jardim, Porto Murtinho, Camapuã, Cassilândia, Amambai e Mundo Novo, todos localizados no estado do MS e propriedades da União Federal. A definição da porcentagem que cada cidade receberá desse total de crédito ainda não foi definida. O crédito se dá em kWh e será diretamente abatido das contas de energia de cada cartório. Entretanto o foco deste trabalho está na análise do retorno de investimento proporcionado pela economia de energia como um todo e não de cada cartório individualmente.

A usina de Paranaíba foi escolhida para análise dentre outras 5 usinas, devido a mesma apresentar maior e mais consistente quantidade de dados de produção. Esses dados foram obtidos “online” a partir do sistema de monitoramento da empresa Sices solar, que monitora em tempo real a produção energética da usina.

Segundo o memorial descritivo a USF possui potência instalada de 73,92 kWp. Os módulos fotovoltaicos instalados são do tipo silício poli cristalino, fabricação CANADIAN SOLAR, modelo CS6U – 330P, com potência máxima de 330Wp por módulo, composto por 72 células, peso total de 22kg, com caixa de junção integrada contendo 3 diodos by pass, e grau de proteção IP67. A eficiência dos módulos é de 16,97%, e a área externa de cada módulo é de 1,91m<sup>2</sup>. Os módulos estão instalados com ângulo azimutal igual a 0°, com superfície orientada para o Norte geográfico, e inclinação igual a 19°, de acordo com a latitude local.

O sistema é composto de 4 inversores (Figura 1 A e B) com 4 arranjos em paralelo contendo 14 módulos em série cada, totalizando 56 módulos os quais ocupam 106,96 m<sup>2</sup> de área. Nas Figura 2 A e B estão demonstrados os módulos solares instalados e suas estruturas de sustentação.



(A) (B)

Figura 1. (A) Inversores instalados; (B) características dos inversores



(A) (B)

Figura 2. (A) Módulos solares instalados; (B) estrutura de sustentação dos módulos

## 2.2 Indicadores utilizados na análise

Valor Presente Líquido (VPL): O valor presente líquido de um projeto de investimento é a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Os valores do fluxo de caixa são descontados para o valor presente, a partir de uma taxa mínima de atratividade. Na análise, o valor positivo significa que o projeto é viável, pois o retorno é maior que o investimento (Equação 1).

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

Em que,  $FC_0$  é o investimento inicial do projeto ou fluxo de caixa inicial;  $FC_t$  o Fluxos de Caixa de t períodos;  $n$  o número de períodos e;  $i$  a taxa de desconto estimada sobre o intervalo de um período

ou Taxa Mínima de Atratividade. O VPL pode também ser calculado utilizando o software *Microsoft Excel* (Equação 2), utilizada no presente estudo.

$$=VPL(\text{taxa, valores}) \quad (2)$$

Onde, Taxa refere-se a taxa de desconto estimada sobre o intervalo de um período ou taxa mínima de atratividade (TMA) e Valores é o intervalo que representam os fluxos de caixa dos períodos analisados.

Neste estudo, para a análise do VPL, foi utilizado um conjunto de valores correspondentes aos fluxos de caixas do período da análise e a TMA correspondente à taxa SELIC de dezembro de 2018 obtida através dos dados disponibilizados pelo Banco Central do Brasil (BCB, 2018).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que iguala o Valor Presente Líquido a zero, de modo que seja prefixado o valor do investimento, os fluxos de caixa do período analisado e o período analisado (Equação 3).

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1 + TIR)^t} \quad (3)$$

Sendo,  $I_0$  o montante do investimento no momento zero (início do projeto);  $I_t$  os montantes previstos de investimentos em cada momento subsequente;  $FC_t$  representa a entrada de capital para o período  $t$  e;  $TIR$  é a Taxa Interna de Retorno.

A TIR pode também ser calculada utilizando o *Microsoft Excel* (Equação 4), utilizada no presente estudo.

$$=TIR(\text{valores, [suposição]}) \quad (4)$$

Em que, o termo “valores” se refere ao intervalo que representam os fluxos de caixa dos períodos analisados e; “suposição” é o número que se estima ser próximo do resultado de TIR.

O valor obtido da Taxa Interna de Retorno, quando comparado à Taxa Mínima de Atratividade mostra se o investimento é viável ou não viável. Ou seja, se a  $TIR > TMA$ , o sistema é viável, se  $TIR < TMA$ , o sistema é inviável. Os dados utilizados foram correspondentes aos fluxos de caixa dos períodos estudados e a TMA sendo a mesma utilizada para o cálculo do VPL.



O “payback” descontado informa quando se dará a recuperação do capital inicial investido considerando o custo do dinheiro no tempo, ou seja, a Taxa Mínima de Atratividade. O método “payback” (Equação 5) é muito utilizado no meio financeiro por obter o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado (Neto, 2008 *apud* Torres & Júnior, 2013).

$$Payback = \sum_{t=0}^n \frac{FC_0}{FC_{\text{médio}}} \quad (5)$$

Os dados foram analisados para o período de vida útil do sistema instalado, que é de 25 anos.

### 2.3 Metodologia de análise

O estudo foi dividido em nove etapas, a saber:

#### Etapa 1 – Coleta dos dados de produção de energia

Foram coletados os dados de produção de energia a partir da data do início do monitoramento em 14 de julho de 2018 até 31 de novembro de 2018. Esses dados foram obtidos online a partir do software específico de monitoramento do sistema, fornecido pela empresa SICES solar.

#### Etapa 2 – Coleta de dados de radiação solar

Foram coletados, a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), os dados de radiação referente aos meses em que não se obteve valores de produção de energia, ou seja, do dia 01 de janeiro ao dia 13 de julho de 2018, e do dia 01 ao dia 31 de dezembro do mesmo ano. Levantou-se também os dados de radiação do mês de agosto para posterior análise.

#### Etapa 3 – Obtenção de equação para análise dos meses carentes de dados de produção

Foi escolhido o mês de agosto para utilização dos dados de produção energética para obtenção da equação. Escolheu-se esse mês, pois os dados apresentaram melhor consistência perante os outros meses disponíveis, ou seja, houve o monitoramento sem interrupções. O sistema de monitoramento remoto está sujeito a interrupções, como queda de internet por exemplo, deixando assim de repassar os dados ao sistema. Relacionou-se então os dados diários de produção com os respectivos dados diários de radiação, de forma a se obter uma equação que relaciona a quantidade de energia produzida em função da quantidade de radiação.

#### Etapa 4 – Preenchimento dos dados faltantes

Obtida a equação que relaciona a energia fotovoltaica produzida com a radiação solar, foi possível determinar a provável quantidade de produção de energia em kWh dos meses de 2018 em que não se dispunha de dados práticos.

#### Etapa 5 – Obtenção dos valores médios de PIS e COFINS, e ICMS.

Foi levantado os valores das alíquotas de PIS e COFINS das contas de energia da unidade consumidora dos anos de 2016 a 2018, de modo a se obter um valor médio desses tributos. O ICMS considerado é fixo, e possui valor de alíquota de 17%.

#### Etapa 6 – Obtenção dos valores médios da tarifa de energia com encargos

Os valores da tarifários de energia são influenciados por decisões governamentais e variações climáticas. Assim, nesta etapa foram levantados os valores em reais da tarifa de energia, sem encargos, referente a cada mês das contas de 2016 a 2018, de modo a se obter o valor médio anual dessas tarifas. Aplicou-se a esse valor de tarifa, o valor médio dos tributos encontrados na etapa anterior, obtendo-se, então, o valor médio das tarifas de energia com encargos. Desconsiderou-se os valores referentes as bandeiras tarifárias.

#### Etapa 7 – Determinação do preço da tarifa de energia para os anos posteriores a 2018 por simulação aleatória

De acordo com Zapata (2010), se denomina simulação o processo de avaliar numericamente, indiretamente ou artificialmente um modelo que permite estimar o comportamento de um sistema ou processo. No presente trabalho a simulação utilizada para obter os valores médios das tarifas para os anos analisados se deu através da geração de números aleatórios devido ao comportamento improvável da variação do valor do kWh de um ano para outro. A geração de números aleatórios foi realizada através da função “Aleatório()” disponível no *Microsoft Excel*, a qual, de acordo com Lapponi (2005), gera números aleatórios, independentes e uniformemente distribuídos. A função foi alimentada com os dados de kWh médio obtidos na etapa anterior.

#### Etapa 8 – Simulação de produção de energia

A taxa de desempenho e de degradação dos módulos depende, dentre outros fatores, da tecnologia que os painéis são constituídos. De acordo com Frosi *et al.* (2015), os módulos do tipo silício poli cristalino são os mais encontrados no mercado brasileiro. Em seu estudo Frosi *et al.* (2015) adotaram 0,78% ao ano para a taxa de perda de eficiência de painéis de silício poli cristalino. Jordan



e Kurtz (2013) encontraram o valor de 0,64% ao ano para a taxa de perda de eficiência de painéis de silício poli cristalino.

A simulação de produção de energia para os anos posteriores a 2018 foi realizada com base no valor acumulado de 2018, e neste estudo foi considerando uma perda de 0,7% ao ano de eficiência dos módulos fotovoltaicos.

#### Etapa 9 – Análise dos indicadores econômicos

Para designar os indicadores econômicos que analisam o retorno do investimento, foi necessário analisar o potencial de produção de energia elétrica anual pela USF. O valor anual acumulado de produção de energia multiplicado pelo valor médio do kWh, foi utilizado como receita.

Para o cálculo dos custos, considerou-se o custo de disponibilidade de acesso à rede, também chamado de “taxa mínima de energia” e a troca dos inversores. A taxa é mensal e equivale ao valor de 100 kWh, e é cobrada mesmo que todo o consumo energético da unidade consumidora seja atendido pela geração da USF. Já o custo da troca de inversores é referente a troca que ocorrerá uma vez dentro do período de tempo analisado pelo estudo. Essa troca é prevista para o 15º ano de uso do sistema, mas esse custo será distribuído igualmente entre os anos analisados de modo a obter uma resposta mais linear das análises. No Brasil, o custo dos inversores é de 24% do valor da instalação fotovoltaica (Tolmasquim, 2016).

Com os dados de fluxo de caixa obtidos, foi possível dar início a análise do investimento, a qual envolve um conjunto de métodos que possibilitam avaliar o investimento em um período de tempo para auxiliar na tomada de decisão (Vergara, 2016), utilizando os indicadores econômicos: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e “payback” descontado.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 Preenchimento de dados de produção**

Utilizando os dados de produção de energia (kWh) diários do mês de agosto e os dados de radiação solar (kJ/m<sup>2</sup>) respectivos (Figura 3).

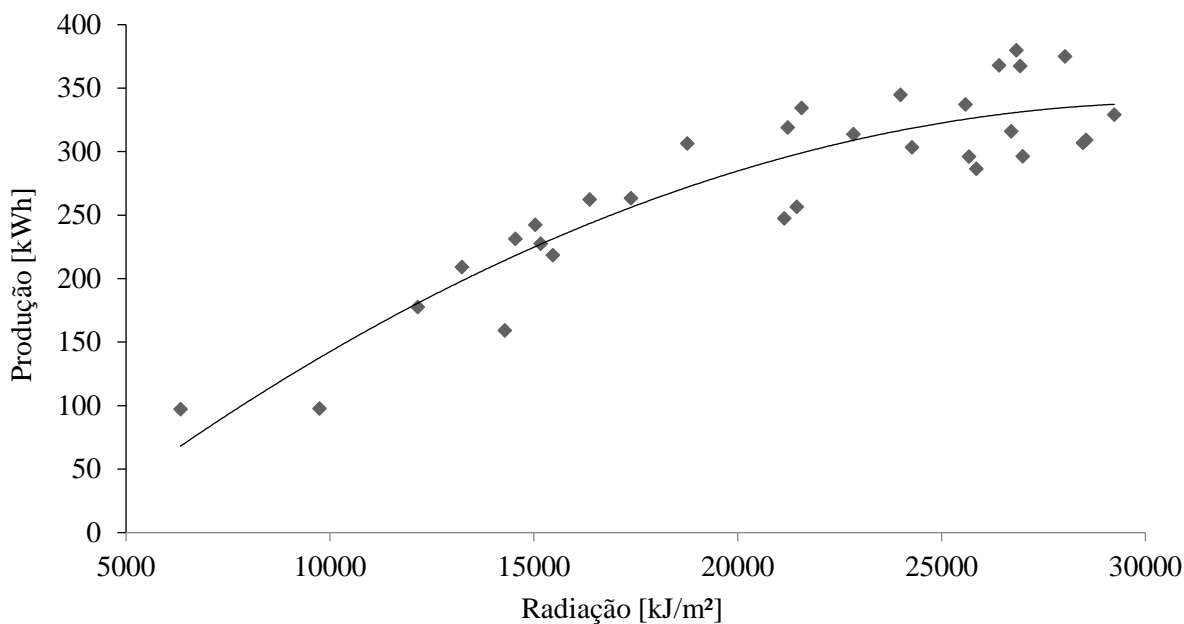


Figura 3. Linha de tendência da produção fotovoltaica relação entre Radiação x Produção

A partir da análise gráfica obteve-se a linha de tendência dos pontos com um coeficiente de determinação  $R^2 = 0,8337$ , atestando assim a boa precisão do modelo obtido (Equação 6).

$$y = (-4 \times 10^{-7})x^2 + 0,0275x - 88,566 \quad (6)$$

Sendo  $y$  a produção fotovoltaica [kWh] e;  $x$  a radiação solar [kJ/m<sup>2</sup>]. Com essa equação foi possível projetar a produção de energia fotovoltaica mensal do ano de 2018 (Figura 4).

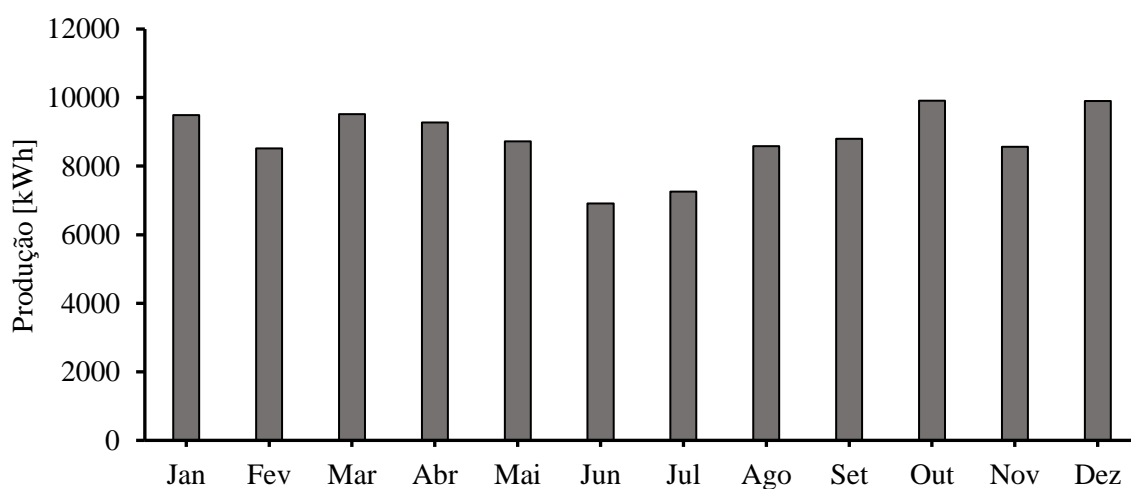


Figura 4: Produção [kWh] ao longo dos meses

Percebe-se coerência entre os resultados obtidos pelo modelo e os dados reais, ao observar que a produção decresce próximo nos meses de inverno, período de menor quantidade de radiação solar incidente. A produção aumenta nos meses mais quentes, onde ocorre maior incidência de radiação.

### 3.2 Simulação da Produção de energia

Considerando a perda de eficiência dos equipamentos de 0,7% ao ano e a produção de energia elétrica ao decorrer 25 anos de análise, verificou-se um déficit de 2181,59 kWh em 2021, 4 anos após a instalação. Os demais déficits estão demonstrados na Figura 5.

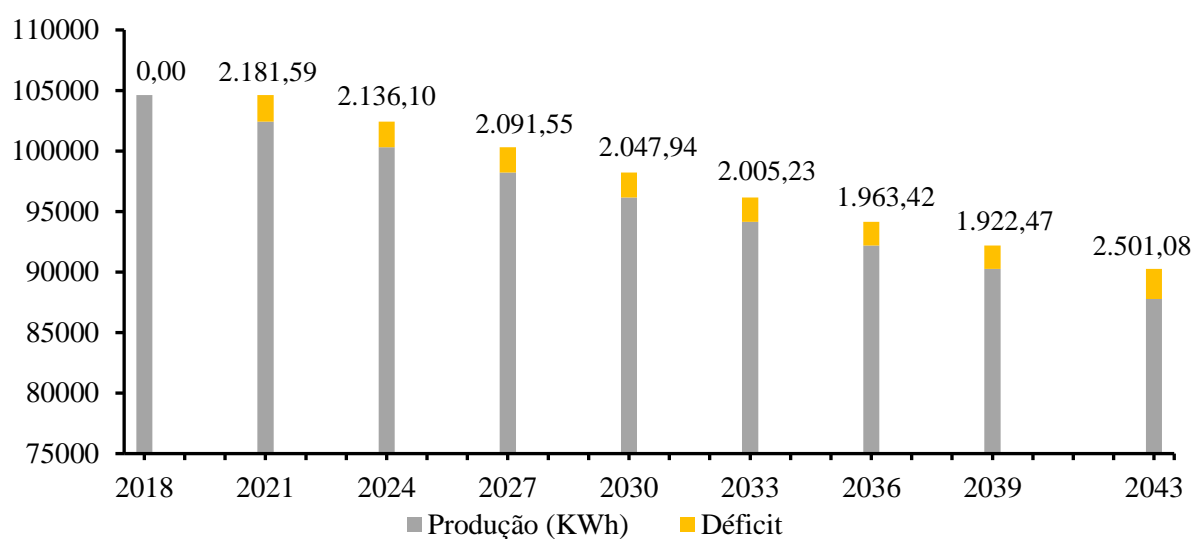


Figura 5: Produção e Déficit x Ano ao longo do período de análise.

### 3.3 Análise dos Custos

Através da simulação com números aleatórios, obteve-se o valor médio do kWh para cada ano de análise. Obteve-se, também, a produção de energia acumulada no ano multiplicada pelo valor do kWh, conhecida como receita, respectiva de cada período. Os anos em que a tarifa de energia atingiu maior e menor valor foram, respectivamente: 2021, com valor de R\$0,71 por kWh consumido, e 2035, com valor de R\$0,59 (Tabela 1).

Tabela 1. Valor médio da tarifa (kWh) e receita (R\$) obtidas para cada ano analisado através da simulação.ao ano

Ano	Valor do kWh		Ano	Valor do kWh	
	Valor Médio	Receita		Valor Médio	Receita
2018	R\$ 0,67	R\$ 70.545,36	2031	R\$ 0,66	R\$ 62.965,55
2019	R\$ 0,65	R\$ 67.775,79	2032	R\$ 0,65	R\$ 61.478,13

2020	R\$ 0,65	R\$ 67.208,17	2033	R\$ 0,66	R\$ 62.298,79
2021	R\$ 0,72	R\$ 73.657,69	2034	R\$ 0,65	R\$ 60.609,02
2022	R\$ 0,66	R\$ 66.822,49	2035	R\$ 0,59	R\$ 54.335,12
2023	R\$ 0,62	R\$ 62.357,22	2036	R\$ 0,63	R\$ 58.330,33
2024	R\$ 0,62	R\$ 61.797,22	2037	R\$ 0,62	R\$ 56.360,83
2025	R\$ 0,63	R\$ 62.594,38	2038	R\$ 0,63	R\$ 57.942,55
2026	R\$ 0,64	R\$ 62.880,02	2039	R\$ 0,65	R\$ 58.884,56
2027	R\$ 0,63	R\$ 61.609,83	2040	R\$ 0,62	R\$ 56.001,97
2028	R\$ 0,63	R\$ 61.076,42	2041	R\$ 0,65	R\$ 57.837,15
2029	R\$ 0,62	R\$ 60.312,63	2042	R\$ 0,70	R\$ 61.876,81
2030	R\$ 0,66	R\$ 63.489,28	2043	R\$ 0,70	R\$ 61.443,67

O custo com a troca dos inversores apresentou valor total de R\$ 61.200,00. Esse valor foi rateado em 25 parcelas correspondente aos anos de análise, totalizando R\$ 2.448,00 por ano. Soma-se então, esse valor com o custo de disponibilidade de acesso à rede respectivo a cada período (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da relação entre as receitas obtidas, os custos gerados e o fluxo de caixa

Ano	Receita	Custo	Fluxo de Caixa
...	...	...	...
2023	R\$ 62.357,22	R\$ 3.188,84	R\$ 59.168,38
2024	R\$ 61.797,22	R\$ 3.187,36	R\$ 58.609,86
2025	R\$ 62.594,38	R\$ 3.202,18	R\$ 59.392,20
2026	R\$ 62.880,02	R\$ 3.210,96	R\$ 59.669,06
...	...	...	...
2043	R\$ 61.443,67	R\$ 3.288,10	R\$ 58.155,58

### 3.4 Análise dos indicadores

Após análise dos fluxos de caixa, verificou-se que o Valor Presente Líquido (VPL) do investimento apresentou valor igual a R\$ 512.370,73, que por ser positivo, indica a viabilidade do investimento. O valor obtido para a Taxa Interna de Retorno (TIR = 34%) foi superior à Taxa Mínima de Atratividade (Taxa Selic = 6,5%) utilizada neste estudo. Desta forma, dado o atual cenário de taxa de juros no Brasil, é vantajoso o investimento no sistema. Empregando o método de “payback” descontado, constatou-se que o investimento inicial de R\$ 255.000,00 será recuperado em 3,2 anos

(3 anos, 2 meses e 12 dias), tempo muito abaixo dos 25 anos de vida útil da USF. Os valores obtidos pelos indicadores estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Análise Econômica do sistema tendo como base os 25 anos de vida útil da USF.

TIR	34%
VPL	R\$ 512.370,73
“payback”	3,2

TIR (Taxa Interna de Retorno), VPL (Valor Presente Líquido), USF (Usina Solar Fotovoltaica)

#### 4. CONCLUSÕES

O valor da economia gerada pelo uso da Usina Solar Fotovoltaica foi baseado em tarifas de energia com variações aleatórias de valor no decorrer dos anos. O valor da tarifa é diretamente influenciado por decisões governamentais e comportamentos climáticos, que são difíceis de prever. Tomando como base o cenário de análise e os valores obtidos pelos indicadores, pode-se concluir que a utilização da USF é viável, pois a Taxa Interna de Retorno apresentou valor maior que a Taxa Mínima de Atratividade, o Valor Presente Líquido apresentou valor positivo para período de 25 anos e o “payback” se dá em, aproximadamente, 3 anos 2 meses e 12 dias. Ou seja, leva-se um tempo muito menor que o da vida útil do sistema, que é de 25 anos, para se obter o retorno do capital investido através da economia de energia.

Analisando os resultados, pode-se perceber também, que a economia gerada por uma USF é proporcional ao valor da tarifa de energia, ou seja, quanto maior o valor do kWh mais rápido se dá a recuperação do capital investido. Tendo em vista o atual cenário da tarifação de energia brasileiro, com sequencial aumento das tarifas, a implementação de uma USF pode ser uma alternativa interessante de investimento.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FUFMS, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

#### 6. REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. Finanças Corporativas e Valor. São Paulo. **Atlas**, 3<sup>a</sup> ed. 2008

- ANEEL.** Agencia Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> Acesso em: 2018
- ANEEL.** Agencia Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> Acesso em: 2018
- BCB.** Banco Central do Brasil. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/> Acesso em: 2018.
- INMET.** Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal> Acesso em: 2018
- DE FARIA, H., TRIGOSO, F.B., CAVALCANTI, J.A. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected system in Brazil: challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 75, p. 469-475, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.076>
- EPE, 2016. Balanço Energético Nacional – ano base 2015. **Empresa de Pesquisa Energética**, Rio de Janeiro.
- FERREIRA, A., KUNH, S. S., FAGNANI, K. C., DE SOUZA, T. A., TONEZER, C., DOS SANTOS, G. R., COIMBRA-ARAÚJO, C. H. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 81, p. 181-191, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.102>
- FROSI, F.; BATTISTI, C.; BÜHLER, A. J. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TRÊS TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA APLICADA A SISTEMAS RESIDENCIAIS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. In: Acta de la XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 3, pp. 04.01-04.10, 2015. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5
- JORDAN, Dirk C.; KURTZ, Sarah R. Photovoltaic degradation rates—an analytical review. **Progress in photovoltaics: Research and Applications**, v. 21, n. 1, p. 12-29, 2013.
- IQTIYANIILHAM, N., HASANUZZAMAN, M., HOSENUZZAMAN, M. European smart grid prospects, policies, and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 776-790, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.014>
- LAPPONI, J. C. Estatística usando Excel. 4. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.



- MELO, E.G., ALMEIDA, M.P., ZILLES, R., GRIMONI, J.A. Using a shading matrix to estimate the shading factor and the irradiation in a three-dimensional model of a receiving surface in an urban environment. **Solar Energy**, v. 92, p. 15-25, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.02.015>
- NĂSTASEA, G., ȘERBAN, A., DRAGOMIR, G., BREZEANU, A.L., BUCUR, I. Photovoltaic development in Romania. Reviewing what has been done. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 94, p. 523-535, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.056>
- NETO, J.F.C. Excel para profissionais de finanças: manual prático. Rio de Janeiro. **Elsevier**, 2ª ed, 2011.
- PENG, J., LU, L., HONGXING, Y. Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 255-274, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.035>
- RÜTHER, R., ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, p. 1027-1030, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.021>
- SHAFIE KHAN, M., NEYESTANI, N., DAMAVANDI, M.Y., GIL, F.A.S., CATALÃO, J. Economic and technical aspects of plug-in electric vehicles in electricity markets. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 1168-1177, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.079>
- TOLMASQUIM, M.T. Renewable energy, hydro, biomass, wind, solar, oceanic (in portuguese). Rio de Janeiro: **Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**; 2016.
- TORRES, I. A., DINIZ JUNIOR, 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, p85-95, jan/jun 2013.
- TYAGI V.V., RAHIM N. A. A., RAHIM N. A., JEYRAJ A./L. SELVARAJ. Progress in solar PV technology: Research and achievement. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 20, p. 443-461, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.028>
- ZAPATA, C. J. Analisis Probabilistico y Simulacion. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira, 2010. 235 p.
- ZENG, S., LIU, Y., LIU, C., NAN, X. A review of renewable energy investment in the BRICS countries: history, models, problems and solutions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 860-872, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.016>
- ZILLI, B.M., LENZ, A.M., SOUZA, S.N., SECCO, D., NOGUEIRA, C.A., ANDO JUNIOR, O.H., NADALETI, W.C., SIQUEIRA, J.A., GURGACZ, F. Performance and effect of water-cooling

on a microgeneration system of photovoltaic solar energy in Paraná, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 192, p. 477-485, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.241>

Recebido em: 02/04/2020

Aceito em: 31/07/2020

Endereço para correspondência:

Nome Isabel Kaufmann de Almeida

Email: [isabel.almeida@ufms.br](mailto:isabel.almeida@ufms.br)



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)