

Análise de retorno de investimento e viabilidade econômica em projetos de eficiência energética aplicados à Reitoria do Instituto Federal do Triângulo Mineiro.

Investment return analysis and economic viability of energy efficiency projects applied to the rectory of Instituto Federal do Triângulo Mineiro.

*¹Mateus Emanuel Tagliaferro; *²David Calhau Jorge

*¹ Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: david.jorge@uftm.edu.br

*² Engenheiro eletricitista no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: mateusemanuel@iftm.edu.br

RESUMO: Compreender os fatores envolvidos na implantação de uma usina fotovoltaica, bem como estimar seus resultados, permite uma análise crítica para contratos futuros por parte dos gestores de órgãos públicos, responsáveis pelo cumprimento do princípio da eficiência, uma das exigências primordiais da administração pública direta ou indireta. Um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, quando comparado às demais fontes alternativas de energia, possui baixa complexidade de instalação e operação. Ademais, por ser instalado próximo ao local de consumo de energia elétrica, o sistema de geração distribuída reduz perdas técnicas no transporte de energia elétrica e permite adiar investimentos em sistemas de distribuição e de transmissão de energia elétrica por parte das concessionárias competentes. Neste sentido, destaca-se um projeto piloto de implantação de um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica na Reitoria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, que comprova a economia de energia elétrica ao longo dos meses e analisa o retorno do investimento face ao capital investido. Para se mostrar atrativa, a proposta de investimento deverá, pelo menos, retornar o valor referente às aplicações correntes e de pouco risco. Assim, pode-se garantir a melhor utilização possível dos recursos públicos, evitando desperdícios e buscando maior rentabilidade social.

Palavras-chave: Geração de energia elétrica; Fotovoltaico; Payback; VPL; TIR.

ABSTRACT: Understanding the factors involved in the implantation of a photovoltaic plant, as well as estimating its results, allows a critical analysis for future contracts by public sector managers responsible for compliance with the efficiency principle, one of the primary requirements of direct or indirect public administration. A photovoltaic system connected to the grid, when compared to other alternative energy sources, has low complexity of installation and operation. In addition, because it is installed near the place of electric power consumption, the distributed generation system reduces technical losses in the transportation of electric power and allows to postpone investments in distribution and transmission systems of electric energy by the competent concessionaires. In this sense, a pilot project for the implementation of a photovoltaic electric energy generation system at the Rectory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Triângulo Mineiro, which proves the saving of electric energy over the months and analyzes the return of the investment against the invested capital. In order to be attractive, the investment proposal should at least return the value referring to current and low risk applications.

Keywords: About electric power generation; Photovoltaic; Payback; NPV; IRR.

DOI: 10.18554/rbcti.v4i3.3711

INTRODUÇÃO

O crescente aumento do consumo de energia elétrica e o reconhecimento das vantagens da implantação de sistema de geração distribuída frente aos vultosos investimentos necessários em geração, transmissão e distribuição de energia, consolidaram o sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica como grande aposta do setor energético. Observa-se que “entre as maiores dificuldades encontradas para a inserção da geração distribuída no Brasil estão os preços, ainda elevados, de instalação das novas tecnologias recentemente desenvolvidas” (ZILLES et al., 2012, p. 54).

A análise prévia de investimentos permite maior racionalização na utilização dos recursos de capital. E para solucionar um problema de análise de investimentos dentro da complexidade do mundo atual, é necessário o conhecimento de técnicas estudadas em engenharia econômica (CASAROTTO; KOPITKE, 2010).

A escassez dos recursos financeiros disponíveis diante das necessidades ilimitadas faz com que cada vez mais se procure otimizar sua utilização (CASAROTTO; KOPITKE, 2010).

A eficiência energética pode ser definida como a otimização no uso de energia necessária para um determinado fim, ou seja, a obtenção de melhores resultados por meio de tecnologias, processos e atitudes, sem abrir mão do conforto e da qualidade do produto final, com redução dos custos (ELETROBRAS, 2010).

Os sistemas fotovoltaicos, comparados a outras tecnologias de geração, são de instalação relativamente rápida e simples, o que praticamente elimina os riscos de grandes atrasos nos cronogramas das obras de instalação. Permitem, portanto, o início da operação apenas alguns meses depois da compra do sistema, algo que poderá diminuir substancialmente os custos de capital reunidos para o empreendimento. Instalados próximo ao local de consumo, ajudam a postergar os investimentos no aumento da capacidade das linhas de distribuição e mitigando perdas técnicas no transporte da eletricidade, representando, assim, um investimento eficaz do ponto de vista financeiro (ZILLES et al., 2012).

Para a análise do retorno de investimentos, diversas técnicas podem ser utilizadas para verificar a geração de valor, dentre elas podemos destacar o payback, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

Neste contexto, novos projetos de reforma e expansão dos Institutos Federais devem considerar o aproveitamento e utilização da energia solar para a redução de despesas, visto que a redução de custeio representa um dos grandes desafios impostos, frente às condições macroeconômicas atuais do país. Entre eles encontra-se o presente estudo, que busca demonstrar que a decisão pela implantação de um sistema de geração de energia elétrica através de células fotovoltaicas em uma das unidades dos Institutos Federais, não se baseou apenas no desejo de aproveitamento da energia solar, mas sim em uma criteriosa análise considerando o custo do capital investido e o retorno financeiro proporcionado pela economia de energia elétrica. Assim, esta pesquisa tem por objetivo realizar a análise de retorno de investimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica implantado no prédio da Reitoria do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), verificando sua viabilidade econômica e destacando conhecimentos gerais a respeito dos sistemas fotovoltaicos.

REVISÃO DA LITERATURA

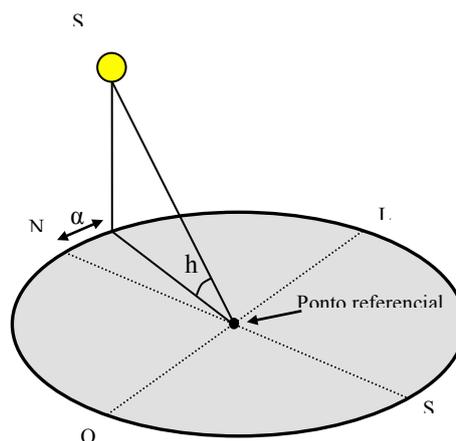
Orientação e inclinação dos painéis fotovoltaicos

A transferência da energia solar para o planeta Terra ocorre na forma de radiação solar eletromagnética e antes de chegar ao solo sofre diversas interferências. Assim, a radiação global que atinge a superfície do solo é composta pela radiação direta, que corresponde aos raios solares que chegam diretamente do Sol em linha reta e pela radiação difusa, proveniente dos raios solares que sofrem difração e reflexão nas nuvens, na atmosfera, no solo e em demais objetos (GAZOLI; VILLALVA, 2013).

A instalação adequada dos painéis fotovoltaicos deve considerar o posicionamento e a trajetória do sol ao longo do dia e ao longo do ano.

Através do sistema de coordenadas horizontais é possível identificar a localização de um corpo celeste a partir de um ponto referencial, expresso por de meio dois ângulos: a altura ou elevação (h) e o azimute (α), conforme **Figura 1**.

Figura 1 – Sistema de coordenadas horizontais

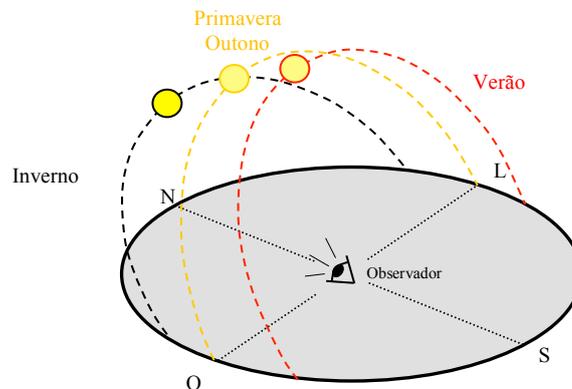


Fonte: Adaptado de Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações, 2013

O melhor aproveitamento da energia solar ocorre quando os raios solares incidem perpendicularmente ao plano do painel fotovoltaico. Esta condição é atendida quando as placas solares estão orientadas com um ângulo azimutal (α) igual a zero, ou seja, alinhadas com o norte geográfico (no hemisfério sul) e quando o painel possui uma inclinação ótima, de modo que a altura solar (h) permita que incidência dos raios sejam ortogonais aos painéis.

Um observador localizado no hemisfério sul, ao olhar em direção ao norte geográfico enxerga o Sol descrevendo uma trajetória circular no céu. Durante o inverno a altura solar é menor, próxima à linha do horizonte. Portanto, o observador enxerga o Sol mais baixo. Durante o verão, a altura solar é maior, portanto os raios solares incidem quase perpendicularmente ao plano horizontal, conforme podemos observar na **Figura 2**.

Figura 2 – Trajetória do movimento do Sol ao longo do ano



Fonte: Adaptado de Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações,

Uma recomendação prática e simples é a instalação dos painéis com ângulo de inclinação equivalente à latitude da região de instalação do sistema fotovoltaico. No caso da Reitoria do IFTM, a latitude corresponde a 19°42'16" S. Os painéis foram instalados com a inclinação de aproximadamente 12°, faceando inclinação das telhas metálicas. Além disso, os painéis fotovoltaicos da Reitoria foram orientados para o norte geográfico, condição ideal para obtenção do aproveitamento solar ótimo.

A geração distribuída - histórico, regulamentação atual e processo de revisão

A geração distribuída (GD) pode ser definida como um sistema composto por centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachadas – ou não – pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (Manual de Distribuição CEMIG, 2018).

Entende-se por centrais geradoras despachadas, a usina com execução do despacho de geração em tempo real estabelecido, supervisionado e controlado pelo ONS (www.ons.org.br).

A partir de 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa nº 482/2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e introduziu o sistema de compensação de energia elétrica, permitindo que uma unidade consumidora, por meio da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede, receba créditos da distribuidora local pelo excedente de energia que produziu com base em fontes renováveis. O crédito gerado pelo excedente de energia elétrica produzido pode ser usado para compensar débitos na conta de consumo de energia. Introduziu-se, portanto, o conceito de micro e minigeração. A microgeração distribuída foi definida como central geradora com potência instalada até 100 kW e a minigeração com potência instalada superior a 100 kW e igual ou inferior a 1 MW, desde

que utilizem fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conectada na rede de distribuição.

Posteriormente, através da resolução normativa 687 de 24 de novembro de 2015, estes limites foram alterados, simplificando o processo de conexão da GD com a rede. As novas regras permitiram o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada. A microgeração distribuída passou ser definida como a central geradora com potência instalada até 75 kW e a minigeração distribuída com potência superior a 75 kW e igual ou inferior a 3 MW para fonte hidrelétrica e 5 MW para outras fontes. Além disso, o prazo de validade dos créditos foi ampliado de 36 para 60 meses, possibilitando a compensação do consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, na mesma área de abrangência da concessionária distribuidora. A este tipo de compensação de créditos, foi instituído o conceito de “autoconsumo remoto”. Incorporou-se também possibilidade de instalação de geração distribuída em empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras. Assim, a energia gerada pode ser partilhada entre os condôminos em proporções estabelecidas pelos próprios consumidores. Foi criado também a “geração compartilhada”, onde diversos consumidores possam se unir em consórcio ou cooperativa.

Em 2017, após entrar em vigor a resolução normativa 786/2017 os limites da minigeração distribuída foram alterados, sendo superior a 75 kW e inferior a 5 MW, desde que utilizem cogeração qualificada, ou fontes renováveis de energia.

De acordo com as regras atuais, o montante de energia excedente gerada em uma unidade consumidora pode ser integralmente compensado, ou seja, a energia injetada na rede é valorada pela tarifa de energia elétrica vigente. A proposta que está em audiência pública tem como objetivo analisar diferentes alternativas para o sistema de compensação de energia elétrica, tendo em vista a necessidade de definir uma forma de valoração da energia injetada na rede que permita o crescimento sustentável da geração distribuída no Brasil. Através da Audiência Pública Nº 1/2019, realizada em 11 de fevereiro de 2019, iniciou-se o debate sobre a análise de propostas alternativas para o sistema de compensação de energia, considerando a necessidade de definir uma forma de valoração adequada ao crescimento sustentável da geração distribuída no Brasil. As concessionárias de energia elétrica alegam que a manutenção das regras atuais por um período indefinido pode elevar os custos da energia elétrica para todos os usuários da rede.

MÉTODO

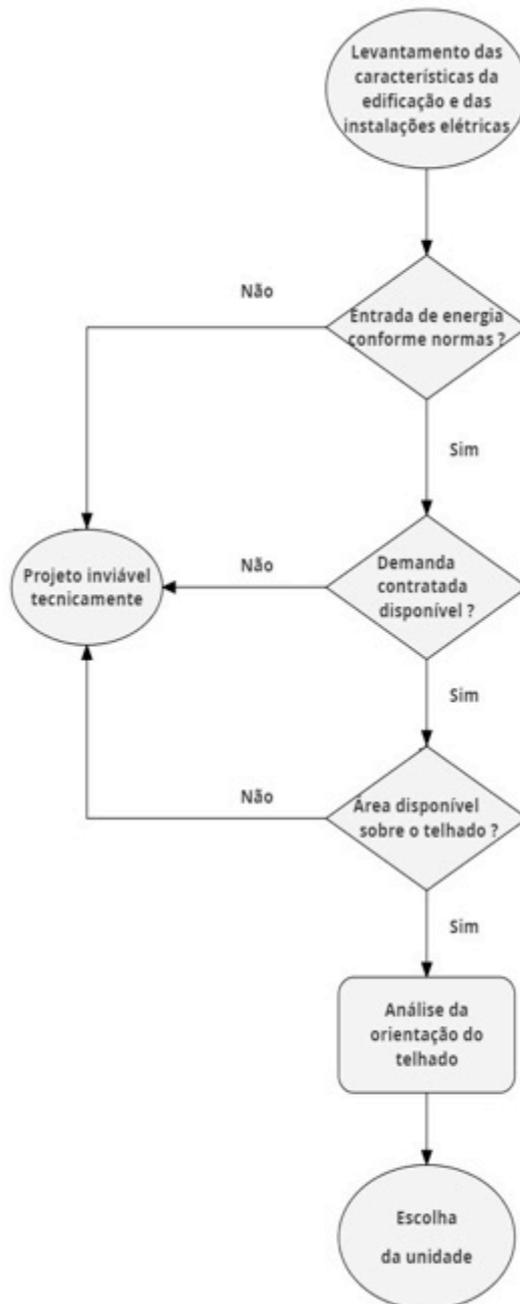
A pesquisa abordou uma investigação detalhada a respeito das tecnologias envolvidas, elencando os aspectos técnicos mais relevantes sobre o sistema de geração de energia solar fotovoltaico.

Os procedimentos de pesquisa foram iniciados com a seleção, leitura e análise de textos considerados mais relevantes do setor. Tal pesquisa bibliográfica baseou-se em artigos publicados e veiculados em revistas científicas, livros, conteúdos científicos especializados, dentre outras referências de domínio público.

A primeira etapa do trabalho consistiu na elaboração de um procedimento para seleção da unidade que receberia a usina fotovoltaica. O IFTM é composto, atualmente, pelos Campi Ituiutaba, Paracatu, Patos de Minas Patrocínio, Uberaba Parque Tecnológico – Unidade I, Uberaba Parque Tecnológico – Unidade II, Campina Verde, Uberaba,

Uberlândia, Uberlândia Centro e pela Reitoria. Para a implantação do projeto piloto de uma Usina Fotovoltaica de 70 kW pico, levou-se em consideração diversos aspectos técnicos que envolvem desde características construtivas da edificação até aspectos normativos da rede de energia elétrica local, conforme **Figura 3**.

Figura 3 – Fluxograma para seleção da unidade



Após a elaboração do fluxograma para a escolha da unidade foi desenvolvida uma matriz de requisitos (**Tabela 1**) para determinar a unidade que receberia a usina fotovoltaica.

Tabela 1. Matriz de requisitos para instalação da usina fotovoltaica

Unidade do IFTM	Características			
	a) Atende a ND 5.30 ou 5.31 - CEMIG	b) Demanda contratada disponível (1)	c) Área disponível sobre o telhado	d) Orientação do telhado
1º Reitoria	Sim	Sim	Sim	Norte
2º Campus Paracatu	Sim	Sim	Sim	Norte-Nordeste
3º Campus Avançado Uberaba Parque Tecnológico I	Sim	Sim	Sim	Nordeste
4º Campus Patrocínio	Sim	Sim	Sim	Nordeste
5º Campus Uberlândia Centro	Sim	Sim	Sim	Nordeste-Noroeste
6º Campus Ituiutaba	Não	Sim	Sim	Norte
7º Campus Uberaba	Não	Sim	Sim	Norte
8º Campus Uberlândia	Não	Sim	Não	Leste-Oeste
9º Campus Campina Verde	Não	Não	Sim	Noroeste
10º Campus Avançado Uberaba Parque Tecnológico II	Não	Não	Sim	Norte e Leste
11º Campus Patos de Minas	Não	Não	Não	Sul

(1) Conforme contrato de demanda vigente

A Matriz de requisitos para instalação da usina fotovoltaica classifica as unidades que possuem as melhores condições para implantação do sistema.

As unidades que não atendem aos requisitos do item a) Atendimento à ND 5.30 ou 5.31 – CEMIG ou item b) demanda contratada disponível, não estão elegíveis a receber a geração de energia fotovoltaica, uma vez que a concessionária de energia elétrica não permite a conexão de Geração Distribuída (GD) e adesão ao sistema de compensação de energia elétrica para unidades que não atendem aos requisitos normativos. Além disso, caso a potência instalada da GD ultrapasse a demanda contratada da unidade consumidora, é necessário que seja realizado o aumento do contrato de demanda, o que pode ocasionar em obras na rede de distribuição de responsabilidade do consumidor, nos termos do art. 40 da resolução ANEEL 414/2010, inviabilizando o retorno do investimento.

Portanto, considerando as características das edificações, a Reitoria foi a unidade que atendeu ao maior número de requisitos para a implantação da usina fotovoltaica.

A segunda etapa refere-se ao processo de contratação da usina fotovoltaica na Reitoria do IFTM que ocorreu por meio da adesão à ata do RDC n. 01/2016 (Regime Diferenciado de Contratações Públicas) do IF Sul de Minas. O objeto do contrato n. 20/2017 incluiu a elaboração e aprovação dos projetos junto à concessionária distribuidora de energia elétrica, bem como o fornecimento de materiais e equipamentos, construção, montagem, comissionamento, realização de testes e pré-operação de um sistema de gerador fotovoltaico de 70 kW pico, em conformidade com as especificações definidas no anteprojeto.

Celebrada a assinatura do contrato e emissão da ordem de serviço, deu-se início à terceira etapa do trabalho, ou seja, a implantação da usina fotovoltaica. O projeto de implantação da usina fotovoltaica de 70 kW pico consistiu na instalação de 270 painéis

fotovoltaicos policristalinos de 270 W pico, marca JINKO Solar, modelo JKM270PP-60 que foram distribuídos sobre os telhados dos blocos 01, 02, 04, 06 e 11 da Reitoria. A distribuição das placas leva em consideração a área disponível para instalação das placas solares sobre os telhados de cada bloco. Os blocos que possuem orientação voltada ao norte e que possuem maior proximidade ao QGBT foram selecionados para instalação dos painéis fotovoltaicos, a fim de proporcionar maior aproveitamento da radiação solar e menores perdas. Conforme definido no anteprojeto do edital, para manter a confiabilidade do sistema acima de 75% em caso de falha de um dos inversores de frequência, a usina fotovoltaica implantada na Reitoria foi dimensionada com 5 inversores trifásicos de 15 kW da marca Fronius, modelo Symo 15.0.3- 208.

Após a usina fotovoltaica entrar em operação, iniciou-se a quarta etapa, onde foram colhidos os resultados da geração de energia elétrica (kWh) ao longo dos meses através do software do sistema de monitoramento fotovoltaico do inversor de frequência e verificada a economia do consumo de energia elétrica da rede através das faturas de energia elétrica da concessionária.

A quinta e última etapa refere-se ao tratamento dos dados, ou seja, através dos resultados obtidos foram realizados os cálculos para análise de retorno do investimento, comparando o custo do capital investido com as diversas taxas de juros praticadas no mercado.

Análise de retorno de investimentos

A análise de retorno de investimentos é fundamental em situações onde nos deparamos com a escolha de alternativas que envolvem estudos econômicos. Não raro, a escolha é realizada sem que o custo do capital empregado seja considerado adequadamente. Somente um estudo econômico pode confirmar a viabilidade de projetos tecnicamente corretos. (CASAROTTO; KOPITKE, 2010).

Dentre os métodos utilizados para a análise de retorno de investimentos, podemos citar: o método de payback, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

“A taxa interna de retorno é a taxa de juros (desconto) que iguala, em determinado momento do tempo, o valor presente das entradas (recebimentos) com o das saídas (pagamentos) previstas de caixa” (ASSAF, 2009, p.152).

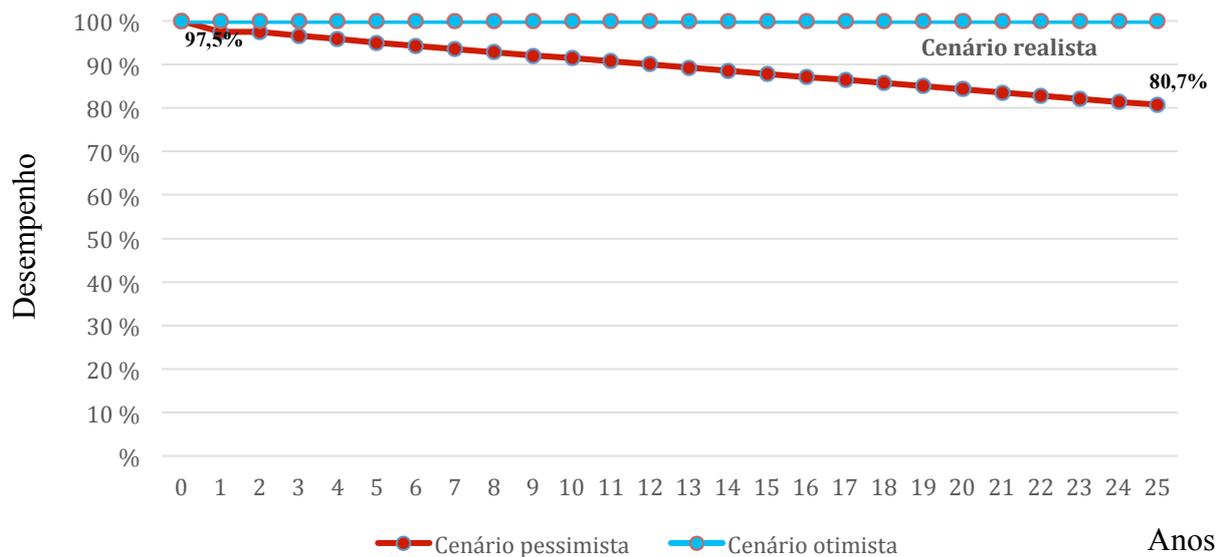
Ainda, de acordo com Assaf, o método do valor presente líquido (VPL) para análise dos fluxos de caixa é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios previstos de caixa, e o valor presente do fluxo de caixa inicial (valor de investimento). Para os projetos de investimentos realizados pela administração pública, podemos considerar a taxa básica de juros anual (SELIC) e a TLP (Taxa de Longo Prazo) como referenciais. Para os cálculos do retorno do investimento será considerado a TMA = 6,98% a.a e a SELIC = 6,5 % a.a (média anual projetada entre meses de agosto/2018 a dezembro/2018). Para os cálculos do VPL e da TIR foi considerado o período de 25 anos para o retorno dos fluxos de caixa projetados anuais.

A Análise de Retorno de Investimento deve, ainda, permitir a projeção de 3 cenários distintos: otimista, pessimista e realista. O cenário otimista (ideal) considera que o desempenho dos painéis fotovoltaicos será constante ao longo de 25 anos. Entretanto a perda de eficiência dos painéis fotovoltaicos ao longo dos anos deve ser considerada, o que poderá acarretar numa redução da produção de energia elétrica (kWh) e, conseqüentemente, na redução do fluxo de caixa esperado, conforme gráfico da **Figura 4**.

Assim, o cenário pessimista será dado pelo desempenho mínimo garantido pelo fabricante dos painéis.

Logo, o cenário realista está compreendido entre a faixa de valores do cenário otimista e do cenário pessimista e somente poderá ser determinado mediante as medições realizadas ao longo dos anos.

Figura 4 – Garantia de desempenho linear



Fonte: Adaptado da folha de dados do fabricante

RESULTADOS E DISCUSSÃO

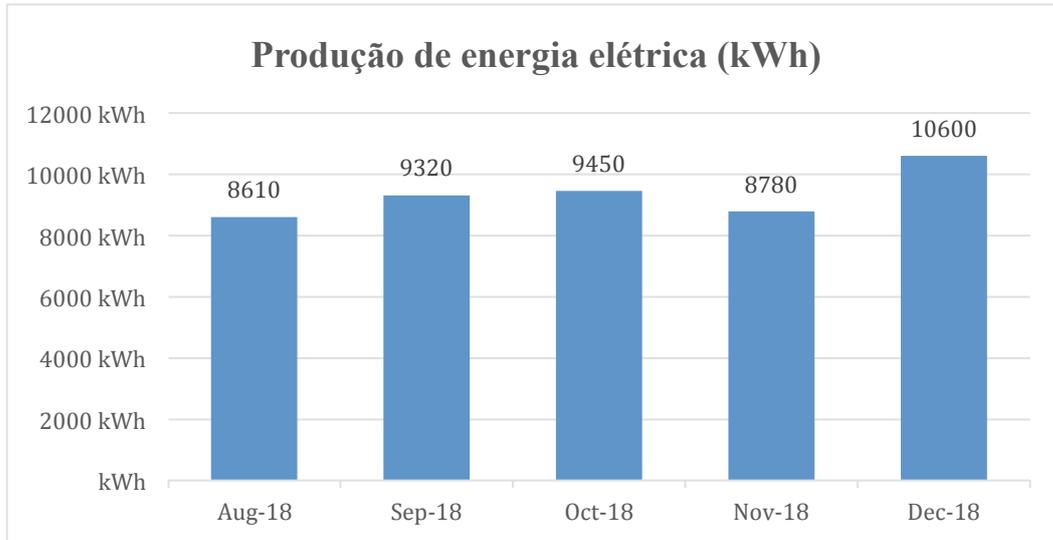
A Usina Fotovoltaica iniciou sua operação e produção de energia elétrica na Reitoria do IFTM após aprovação da vistoria técnica realizada pela CEMIG em 30/07/2018.

A produção mensal de energia elétrica da usina fotovoltaica foi compilada conforme podemos observar no gráfico extraído do sistema de monitoramento fotovoltaico, **Figura 5**.

A **Figura 4** mostra a produção de energia elétrica a partir do mês de agosto de 2018, o qual será considerado, para fins deste estudo, como marco inicial da produção de energia elétrica.

A produção de energia elétrica acumulada no ano de 2018 foi de 46760 kWh, enquanto a produção média mensal foi de 9352 kWh. Para se ter uma ideia de grandeza, a produção média mensal (kWh) da usina fotovoltaica é capaz de suprir o consumo mensal de 75 residências, considerando o consumo médio residencial de 123,6 kWh/mês em Minas Gerais no ano de 2017 (Empresa de Pesquisa Energética).

Figura 5 – Produção mensal de energia elétrica - Reitoria – Ano 2018

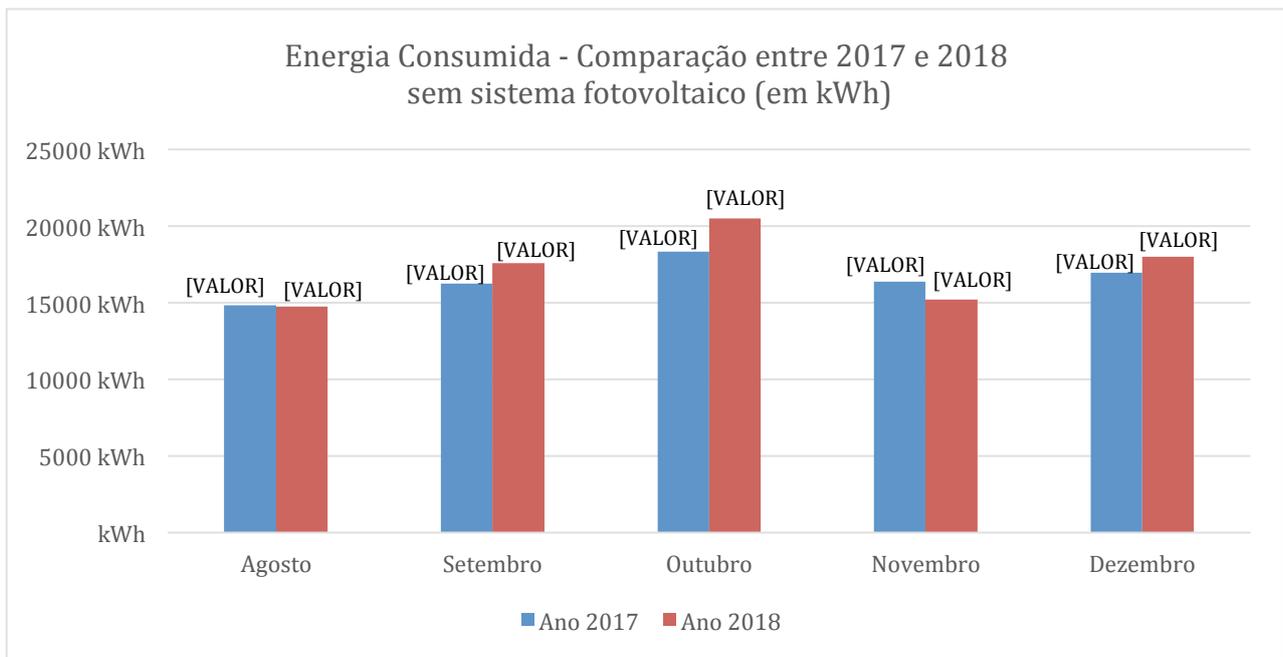


Fonte: Adaptado do Sistema de Monitoramento – Reitoria, 2018

A **Figura 6** mostra a comparação da energia elétrica total consumida pela Reitoria entre os anos de 2017 e 2018, no período de agosto a dezembro, sem considerar a contribuição do sistema fotovoltaico. É possível observar uma semelhança no perfil de consumo dos anos de 2017 e 2018, com uma variação mínima de 0,47% (agosto) e uma variação máxima de 11,8 % (outubro).

A população fixa da Reitoria registrada em 2017 foi de 148 servidores públicos, enquanto no final de 2018 foi de 150 servidores.

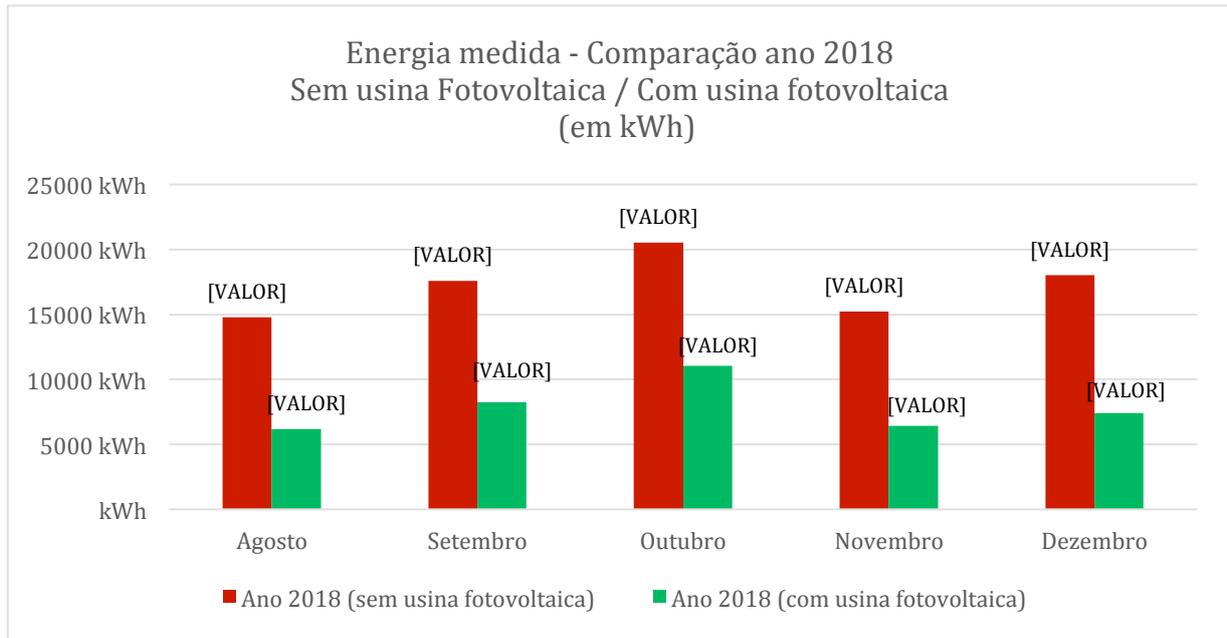
Figura 6 – Comparação da energia elétrica consumida entre os anos de 2017 e 2018



Fonte: Adaptado das faturas de energia elétrica da Reitoria e dados do monitoramento fotovoltaico.

A **Figura 7** revela a economia de energia elétrica (em kWh) registrada no medidor bidirecional da concessionária de energia elétrica no ano de 2018. Através dos dados da fatura de energia elétrica e do sistema de monitoramento fotovoltaico, foi possível levantar a energia elétrica registrada no medidor bidirecional sem considerar a contribuição do sistema fotovoltaico (barras em vermelho) em comparação com a energia elétrica registrada no medidor bidirecional considerando a contribuição do sistema fotovoltaico (barras em verde).

Figura 7 – Comparação energia registrada no medidor bidirecional no ano de 2018



Fonte: Adaptado das faturas de energia elétrica da Reitoria e dados do monitoramento fotovoltaico.

Conforme pode-se observar na **Figura 6**, a somatória da energia elétrica consumida registrada no medidor bidirecional, sem considerar a contribuição do sistema fotovoltaico, foi de 86100 kWh no ano de 2018. Por outro lado, a somatória da energia elétrica consumida registrada no medidor bidirecional em 2018, considerando a contribuição do sistema fotovoltaico foi de 39340 kWh.

Logo, a economia total de energia elétrica registrada no medidor bidirecional foi da ordem de 54,3 % em 2018.

CÁLCULO DA RENTABILIDADE MENSAL DA USINA FOTOVOLTAICA

A partir dos dados extraídos da produção mensal de energia elétrica, realizou-se o cálculo da rentabilidade mensal do sistema de geração fotovoltaico – **Tabela 2**, levando-se em consideração o custo do kWh para cada mês de referência no Horário Fora de Ponta (HFP) e o custo total de aquisição e implantação da usina fotovoltaica. O custo da energia elétrica no Horário de Ponta (HF) não foi considerado, uma vez que não houve significativa produção de energia elétrica durante este período.

Tabela 2 – Cálculo da rentabilidade mensal do sistema de geração fotovoltaico

Descrição	Mês					Média mensal
	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	
Energia elétrica produzida (kWh)	8610	9320	9450	8780	10600	9352
Valor da tarifa HFP (R\$/kWh)	0,4142	0,4074	0,4206	0,3868	0,3724	-
Valor total economia (R\$)	3566,26	3796,97	3974,67	3396,10	3947,44	3736,29
Rentabilidade mensal (%) 1	0,81	0,86	0,90	0,77	0,89	0,85

(1) calculado a partir do custo total de aquisição e implantação da usina fotovoltaica

$$\text{Rentabilidade mensal} = \frac{\text{Energia elétrica produzida} \times \text{Valor da tarifa HFP}}{\text{Custo total de implantação da usina fotovoltaica}}$$

Fonte: Fatura de energia elétrica e sistema de monitoramento *Fronius*.

A **Tabela 3** resume os resultados da análise de retorno de investimento da usina fotovoltaica.

Tabela 3 – Resultado da análise de retorno de investimento

Método	Resultado	
	Cenário otimista	Cenário pessimista
TMA ¹ (a.a)	6,5% (SELIC)	6,5% (SELIC)
	6,98% (TLP)	6,98% (TLP)
Payback	9 anos e 10 meses	10 anos e 5 meses
TIR	8,95%	7,95%
VPL	R\$ 76.091,26	R\$ 35.484,40

⁽¹⁾ Taxa média anual projetada entre meses de agosto/2018 a dezembro/2018

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos na **Tabela 3**, pode-se constatar que a Taxa Interna de Retorno (TIR) do projeto, tanto no cenário otimista (8,95%), quanto no cenário pessimista (7,95%), supera a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), cujos índices estão baseados na taxa média anual projetada da SELIC (6,5% ao ano) e TLP (6,98% ao ano), referenciais para o custo de capital.

Isto significa que as “receitas” com fluxo de caixa positivo projetados ao longo de 25 anos (economia na conta de energia) é capaz de superar o fluxo de caixa negativo do projeto (custo inicial de implantação), considerando que o gestor público está disposto a aceitar no mínimo, a TLP e a SELIC como taxas referenciais para o retorno do investimento.

Através do critério do Valor Presente Líquido (VLP) é possível quantificar o retorno do investimento ao longo dos 25 anos. Para o presente estudo, as receitas da usina fotovoltaica são capazes de “pagar” o custo de implantação e ainda gerar uma receita positiva de R\$ 76.091,26 ou R\$ 35.484,40 (nos cenários otimistas ou pessimistas,

respectivamente), trazidos a “valor presente”, referenciados à uma TMA de 6,98%, equivalente à TLP.

O resultado obtido através do critério de *payback* informa que a usina fotovoltaica “se paga” em torno de 10 anos em ambos os cenários, ou seja, a somatória das receitas produzidas pela usina fotovoltaica durante os 10 primeiros anos é equivalente ao custo inicial de implantação.

Apesar do critério de *payback* não considerar o valor monetário no tempo e também não considerar o fluxo de caixa após o período de 10 anos, esta ferramenta permite ao gestor público ter uma ideia do custo do projeto, ressaltando que o critério de *payback* não deve ser utilizado como critério de análise investimento sem antes realizar a viabilidade financeira através de outras ferramentas, tais como a TIR e o VPL.

Portanto, o gestor público deve estar atento aos principais fatores que influenciam a maximização da geração de valor. O custo principal do projeto está relacionado aos preços dos equipamentos praticados no mercado. O aumento da produção em larga escala dos equipamentos, a variação cambial, bem como os programas de incentivo do governo tendem a impactar diretamente o custo inicial de implantação.

Outro fator importante trata-se do valor da tarifa de energia elétrica. Esta variável contribui diretamente para a viabilidade do projeto, uma vez que se observa a progressão do custo energético no cenário brasileiro e mundial.

A necessidade de redefinir a forma de compensação da energia elétrica injetada na rede, proposta na Análise de Impacto Regulatório (AIR), que visa alterar resolução normativa ANEEL 482/2012, tratada na audiência pública 01/2019, não trará impactos na análise de retorno do investimento da usina fotovoltaica implantada na Reitoria, uma vez que as novas regras serão aplicadas apenas para as novas instalações de geração distribuída.

Após a alteração da resolução normativa ANEEL 482/2012, os futuros estudos de análise de retorno de investimento dos demais campi deverão observar os custos da remuneração pelo uso sistema de distribuição da concessionária de energia elétrica, ou ainda considerar o custo proveniente da implantação e manutenção de bancos de baterias para acumular a energia elétrica excedente.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, Alexandre. **Matemática Financeira e suas Aplicações**. 11. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 482/2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012428.pdf>> Acesso em: 05nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414/2010**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>> Acesso em: 05nov. 2018.

ABNT NBR 16149:2013 - **Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características de interface de conexão com a rede elétrica de distribuição**. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

ABNT NBR 16274:2014 - **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.** Rio de Janeiro, RJ, 2014

ABNT NBR IEC 62116:2012 - **Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** Rio de Janeiro, RJ, 2012. ANEEL.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos.** 11. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **ND 5.30 - Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão.** Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Clientes/Documents/.../ND.5.30.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2018

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **ND 5.31 - Requisitos para Conexão de Acessantes Produtores de Energia Elétrica ao Sistema de Distribuição da Cemig D – Média Tensão.** Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Clientes/Documents/ND.5.31.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2018

ELETROBRAS. **Programa Eletronorte de Eficiência Energética 2010.** Disponível: <http://www.eln.gov.br/opencms/export/sites/eletronorte/pilares/tecnologia/eficienciaEnergetica/arquivos/Programa_ELN_de_Eficiencia_Energetica_2010_revisao_1.pdf> Acesso em: 15/01/2019.

IEC 61727:2004 - **Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface.** Disponível em: < <https://standards.globalspec.com/std/365170/iec-61727>> Acesso em: 05 nov. 2018

IEC 62116:2014 - **Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding prevention measures.** Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/6479> Acesso em: 05 nov. 2018

IEEE 1547-2018 - **Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces.** Disponível em: <https://standards.ieee.org/standard/1547-2018.html> Acesso em: 05 nov. 2018

IEEE 929-2000. **Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems.** Disponível em: <https://standards.ieee.org/standard/929-2000.html> . Acesso em: 05 nov. 2018.

PORTARIA INMETRO n. 357, de 01 de agosto de 2014. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac002145.pdf> . Acesso em: 05 nov. 2018.

VDE 0126-1-1 - **Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid.**

Disponível em: <<https://www.vde-verlag.de/standards/0126041/din-v-vde-v-0126-1-1-a1-vde-v-0126-1-1-a1-2012-02.html>> Acesso em: 05 nov. 2018

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações.** 1. ed. São Paulo: Érica, 2013.

ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros; OLIVEIRA; Sérgio Henrique Ferreira de. **Sistema Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

Recebido em: 06/05/2019

Aprovado em: 26/06/2019