



ANÁLISE ECONÔMICA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR ON-GRID EM UMA RESIDÊNCIA EM POCRANE-MG

Lincoln Sousa Silva

Leandro José Lima

Curso: Engenharia Civil Período: 10º

***Área de Pesquisa: Instalações
elétricas***

Resumo: O mundo que consome cada vez mais energia, devido ao grande consumo, as principais fontes de energias não renováveis poderão se esgotar futuramente. Mediante a isso a busca por fontes de energias renováveis e limpas tem crescido constantemente. O Brasil é um país que tem como sua principal fonte de energia as hidrelétricas e atualmente passa por uma escassez hídrica, o brasileiro vem sofrendo cada vez mais com o aumento das tarifas cobradas pelo fornecimento da energia elétrica. Uma das soluções para resolver o problema é a instalação da energia solar fotovoltaica. O objetivo desse estudo foi analisar economicamente o sistema implementado de energia solar fotovoltaica *on-grid* em uma residência na cidade de Pocrane situada no leste do estado de Minas Gerais. No estudo foi levantado o valor que foi investido nas usinas e calculado o consumo médio de energia das residências. Foi calculado o *Payback* com o fluxo de caixa, Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno. Ao final dos estudos foi apresentado o retorno do valor investido a partir do sétimo ano após a instalação, mostrando assim que o investimento foi viável para o proprietário.

Palavras-chave: Energia solar. Fotovoltaica. Sustentabilidade. Energia elétrica.

1. INTRODUÇÃO

Devido crescimento da população mundial e a busca incessante pelo desenvolvimento e o crescimento econômico, tem elevado indiscutivelmente e continuamente a demanda pela energia elétrica. A matriz energética atual é composta por várias fontes renováveis como a energia hidrelétrica, solar, eólica, geotérmica, biomassa, entre outras, e também as não renováveis como a energia nuclear e por combustíveis fósseis como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural.

Por conta do aumento da demanda da energia elétrica, o atual cenário energético já apresenta indicações de esgotamento de recursos naturais para geração da energia. Além disso, a constante preocupação ambiental com o aumento da emissão de gases poluentes que causam o efeito estufa, vem impulsionando empresas e pesquisadores a desenvolver novas tecnologias para geração de energias mais limpas e eficientes.

Dentre as novas fontes de energia renováveis vem se destacando a energia solar fotovoltaica, que consiste a conversão da radiação solar em energia elétrica através de placas produzidas com materiais fotossensíveis que em sua grande maioria são feitas a partir do cristal de silício ultra puro. A utilização da energia solar ligada à rede elétrica está em constante crescimento, principalmente após a aprovação da Resolução nº 428 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que estabeleceu as condições para o acesso de sistemas de microgeração e minigeração distribuídas pelos sistemas de rede de distribuição de energia elétrica.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar economicamente a instalação da energia solar fotovoltaica ligada à rede de distribuição de energia elétrica em uma residência situada na zona rural do município de Pocrane – MG.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

No século XX a significativa oferta de energia obtida principalmente por meio dos combustíveis fósseis como o carvão mineral e o petróleo que deram suporte ao crescimento industrial e também o crescimento e a transformação da economia mundial. Em decorrência da grande extração desses combustíveis fósseis, o mundo sofreu com grandes prejuízos ambientais, especialmente com a emissão de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa. Já nos primeiros anos do século XXI notou-se a necessidade de modelos de desenvolvimentos sustentáveis de geração de energia (ANEEL, 2009).

Desde os tempos primórdios o sol é utilizado como fonte de energia, utilizado como iluminação natural em construções, na distribuição e organização do solo urbano e agrícola. Com o passar dos anos o uso desta fonte natural de energia foi evoluindo até transformá-la em energia elétrica através de um sistema de células fotovoltaicas.

Paralimhoff (2007) a energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Isso ocorre por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que utiliza o princípio do efeito fotovoltaico ou fotoelétrico. Para Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado por meio da absorção da luz solar que causa uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor.

Segundo Molina Junior (2015) os dispositivos utilizados para transformar a luz solar em eletricidade são compostos de materiais semicondutores (silício), que

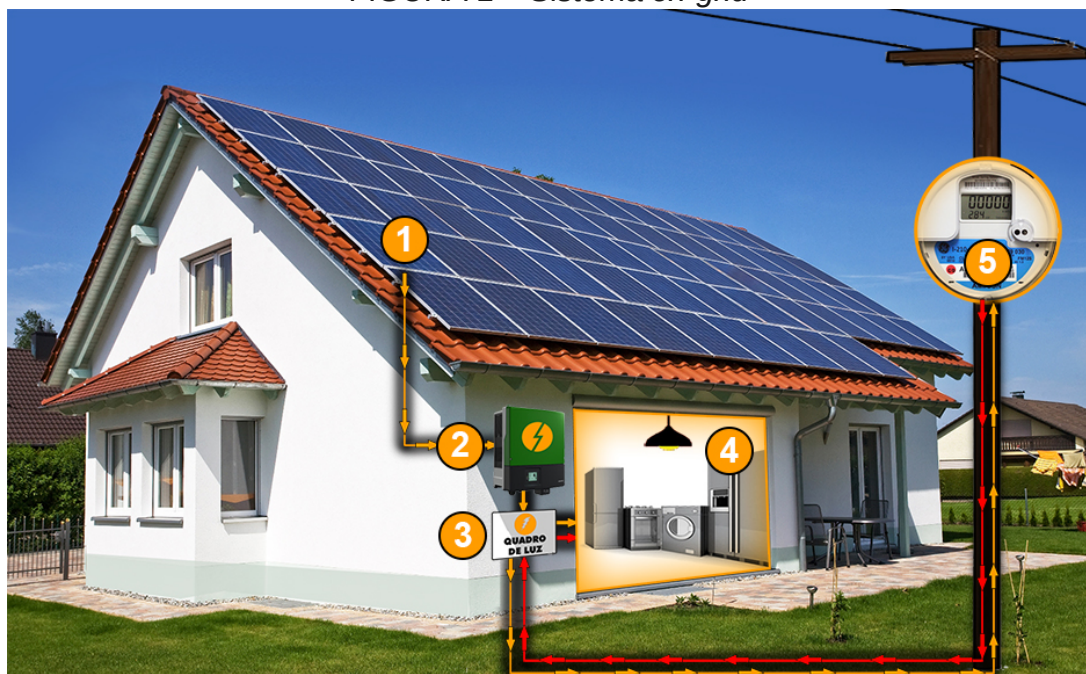
contém substâncias denominadas dopantes que estabelecem sua movimentação eletrônica. Deste modo, quando a energia luminosa é introduzida no painel, a radiação solar incidente é transformada em corrente contínua.

Esse sistema fotovoltaico é composto por painéis fotovoltaicos e equipamentos para conversão de energia de corrente contínua para corrente alternada, quando é utilizada para uso domiciliar.

Os sistemas solares fotovoltaicos tem a capacidade de transformar a energia solar diretamente em energia elétrica, sem emissão de gases, utilizando o sol que é uma fonte de energia limpa, renovável e virtualmente inesgotável (VIANA *et al.*, 2008). Depois de instalado esse sistema pode gerar e compensar toda energia consumida pela residência, podendo reduzir drasticamente o gasto mensal da conta de luz, que poderá ser tarifado somente pela taxa mínima do uso da rede, a taxa de iluminação pública caso a residência seja em área urbana, entre outras taxas. Devido à redução e o possível retorno gerado na conta de luz, cada vez mais pessoas estão optando por esse tipo de energia renovável e limpa, já que o retorno é recebido desde o momento da instalação e que é conectado na rede da concessionária.

Atualmente existem dois tipos de sistemas de energia solar o *on-grid* e o *off-grid*. O sistema *on-grid* é instalado entre o sistema gerador fotovoltaico e o ponto de fornecimento à rede mostrado na figura 1. Esse sistema recebe a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua e o transforma em energia alternada, sincronizando e injetando na rede elétrica. Já o sistema *off-grid* utiliza a energia armazenada nas baterias, ou seja, não é interligada a concessionária de distribuição de energia elétrica local (CASARO; MARTINS, 2010).

FIGURA 1 – Sistema *on-grid*



Fonte: Portal Solar (2016)

Costa *et al.* (2000) e Fadigas (1993) afirmam que, para saber se a energia solar é um investimento economicamente viável, é necessário recorrer à métodos e modelos de análise que avaliem os custos do investimento se ele realmente é viável, também que avaliem os seus benefícios decorrentes.

Estudos apontam que o sistema fotovoltaico possui um custo inicial de instalação razoavelmente alto, mas que ao passar do tempo a energia se torna rentável pois com a economia no valor da conta de luz que é reduzido, paga o valor da instalação do equipamento ao passar do anos. Costa e Prates (2014) afirmam que o custo dos investimentos em fontes renováveis de energia são mais elevados que as tecnologias convencionais.

Segundo o Portal BlueSol Energia Solar (2019), o Brasil é um país que tem as matrizes energéticas mais limpas do mundo, sua principal fonte de energia vem das hidrelétricas, por depender muito das fontes hídricas, o país apresenta quedas contínuas na sua geração de energia devido aos longos períodos de estiagem cada vez mais atípicos.

Para Uczai (2012), a utilização das fontes renováveis para a obtenção da energia, beneficia não somente a economia, mas também a sociedade em geral. Entre os meios de obtenção de energia, a solar é a que tem o menor custo em relação à energia obtida por meio dos combustíveis fósseis, além de diminuir a poluição dos recursos hídricos.

2.2. Metodologia

Segundo as definições sobre a aplicação da metodologia no trabalho científico, o presente estudo, terá por base o tipos de pesquisa trabalhados por Vergara (2006), que é dividido em dois critérios: quando aos fins e quando aos meios.

Quanto aos fins, este estudo é baseado em pesquisa metodológica pois aplica métodos de análise financeira para obtenção de resultados para saber em quanto tempo o investimento passará ser rentável para o proprietário. Quanto aos meios, é uma pesquisa bibliográfica pois utiliza dados livros, artigos, trabalhos de conclusão de curso, de portais eletrônicos de órgãos regulamentadores, entre outras fontes de informações.

Este trabalho também é um estudo de caso, pois é realizado uma pesquisa detalhada sobre o sistema que foi implantado na residência. A escolha da residência utilizada nesta pesquisa se deu por conta de ser uma propriedade rural que tem uma grande demanda energética pois nela são utilizadas ordenhadeiras elétricas e também possui tanque resfriador de leite. Além desta propriedade rural onde estão instalados os painéis solares, o sistema abastece mais duas residências por meio sistemas ligados à rede (*on grid*).

Foi levantado os dados referentes ao consumo de energia elétrica de uma propriedade rural situada no Córrego Monte Verde mostrada na figura 2 e duas residências na Praça Leôncio de Oliveira mostradas nas figuras 3 e 4, município de Pocrane, no estado de Minas Gerais. Também foram retirados das contas de luz da concessionária CEMIG S.A. o valor pago pelo serviço, o consumo total em KWh, o valor da tarifa por KWh, dos 12 meses anteriores à instalação do equipamento e 12 meses após a instalação.

FIGURA 2 – Localização da Fazenda Monte Verde



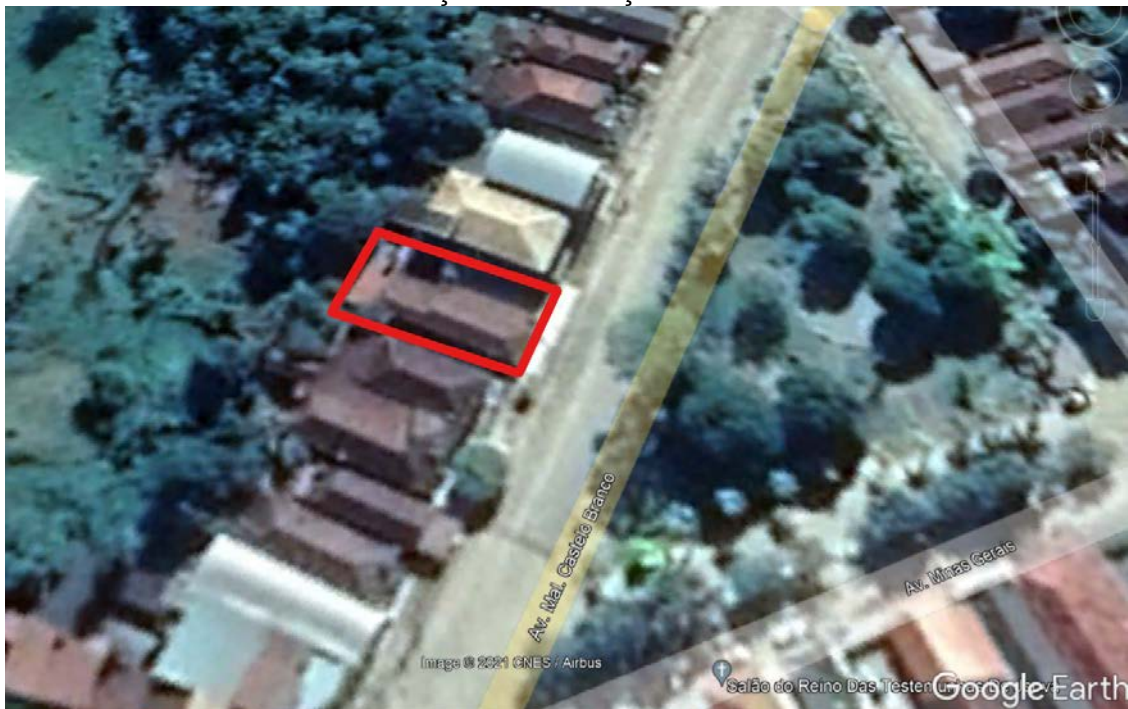
Fonte: Google Earth(2021)

FIGURA 3 – Localização casa Praça Leôncio de Oliveira 172



Fonte: Google Earth(2021)

FIGURA 4 – Localização casa Praça Leôncio de Oliveira 366



Fonte: Google Earth(2021)

Após o levantamento desse dados, foi realizado um orçamento do material utilizado no projeto para essas residência com a empresa EnergyFoton Engenharia, que foi responsável pela execução do projeto. Por fim, foram aplicados os métodos *Payback*, o Valor presente líquido (VPL) e a Taxa interna de retorno (TIR).

2.3. Discussão de Resultados

Para esse estudo foi utilizado três residências de uma mesma pessoa, sendo duas residências no meio urbano e uma fazenda no meio rural. Foi levantado o consumo médio dessas três residências no período de 12 meses (agosto de 2020 à agosto de 2021) com um consumo médio das três residências com total de 833,17 kWh/mês com um custo médio de R\$ 538,99 apresentado na tabela 1.

Inicialmente foram levantados dados das contas de energia das residências em estudo afim de obter o valor do consumo mensal gasto com a utilização do serviço prestado pela concessionária CEMIG. Foram levantados os dados das 12 ultimas faturas (agosto de 2020 à agosto de 2021) emitidas pela concessionáriaapresentadas nas tabelas 2 e 3.

TABELA 1 – Dados de consumo total das residências

MÊS	CONSUMO kWh	Valor da Fatura	
set/20	617	R\$	349,13
out/20	646	R\$	369,49
nov/20	748	R\$	433,76
dez/20	785	R\$	468,04
jan/21	1127	R\$	721,84
fev/21	997	R\$	600,84
mar/21	712	R\$	423,63
abr/21	940	R\$	558,50
mai/21	1297	R\$	731,60
jun/21	542	R\$	343,58
jul/21	689	R\$	447,41
ago/21	699	R\$	474,20
set/21	799	R\$	545,92
TOTAL	10598	R\$	6.467,92
MÉDIA	883,17	R\$	538,99

Fonte: Fatura emitida pela CEMIG (adaptado)

TABELA 2 – Dados de consumo da Fazenda Monte Verde

MÊS	CONSUMO kWh/mês	Valor da tarifa (sem Impostos)		Valor da Fatura	
set/20	333	R\$	0,51	R\$	169,69
out/20	268	R\$	0,51	R\$	135,84
nov/20	257	R\$	0,51	R\$	130,26
dez/20	247	R\$	0,54	R\$	133,17
jan/21	298	R\$	0,55	R\$	162,58
fev/21	259	R\$	0,52	R\$	134,76
mar/21	234	R\$	0,52	R\$	121,75
abr/21	316	R\$	0,52	R\$	164,41
mai/21	895	R\$	0,53	R\$	476,50
jun/21	168	R\$	0,57	R\$	96,54
jul/21	354	R\$	0,62	R\$	219,09
ago/21	341	R\$	0,64	R\$	217,83
set/21	438	R\$	0,66	R\$	288,54

Fonte: Fatura emitida pela CEMIG (adaptado)

TABELA 3 – Dados de consumo das Residências Praça Leôncio de Oliveira

MÊS	CONSUMO kWh/mês	Valor da tarifa (sem Impostos)		Valor da Fatura	
set/20	284	R\$	0,63	R\$	179,44
out/20	378	R\$	0,62	R\$	233,65
nov/20	491	R\$	0,62	R\$	303,50
dez/20	538	R\$	0,62	R\$	334,86
jan/21	829	R\$	0,67	R\$	559,25
fev/21	738	R\$	0,63	R\$	466,08
mar/21	478	R\$	0,63	R\$	301,88
abr/21	624	R\$	0,63	R\$	394,09
mai/21	402	R\$	0,63	R\$	255,10
jun/21	374	R\$	0,66	R\$	247,03
jul/21	335	R\$	0,68	R\$	228,32
ago/21	358	R\$	0,72	R\$	256,37
set/21	361	R\$	0,71	R\$	257,38

Fonte: Fatura emitida pela CEMIG (adaptado)

O orçamento feito para a instalação dos equipamentos para uma usina, foi inicialmente com 20 painéis fotovoltaicos para gerar uma média de 700 kW/mês mostrado tabela 3, mas com o aumento no gasto da energia com o tanque de leite montado na propriedade foi realizado outro orçamento posteriormente para um acréscimo de uma segunda usina contando com mais 6 painéis fotovoltaicos para gerar uma média de 200 kW/mês mostrado na tabela 4, totalizando assim uma produção de 900 a 1000 kW/mês.

TABELA 3 – Orçamento Usina 1

Serviço:	Valor (R\$)	Total (R\$)
Projeto e Homologação	R\$ 800,00	R\$ 23.280,00
Instalação	R\$ 3.000,00	
Material Fotovoltaico	R\$ 19.480,00	

Fonte: ENERGYFOTON Engenharia

TABELA 4 – Orçamento Usina 2

Serviço:	Valor (R\$)	Total (R\$)
Projeto e Homologação	R\$ 200,00	R\$ 11.680,00
Instalação	R\$ 1.000,00	
Material Fotovoltaico	R\$ 10.480,00	

Fonte: ENERGYFOTON Engenharia

TABELA 5 – Orçamento Total

Serviço:	Valor (R\$)	Total (R\$)
Projeto e Homologação	R\$ 1.000,00	R\$ 34.960,00
Instalação	R\$ 4.000,00	

Material Fotovoltaico R\$ 29.960,00

Fonte: ENERGYFOTON Engenharia

O valor total o investimento foi de R\$ 34.960,00 como mostra a tabela 5. O material utilizado na usina 1 são 20 painéis fotovoltaicos 320W da marca Kript modelo KRPF-320P5B com célula policristalina mostrados nas figuras 5 e 6, com o inversor da marca Solis modelo 4G Series mostrado na figura 7.

FIGURA 5 – Painéis fotovoltaicos 320W usina 1



Fonte: Os Autores (2021)

FIGURA 6 – Inversor da usina 1



Fonte: Os Autores (2021)

Já na segunda usina que foi acrescentada junto a primeira, foi utilizado os 6 painéis fotovoltaicos de 330W da marca ZnshineSolar modelo ZXP6-72-330/P mostrado nas figuras 7 e 8, com um inversor da marca Renovigi modelo 3K Plus.

FIGURA 7 – Painéis fotovoltaicos 330W usina 2



Fonte: Os Autores (2021)

Figura 8 – Inversor da usina 2



Fonte: Os Autores (2021)

FIGURA 9 – Usinas 1 e 2



Fonte: Os Autores (2021)

Este estudo sobre a viabilidade econômica na instalação do sistema de energia fotovoltaica, utiliza métodos praticados por muitos profissionais na área de finanças e de economia. Segundo Macedo (2014), os métodos que mais são utilizados são: Período de *Payback* simples, período de *payback* descontado, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL).

Para analisar o *Payback* e para um melhor entendimento se faz necessário a utilização de uma tabela demonstrando a depreciação do valor investido nas usinas x o valor anual que será economizado na fatura da energia. O fluxo de caixa apresentado é o período em que os painéis estarão em atividade que tem uma garantia de 25 anos. O valor total investido em equipamentos, instalação, projetos e homologação foi de R\$ 34.960,00 mostrado na tabela 5. Acrescentando a cada 5 anos o valor de R\$ 5.000,00 de manutenção e inversores pois os mesmos tem uma vida útil e garantia de 5 anos. O fluxo de caixa de cada ano será o valor economizado nos primeiros 12 meses de uso (agosto de 2020 à agosto de 2021). O sistema adotado será o *Payback* simples. Veja na tabela 6.

TABELA 6 – Fluxo de caixa e *Payback*

	Valor do Investimento		Fluxo de caixa		Payback	
Ano 0	-R\$	34.960,00				
Ano 1			R\$	6.467,92	-R\$	28.492,08
Ano 2			R\$	6.467,92	-R\$	22.024,16
Ano 3			R\$	6.467,92	-R\$	15.556,24
Ano 4			R\$	6.467,92	-R\$	9.088,32
Ano 5	-R\$	5.000,00	R\$	6.467,92	-R\$	7.620,40
Ano 6			R\$	6.467,92	-R\$	1.152,48
Ano 7			R\$	6.467,92	R\$	5.315,44
Ano 8			R\$	6.467,92	R\$	11.783,36
Ano 9			R\$	6.467,92	R\$	18.251,28
Ano 10	-R\$	5.000,00	R\$	6.467,92	R\$	19.719,20
Ano 11			R\$	6.467,92	R\$	26.187,12
Ano 12			R\$	6.467,92	R\$	32.655,04
Ano 13			R\$	6.467,92	R\$	39.122,96
Ano 14			R\$	6.467,92	R\$	45.590,88
Ano 15	-R\$	5.000,00	R\$	6.467,92	R\$	47.058,80
Ano 16			R\$	6.467,92	R\$	53.526,72
Ano 17			R\$	6.467,92	R\$	59.994,64
Ano 18			R\$	6.467,92	R\$	66.462,56
Ano 19			R\$	6.467,92	R\$	72.930,48
Ano 20	-R\$	5.000,00	R\$	6.467,92	R\$	74.398,40
Ano 21			R\$	6.467,92	R\$	80.866,32
Ano 22			R\$	6.467,92	R\$	87.334,24
Ano 23			R\$	6.467,92	R\$	93.802,16
Ano 24			R\$	6.467,92	R\$	100.270,08
Ano 25	-R\$	5.000,00	R\$	6.467,92	R\$	101.738,00

Fonte: Os Autores

Pelos dados obtidos na tabela 4, observa-se que o *Payback* do investimento na instalação de energia solar é dado no ano 7. Após esse período, é contado os demais valores do fluxo de caixa que serão o lucro do investidor, nesse caso no final dos 25 anos o investidor terá um lucro de R\$ 101.738,00 após a instalação do sistema.

Para verificar se realmente foi bom investimento é necessário calcular o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n}$$

FC = Fluxo de caixa

t = Momento de ocorrência do fluxo de caixa

i = Taxa mínima de atratividade

n = Período de tempo

Na equação do VPL, foi calculado pelo fluxo de caixa inicial que é o valor inicial do investimento que é de R\$ 34.960,00 mais a somatória do valor economizado de R\$ 6.467,92 descontado pela taxa mínima de atratividade pelo risco do investimento de 12,1% ao ano durante os 25 anos de atividade. Conforme os dados levantados, o valor presente líquido atingiu o valor de R\$ 15.418,93, mostrando que o investimento na instalação do sistema de energia solar realizado foi viável para o proprietário dos imóveis.

Para calcular a Taxa Interna de Retorno (TIR) foi utilizada a seguinte equação:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

FC = Fluxo de caixa

t = Momento de ocorrência do fluxo de caixa

n = Período de tempo

TIR = Taxa Interna de Retorno

Nessa equação foi utilizado o fluxo de caixa inicial com o valor e -R\$ 34.960,00, seguido pelo valor economizado por ano que é de R\$ 6.467,92 por 25 anos. Conforme os dados levantados, o valor obtido na taxa interna de retorno é de 18,22%, que é maior que a taxa mínima de atratividade do investimento que é de 12,1%.

3.CONCLUSÃO

No presente estudo foi analisado economicamente a implantação de um sistema de energia solar *on-grid* em uma propriedade na zona rural da cidade de Pocrane no estado de Minas Gerais. O sistema instalado na propriedade rural gera energia para suprir as necessidades de três residências sendo uma na zona rural e duas delas no perímetro urbano da cidade.

Com o estudo conclui-se que o investimento realizado na instalação do equipamento, foi viável para o proprietário visto que o *Payback* realizado demonstra um retorno a partir do sétimo ano após o início das atividades, que posteriormente gere o valor de R\$ 101.738,00 de lucratividade.

Além do fator econômico que demonstra a viabilidade do projeto, foi considerado também o fator ambiental, por ser uma fonte de energia limpa e renovável não causa dano ao meio ambiente. O país passa também por uma escassez hídrica que contribui para o aumento da tarifa impostas pelas concessionárias, pois a maior fonte de energia no Brasil são produzidas por hidroelétricas.

4. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: 2009. 243 p.

BlueSol Energia Solar. Energia solar em casa: As 5 Razões Porque Você Precisa Ter Um Gerador Solar Próprio [+ Preço e Como Funciona]. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-em-casa/>>. Acesso em 2 out. 2021.

CASARO, Marcio Mendes; MARTINS, Denizar Cruz. Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, v. 21, p. 159-172, 2010.

COSTA, H.S.; COSTA, R.A.L.; ECK, M. Análise econômica comparativa da eletrificação rural comercial e fotovoltaica. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, 3., 2000, Campinas. Anais... Campinas: UNICAMP, 2000. 1 CD.

COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel Trindade. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. 2005.

FADIGAS, E. Dimensionamento de fontes fotovoltaicas e eólicas com base no índice de perda de suprimento e sua aplicação para o atendimento a localidades isoladas. 1993. 163 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

MACEDO, Joel de Jesus; CORBARI, Ely Celia. Análise de projeto e orçamento empresarial. **Curitiba: InterSaberes**, 2014.

MOLINA JUNIOR, Walter F. Recursos Energéticos e ambiente [livro eletrônico]/Walter F. **Molina Jr., Thiago LibórioRomanelli**. **Curitiba: InterSaberes**, 2015.

SEVERINO, M.; OLIVEIRA, M. Fontes e tecnologias de geração distribuída para atendimento a comunidades isoladas. **Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados**, Palmas, 2010.

UCZAI, P. Energias renováveis: riqueza sustentável ao alcance da sociedade. Câmara dos Deputados, Brasília-DF, 2012.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2006

VIANA, T. S.; URBANETZ, J.; RÜTHER, R. Potencial de sistemas fotovoltaicos concentradores no Brasil. In: **II Congresso de**. 2008.