



ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO EM IPANEMA/MG

Brunna Fontoura Rios

Kastelli Pacheco Sperandio

Curso: Engenharia Civil Período: 10º Área de Pesquisa: Instalações Elétricas

Resumo: Devido ao aumento do consumo de energia elétrica mundial, a falta de energia disponível e a crise hídrica enfrentada nos últimos anos pelo Brasil, viu-se a necessidade de buscar novas fontes de energia, que sejam renováveis e que não agredam ao meio ambiente. Atendendo a esses critérios, a geração de energia solar fotovoltaica se apresenta como uma alternativa para geração da própria energia, reduzindo os custos das faturas mensais e garantindo a diversificação da Matriz Energética Nacional. Este artigo propõe realizar um estudo de viabilidade econômica de implantação desse sistema, na cidade de Ipanema, localizada na região leste do estado de Minas Gerais, buscando o tempo de retorno do investimento através do método chamado *Payback*. Realizou-se um orçamento com uma empresa da cidade, para atender a demanda de uma residência com consumo médio mensal de 180kW/h para a verificação dos valores de aquisição e instalação. Para cálculo do *Payback*, foi obtido a média do valor do kW/h mês, sendo este projetado anualmente com acréscimo de 4,8% ao ano, chegando-se à conclusão que o investimento era viável, tendo o tempo de retorno de 10 anos e 8 meses para pagamento à vista.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Análise de viabilidade econômica. Tempo de retorno.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma das energias mais versáteis e importantes no mundo moderno, sendo uma das principais fontes de luz, calor e força. Com a constante evolução tecnológica, decorrente da procura de uma vida confortável pela humanidade, faz com que a demanda de energia elétrica também cresça de forma proporcional (SILVA, 2019).

Em 2020 o Brasil consumiu 474.884 GWh de energia elétrica de acordo com o Resenha Mensal de Energia Elétrica (BRASIL, 2021), e sua produção é centralizada nas grandes hidrelétricas, representando 65,20% segundo dados da Balanço Energético Nacional (2021). Apesar de ser uma fonte de energia renovável, ela gera grandes impactos durante o processo de construção das usinas hidrelétricas, sendo sua produção considerada instável devido a fatores externos, como condições climáticas, a exemplo, as estiagens (MAGNUS, 2019).

Atualmente o país sofre com uma grande crise hídrica, registrando a mais de sete anos, níveis abaixo da média histórica de 100 ENA (quantidade de água captada pelas usinas hidrelétricas, em unidade de energia) (BRASIL, 2021). Essa redução acarreta a necessidade de recorrer à geração de energia através das termoeletricas, gerando um custo maior, o que vem afetando diretamente o valor das tarifas de energia elétrica (GALVÃO, BERMANN, 2015).

Diante disso, a energia fotovoltaica, obtida através da transformação da radiação solar em energia elétrica, se apresenta como alternativa para atender à crescente demanda energética, sendo também uma energia de fonte renovável (RELLA, 2017).

A Terra recebe todos os dias mais energia do Sol do que a energia consumida por outras fontes. No Brasil, ela ainda é pouco utilizada, representando 1,7% da Matriz Energética Nacional em 2020 (BRASIL, 2021), devido aos altos custos do sistema fotovoltaico, mesmo que o país possua uma grande potência de produção, sendo um dos que mais recebe irradiação solar do mundo (BARBOSA FILHO *et al.*, 2015).

Nesse sentido, o presente trabalho visa a realização de um estudo sobre a energia fotovoltaica, apresentando uma análise de viabilidade técnica e econômica de implementação de painéis fotovoltaicos para uso residencial, através de pesquisa de mercado na cidade de Ipanema, Minas Gerais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Energia Elétrica no Brasil e a crise hídrica

A energia elétrica contribui de forma significativa para o desenvolvimento da sociedade, melhorando a qualidade de vida da população. Porém, trouxe preocupações com o meio ambiente fazendo com que a sociedade busque fontes de energia renováveis e que não agredam o meio ambiente (HINRINCHS; KLEINBACH; REIS, 2015).

A demanda de energia elétrica mundial cresceu nos últimos 50 anos, principalmente em países industrializados, sendo que 90% da energia gerada foi por meio dos combustíveis fósseis (REIS *et al.*, 2014). Conforme dados da Resenha Mensal de Energia Elétrica (2021), o Brasil consumiu 474.884 GWh de energia no ano de 2020, apresentando um aumento de 41,94% a mais em relação ao ano de 2005 onde foi consumo 334.564 GWh. Essa alta, leva a dois grandes fatores: a falta de energia disponível e a maior utilização de energia providas de fontes não renováveis.

Segundo o Balanço Energético Nacional (2021), a utilização da energia solar sofreu um aumento de 187,1% em 2020 em relação ao ano de 2019, fator caracterizado pelo crescimento contínuo da geração de energia fotovoltaica.

Mesmo com o crescimento da energia solar, ela ainda representa 1,7% em relação as demais fontes de energia na Matriz Energética Nacional, enquanto a energia gerada pelas usinas hidrelétricas representa 65,20% (BRASIL, 2021), mostrando que o país ainda é dependente dessa fonte de energia, ficando vulnerável às questões climáticas (MAGNUS, 2019).

A Tabela 1, mostra a distribuição das fontes geradoras de energia no Brasil e suas respectivas porcentagens de produção nos anos de 2019 e 2020. Nela, pode-se observar que a energia gerada pelas usinas hidrelétrica teve uma alta de 0,3%. Já a energia solar, saltou de 1,0% para 1,7%. Apesar do índice de crescimento ser maior, a energia solar ainda é a fonte de energia menos usada no Brasil.

TABELA 1 - Matriz Energética do Brasil nos anos 2019 e 2020

FONTE	GERAÇÃO EM 2019 (%)	GERAÇÃO EM 2020 (%)
Biomassa	8,4	9,1
Carvão e derivados	3,3	2,7
Derivados do Petróleo	2,0	2,1
Eólica	8,6	8,8
Gás Natural	9,3	8,3
Hidráulica	64,9	65,2
Nuclear	2,5	2,2
Solar	1,0	1,7

Fonte: Adaptado da Empresa de Pesquisa Energética (2021).

Desde de 2013 o Brasil sofre com a crise hídrica, agravada por problemas ambientais devido as questões econômicas e sociais (LOPES, 2021), registrando níveis abaixo da média história de 100 ENA (%MLT) nos subsistemas das regiões Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste, sendo estes, respectivamente, de 82 e 75 ENA(%MLT), registrados em 2020, 81 e 42 ENA (%MLT) registrados em 2019 (BRASIL, 2021). Para Almeida e Benassi (2015), a escassez de chuva na região Sudeste, está ligada ao desmatamento dos biomas terrestres regionais e a deterioração dos biomas aquáticos, impulsionada pelo avanço da urbanização.

Essa crise afeta diretamente o nível de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Em busca de energia limpa e renovável, a energia obtida através de placas fotovoltaicas apresenta como uma alternativa de geração de energia, uma fonte limpa, sem danos a natureza, tendo um grande aproveitamento como fonte de calor e luz solar, sendo uma das mais beneficiadoras e promissoras de energia do mundo (SILVA *et al.*, 2019).

Desde de 2012, com a Resolução 482, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), um órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia, responsável por regular o setor elétrico do Brasil, normatizando as políticas definidas pelo Governo Federal, coordenando as atividades de geração de energia elétrica, transmissão, distribuição e comercialização em todo Brasil (BRASIL, 2021), regulamentou a microgeração e minigeração de energia elétrica. Com isso, possibilitou que o consumidor brasileiro pudesse gerar sua própria energia elétrica (BRASIL, 2012), desde que sejam fontes renováveis, como energia fotovoltaica, além do acúmulo de crédito com a companhia

distribuidora pelo excedente de energia de energia produzido, podendo ser utilizada por outra unidade consumidora, na mesma companhia, desde que estejam cadastrados no mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) (BRASIL, 2012).

O Brasil é um país com pouca demanda de energia fotovoltaica, devido ao receio de não obter retorno do investimento inicial. Seu alto custo se dá pela necessidade de importação dos materiais e os altos impostos aplicados sobre eles. Porém, em contrapartida, a crescente busca por energias renováveis que não agredam o meio ambiente, faz com que o governo e os bancos aumentem o incentivo para o crescimento desta modalidade no país, aumentando os investimentos e implantação de energia fotovoltaica em residências e indústrias (YAMAO, 2018).

O Sol é a maior fonte de energia que o planeta Terra possui (OLIVEIRA, 2017). A radiação solar não atinge a Terra uniformemente, ou seja, os países próximos a linha do Equador, retem uma incidência solar maior, fazendo com que o Brasil se destaque nesse quesito (BRASIL, 2019). De acordo com dados internacionais da SWERA, o país possui potencial solar de 24.993.114.080 MWh/ano (NREL, 2021). Seu processo de fusão nuclear transforma hidrogênio em hélio, emitindo assim energia em forma de radiação eletromagnética (CARLESSO *et al.*, 2018).

2.2. Energia Solar Fotovoltaica

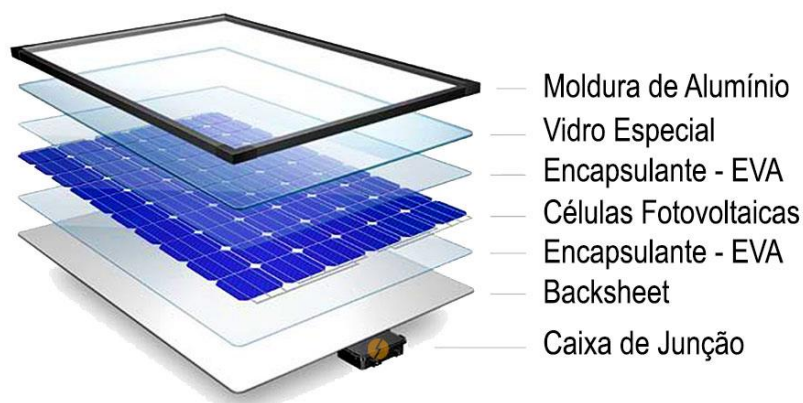
É definida como fontes de energia limpa, ou seja, renováveis, aquelas que são consideradas inesgotáveis ou que se regeneram constantemente na natureza (BRASIL, 2021). A energia solar se enquadra nessa definição, uma vez que não polui o meio ambiente e pode ser vista como uma fonte de energia inesgotável (FONTOURA *et al.*, 2018). Segundo Lagrimante *et al.* (2018), a China é a maior produtora de energia fotovoltaica por acreditar que esse tipo de sistema é menos impactante ao meio ambiente, mesmo sendo o país com maior índice de poluente e gases do efeito estufa, sendo também a maior importadora de módulos fotovoltaicos do mundo.

A energia solar fotovoltaica é obtida através da radiação solar convertida em eletricidade por meio de materiais semicondutores. Essa transformação é conhecida como efeito fotovoltaico (SILVA *et al.*, 2019). Esse efeito foi observado pela primeira vez em 1893 por Edmund Becquerel, quando o físico percebeu que, durante seus experimentos eletrolíticos, em uma solução de selênio havia aparecido tensão entre os eletrodos de solução condutora enquanto a solução de selênio era iluminada pela luz solar (RIBEIRO JUNIOR *et al.*, 2020).

O sistema fotovoltaico é composto por módulos fotovoltaicos, suporte de fixação, cabos elétricos, inversores e disjuntores, e eventuais elementos, como sistema de monitoramento remoto e armazenagem de energia (LACCHINI, 2017). É importante destacar que esse sistema sofre uma perda de eficiência, de aproximadamente 0,70% a cada ano (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

Cada módulo fotovoltaico é estruturado com uma moldura de alumínio, células fotovoltaicas, vidro especial encapsulante com resistências a altas temperaturas, *backsheet* e caixa de junção como mostra a figura 1 (DANTAS *et al.*, 2019), conforme ilustrado na Figura 1.

FIGURA 1 - Estrutura módulo fotovoltaico



Fonte: Portal Solar (2021)

Existem três tipos de subsistema de geração de energia solar fotovoltaica. A geração centralizada formada por grandes usinas e que ficam afastadas dos centros de consumo, necessitando de grandes linhas de transmissão de energia. O sistema solar fotovoltaico *On-grid* e o sistema solar fotovoltaico isolado, também conhecido como *Off-grid* (CALDAS; MOISÉS, 2016).

Segundo Caldas e Moisés (2016) o sistema *On-grid* é formado por pequenas usinas instaladas próximo ao ponto de consumo, conectados à rede, onde o proprietário pode produzir sua própria energia e o excedente ser transformado em crédito junto a concessionária, podendo ser abatido nas próximas faturas ou em outras unidades consumidoras cadastradas no mesmo CPF ou CNPJ.

O sistema *Off-grid* ou sistema isolado, é aquele em que a energia é produzida e o excedente é armazenado em bateria. Esse tipo de geração costuma ocorrer em lugares de difícil acesso ou remotos, distantes dos sistemas interligados (CALDAS; MOISÉS, 2016).

2.2. Metodologia

Com base nos conhecimentos abordados e para a realização do estudo proposto, foi utilizado o processo de pesquisa-ação, voltado para a análise de dados financeiros coletados por meio de uma pesquisa de mercado, com fornecedor e técnico da cidade de Ipanema, localizada na região leste de Minas Gerais.

Para fins de cálculo, a demanda a ser atendida é de uma residência familiar com média de consumo mensal de 180KWh, com padrão monofásico, habitada por 4 pessoas adultas, sendo a residência localizada em local livre de sombreamento.

Para análise de viabilidade econômica e de retorno do investimento, é usada uma ferramenta denominada *Payback*, que de acordo com Mendes e Miranda (2018) e Miranda e Cristofolini (2016), pode ser definida como um período de tempo para retorno do valor investido inicialmente.

O primeiro passo a ser seguido é o levantamento da média de consumo da residência e o local da instalação. Com isso, foi solicitado um orçamento com uma empresa do sistema de fotovoltaico ligado à rede de distribuição (*On-grid*) e sancionadas as dúvidas a respeito da instalação com a empresas bem como os procedimentos a serem adotados posteriormente.

2.3. Discussão de Resultados

2.3.1. Orçamento

Segundo orçamento passado pela empresa, para atender as condições desse trabalho, são necessários à instalação de 5 módulos fotovoltaicos monocristalinos de 1,7kWp, com garantia de 25 anos de geração, 10 anos dos módulos e inversores concedida pelo fabricante contra defeitos de fabricação e de 90 dias de garantia para as instalações, oferecidas pela empresa. Os mesmos ocuparão uma área de 11m², sendo instalados sobre o telhado da residência do qual é coberto por telha metálica e conectados à rede de distribuição (*On-grid*).

O orçamento inclui: os módulos fotovoltaicos; estrutura de suporte; cabeamento solar especial com condutores e conectores; sistema de proteção elétrica contra surto (*StringBox*); e inversor para conversão corrente DC/AC.

Além disso, a empresa conta com um engenheiro eletricista para elaboração do projeto para a instalação do sistema do qual tem que ser aprovado junto a concessionária de energia elétrica.

O investimento total é de R\$ 12.350,00 à vista, válidos por 5 dias após a emissão do orçamento, sendo 50% de entrada e o restante pago ao término da execução do projeto. O pagamento pode ser efetuado ainda por financiamento pela própria empresa, totalizando R\$ 13.370,00. A Tabela 2 apresenta os valores e a quantidade de parcelas, dinheiro de entrada para o investimento e o custo total parcelado.

TABELA 2 - Valores do financiamento pela empresa

Entrada	R\$ 6.500,00 (50%)
Quantidade de Parcelas	12
Valor da Parcela	R\$ 600,00 (fixa)
Valor Total	R\$ 13.700,00

Fonte: Adaptado do orçamento da empresa (2021).

A empresa informou que não há necessidade de manutenções periódicas, mas deve ser realizada uma limpeza a cada 6 meses para retirada de poeira e resíduos acumulados, sendo feita pela própria empresa com o custo de R\$ 200,00 por limpeza.

É importante ressaltar que a irradiação solar em Ipanema-MG atinge uma média de 4,74 kWh/m² por dia (CRESESB, 2021) como mostra a Tabela 3, sendo o mês de fevereiro apresentando o maior índice de irradiação solar (6,02 kWh/m² por dia), 67,68% a mais que junho, onde apresenta o menor índice (3,59 kWh/m² por dia).

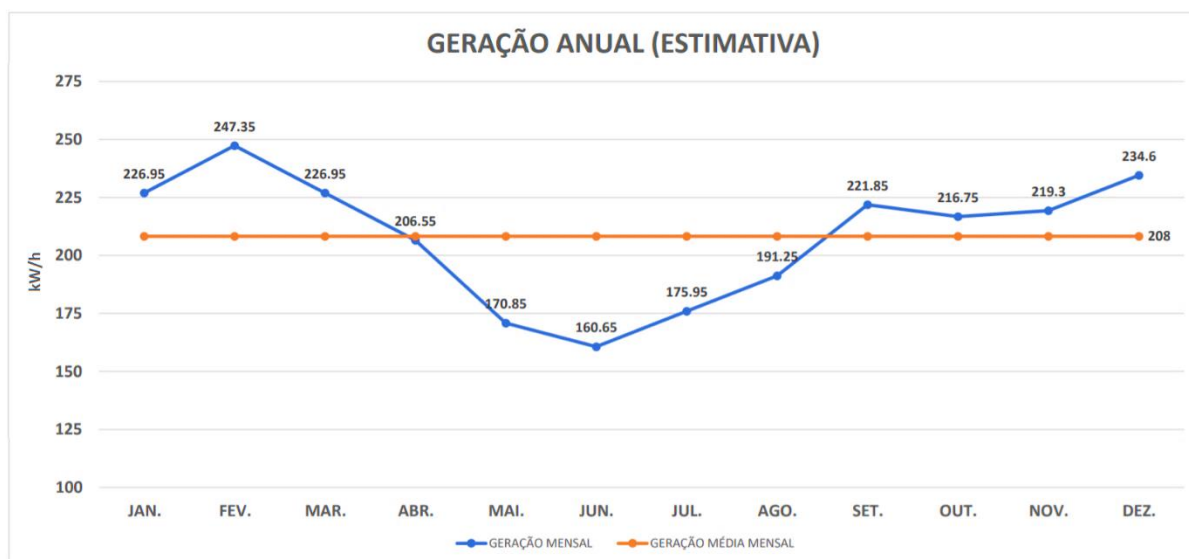
TABELA 3 - Valores da irradiação solar em Ipanema-MG (kWh/m².dia)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
5,78	6,02	5,02	4,64	3,85	3,59	3,76	4,41	4,69	4,84	4,75	5,51	4,74

Fonte: Adaptado CRESESB (2021).

O Gráfico 1 mostra a produção média de energia por mês em kW/h do sistema solar fotovoltaico, obtido através produto da potência do módulo fotovoltaico por metro quadrado (330W), pela média da irradiação solar por mês e pelo rendimento, levando em conta que há perdas nesse tipo de sistema. Assim se obteve a estimativa de produção mensal pelo sistema, tendo em média 208kW/h.

GRÁFICO 1 - Geração Anual (estimativa)



Fonte: Adaptado orçamento fornecido pela empresa (2021).

Para análise econômica, definiu-se que o sistema fotovoltaico possui taxa de degradação de 0,6% ao ano e a vida útil de 25 anos (HORWACZ, 2018). A taxa de atratividade definida como 15%. O valor utilizado para os cálculos foi de R\$ 0,682913 (kW/h), a média anual do preço do kW/h de acordo com a bandeira tarifária de cada mês entre o período de novembro de 2020 a outubro de 2021 como mostra a Tabela 4.

TABELA 4 - Valor do kW/h por mês e bandeira tarifária (sem imposto)

MÊS	BANDEIRA	VALOR kW/h
Novembro, 2020	Verde	0,618050
Dezembro, 2020	Vermelha P2	0,712970
Janeiro, 2021	Amarela	0,636790
Fevereiro, 2021	Amarela	0,636790
Março, 2021	Amarela	0,636790
Abril, 2021	Amarela	0,636790
Mai, 2021	Vermelha P1	0,657760
Junho, 2021	Vermelha P2	0,712970
Julho, 2021	Vermelha P2	0,712970
Agosto, 2021	Vermelha P2	0,712970
Setembro, 2021	Escassez hídrica	0,760050
Outubro, 2021	Escassez hídrica	0,760050
MÉDIA		0,682913

Fonte: Adaptado EPD e CEMIG (2021)

Segundo a Resolução Normativa nº414 de 2010 da ANEEL (2010), um consumidor recebe a cobrança de uma tarifa mínima, mesmo que não utilize a energia disponível, sendo ela referente a 30kWh/mês para padrão monofásico. O seu valor

pode variar mensalmente devido a fatores como custo de transporte, encargos e perdas de energia.

Para a análise de viabilidade econômica, é necessário encontrar inicialmente os valores a serem pagos futuramente para a concessionária de energia. Santos et al. (2017), com base em seus estudos realizados, observaram reajustes de 4,8% ao ano na tarifa segundo estatísticas da ANEEL e previsões do IGPM (Índice Geral de Preços do Mercado) e IRT (Índice de Reajuste Tarifário).

Na Tabela 5 são apresentados os valores da projeção (Φ Proj) com ajuste anual no valor do kW/h; o valor cobrado pela concessionária calculado a partir da Φ Proj encontrada multiplicando pelo consumo médio mensal da residência (180kW/h), encontrando o valor mensal do qual é propagado pelos 12 meses do ano. Assim, até 2035, o valor total acumulado a ser pago à concessionária de energia elétrica é de R\$ 31.355,41.

TABELA 5 - Projeção do custo médio mensal da tarifa

ANO	Φ PROJ (R\$/KWH)	CONCESSIONÁRIA (R\$)	ACUMULATIVO CONCESSIONÁRIA (R\$)
2021	0,682913	1.475,09	1.475,09
2022	0,715693	1.545,90	3.020,99
2023	0,750046	1.620,10	4.641,09
2024	0,786048	1.697,86	6.338,95
2025	0,823779	1.779,36	8.118,31
2026	0,863320	1.864,77	9.983,09
2027	0,904759	1.954,28	11.937,37
2028	0,948188	2.048,09	13.985,45
2029	0,993701	2.146,39	16.131,84
2030	1,041398	2.249,42	18.381,27
2031	1,091386	2.357,39	20.738,66
2032	1,143772	2.470,55	23.209,21
2033	1,198673	2.589,13	25.798,34
2034	1,256209	2.713,41	28.511,75
2035	1,316507	2.843,66	31.355,41

Fonte: Próprio autor.

Com base no valor do kW/h encontrado por ano, as Tabelas 6 e 7 demonstram os valores a serem pagos nas duas modalidades disponibilizadas pela empresa: à vista e a prazo (12 meses).

TABELA 6 - Dados calculados para sistema fotovoltaico pago à vista

ANO	Φ PROJ. (R\$/KWH)	ENERGIA GERADA (KWH)	ENERGIA CONS. (KWH)	TAXA MIN.(R\$)	LIMPEZA (R\$)	AQUISIÇÃO DO SISTEMA (R\$)	CUSTO (R\$)
2021	0,682913	208	30,00	245,85	400,00	12.350,00	12.995,85
2022	0,715693	208	30,00	257,65	400,00		13.653,50

2023	0,750046	208	30,00	270,02	400,00	14.323,51
2024	0,786048	208	30,00	282,98	400,00	15.006,49
2025	0,823779	208	30,00	296,56	400,00	15.703,05
2026	0,863320	208	30,00	310,80	400,00	16.413,85
2027	0,904759	208	30,00	325,71	400,00	17.139,56
2028	0,948188	208	30,00	341,35	400,00	17.880,91
2029	0,993701	208	30,00	357,73	400,00	18.638,64
2030	1,041398	208	30,00	374,90	400,00	19.413,54
2031	1,091386	208	30,00	392,90	400,00	20.206,44
2032	1,143772	208	30,00	411,76	400,00	21.018,20
2033	1,198673	208	30,00	431,52	400,00	21.849,72
2034	1,256209	208	30,00	452,24	400,00	22.701,96
2035	1,316507	208	30,00	473,94	400,00	23.575,90

Fonte: Adaptado próprio autor.

TABELA 7 - Dados calculados para sistema fotovoltaico pagamento a prazo

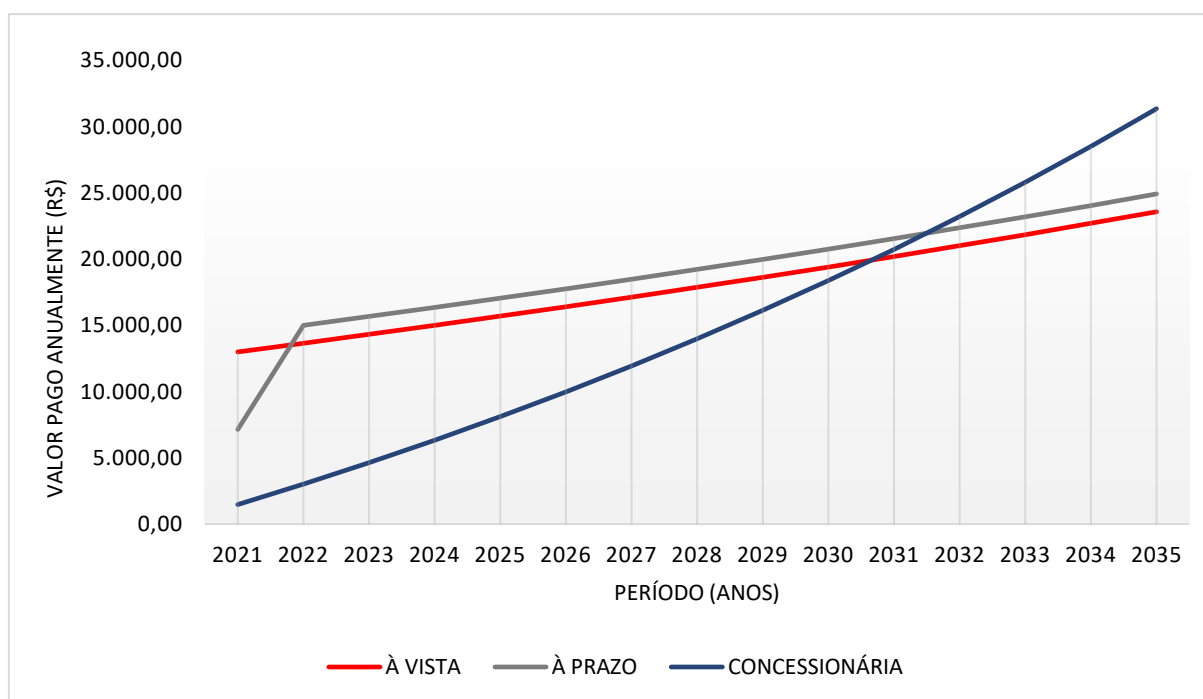
ANO	ΦPROJ (R\$/KWH)	ENERGIA GERADA (KWH)	ENERGIA CONS. (KWH)	TAXA MIN. (R\$)	LIMPEZA (R\$)	AQUISIÇÃO DO SISTEMA (R\$)	CUSTO (R\$)
2021	0,682913	208	30,00	245,85	400,00	6.500,00	7.145,85
2022	0,715693	208	30,00	257,65	400,00	13.700,00	15.003,50
2023	0,750046	208	30,00	270,02	400,00		15.673,51
2024	0,786048	208	30,00	282,98	400,00		16.356,49
2025	0,823779	208	30,00	296,56	400,00		17.053,05
2026	0,863320	208	30,00	310,80	400,00		17.763,85
2027	0,904759	208	30,00	325,71	400,00		18.489,56
2028	0,948188	208	30,00	341,35	400,00		19.230,91
2029	0,993701	208	30,00	357,73	400,00		19.988,64
2030	1,041398	208	30,00	374,90	400,00		20.763,54
2031	1,091386	208	30,00	392,90	400,00		21.556,44
2032	1,143772	208	30,00	411,76	400,00		22.368,20
2033	1,198673	208	30,00	431,52	400,00		23.199,72
2034	1,256209	208	30,00	452,24	400,00		24.051,96
2035	1,316507	208	30,00	473,94	400,00		24.925,90

Fonte: Adaptado próprio autor.

As Tabelas 6 e 7 foram efetuadas com base na média de produção de energia gerada pelo sistema fotovoltaico, obtendo-se o custo total acumulativo do sistema ao final do ano de 2035 para cada tipo de pagamento, sendo de R\$ 23.575,90 para pagamento a vista e R\$ 24.925,90 para pagamento a prazo.

Da energia consumida mensalmente, foi acrescido o valor da taxa mínima de 30kW/h (Taxa min. R\$) multiplicado pelos 12 meses de acordo com o valor do kW/h correspondente a cada ano, além do valor da manutenção (limpeza) realizada duas vezes ao ano. O Gráfico 2 apresenta a projeção estimada entre os dois métodos de pagamento (à vista e a prazo) e o valor que ser pago a concessionária sem a aquisição do sistema, onde é possível comparar o crescimento da reta, mostrando ter gastos maiores com a concessionária do que com a aquisição do sistema solar fotovoltaico.

GRÁFICO 2 - Comparação entre cada tipo de pagamento e custo da concessionária até 2035



Fonte: Adaptado próprio autor.

Para efeito de estudo e cálculo, será adotado o *Payback* onde os valores são apresentados o fluxo de caixa na Tabela 8 para pagamento à vista e na Tabela 9 para pagamento a prazo (12 meses).

TABELA 8: Fluxo de Caixa e *Payback* para pagamento à vista

ANO	INVEST.	LIMPEZA (R\$)	TAXA MIN. (R\$)	FLUXO DE CAIXA (R\$)	PAYBACK (R\$)
0	R\$ 12.350,00	400,00	245,85	1475,09	-11.520,76
1		400,00	257,65	1545,90	-10.632,51
2		400,00	270,02	1620,10	-9.682,43
3		400,00	282,98	1697,86	-8.667,55
4		400,00	296,56	1779,36	-7.584,75
5		400,00	310,8	1864,77	-6.430,77
6		400,00	325,71	1954,28	-5.202,20
7		400,00	341,35	2048,09	-3.895,47
8		400,00	357,73	2146,39	-2.506,81

9	400,00	374,9	2249,42	- 1.032,28
10	400,00	392,9	2357,39	532,21
11	400,00	411,76	2470,55	2.191,00
12	400,00	431,52	2589,13	3.948,61
13	400,00	452,24	2713,41	5.809,78
14	400,00	473,94	2843,66	7.779,50

Fonte: Próprio autor

TABELA 9: Fluxo de Caixa e *Payback* para pagamento a prazo

ANO	INVEST.	LIMPEZA (R\$)	TAXA MIN. (R\$)	FLUXO DE CAIXA (R\$)	PAYBACK (R\$)
0	R\$ 13.700,00	400,00	245,85	1475,09	-R\$12.870,76
1		400,00	257,65	1545,90	-R\$11.982,51
2		400,00	270,02	1620,10	-R\$11.032,43
3		400,00	282,98	1697,86	-R\$10.017,55
4		400,00	296,56	1779,36	-R\$ 8.934,75
5		400,00	310,8	1864,77	-R\$ 7.780,77
6		400,00	325,71	1954,28	-R\$ 6.552,20
7		400,00	341,35	2048,09	-R\$ 5.245,47
8		400,00	357,73	2146,39	-R\$ 3.856,81
9		400,00	374,9	2249,42	-R\$ 2.382,28
10		400,00	392,9	2357,39	-R\$ 817,79
11		400,00	411,76	2470,55	R\$ 841,00
12		400,00	431,52	2589,13	R\$ 2.598,61
13		400,00	452,24	2713,41	R\$ 4.459,78
14		400,00	473,94	2843,66	R\$ 6.429,50

Fonte: Próprio autor

Com os dados apresentados é possível verificar que o tempo de retorno do investimento para aquisição do sistema, considerando os gastos com taxa mínima da fatura cobrada pela concessionária de energia e manutenção dos módulos fotovoltaicos (limpeza), para pagamento a vista é de 10 anos e 8 meses e para pagamento a prazo é de 11 anos e 6 meses.

Diante do estudo apresentado, é possível dizer que o investimento o sistema de geração de energia solar na cidade de Ipanema- MG é viável, tendo o retorno mais rápido quando o pagamento é efetuado à vista.

Para comparar este valor, buscou-se informações na literatura no país, para as mesmas condições de implantação do sistema sendo de uso residencial com média de 180kW/h/mês, onde são utilizados 5 módulos fotovoltaicos. Estas informações são apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1: Valores de *Payback* para diferentes cidades do Brasil

CIDADE	ESTADO	PAYBACK (ANOS)	AUTORES
Estreio	MA	10,6	Silva Jr. et al. (2017)
Londrina	PA	14,63	Romeral et al. (2017)
Porto Alegre	RS	10,69	Anzanello Jr. e Werner (2018)
Brasília	DF	17,48	Duarte et al. (2018)
Manaus	AM	9,6	Fontinelle et al. (2018)
São Bento do Sul	SC	11,6	Weiss e De Miranda (2021)

Fonte: Adaptado WEISS, MIRANDA (2021).

Comparando a tabela de valores, pode-se dizer que a média é de 12 anos e 5 meses, podendo este ser estabelecido como um valor viável para a instalação, tornando a implantação do sistema fotovoltaico em Ipanema-MG considerado viável mesmo diante dos dois métodos de pagamento.

Philippi Júnior e Reis (2016) destacam que o tempo de vida útil desse sistema pode chegar em média a 25 anos, o que o torna viável. Mesmo que o tempo de retorno seja a longo prazo, o investidor ainda terá aproximadamente 10 anos para usufruir do equipamento apenas com lucro.

3. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento desse estudo, foi possível analisar o orçamento de implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico em uma residência, com consumo médio mensal de 180 kW/h, projetando os valores das tarifas de energia com ajuste de 4,8% ao ano, a fim de descobrir os valores a serem cobrados por kW/h nos próximos anos, para comparar os valores a serem pagos para a implantação com o valor da concessionária.

Ao analisar os resultados obtidos, o sistema fotovoltaico, no ponto de vista ambiental, é uma excelente solução a fim de diminuir a poluição e os gases do efeito estufa. Além disso, o consumo de energia no Brasil vem crescendo constantemente, desgastando os sistemas de geração de energia convencional, além dos fatores variáveis como as mudanças climáticas que afetam diretamente a principal fonte de energia do Brasil, provida das hidrelétricas.

Com base nos investimentos necessários e o tempo de retorno, conclui-se que o sistema fotovoltaico é um excelente investimento para geração de energia solar na cidade de Ipanema-MG diante das condições propostas e analisadas, tendo um retorno mais rápido quando o pagamento é executado à vista, sendo este de 10 anos e 8 meses, considerando a taxa mínima paga para a concessionária e eventuais manutenções.

O sistema fotovoltaico é uma tecnologia em desenvolvimento, com grande área de pesquisa e melhoria dos componentes e da eficiência energética dos painéis. Com base nisso, novos estudos devem ser realizados periodicamente para verificar o retorno do investimento, que podem trazer melhorias quanto ao retorno.

4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Daniel Ladeira; BENASSI, Roseli Frederigi. Crise hídrica e de energia elétrica entre 2014-2015 na região Sudeste. **Revista Hipótese, Itapetininga**, v. 1, n. 2, p. 65-76, 2015.

BARBOSA FILHO, Wilson Pereira et al. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 628-642, 2015.

BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Quem somos**. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso 25 set 2021.

BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 414, de 09 de setembro de 2010**. 2010. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>>. Acesso em: 23 out 2021.

BRASIL, CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Fontes**. 2019. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_adf.ctrlstate=52xt7r8a7_5&_afLoop=832188465878355#!>. Acesso em: 25 set 2021.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Fontes de energia**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>>. Acesso em: 30 set 2021.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2021**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_Síntese_2021_PT.pdf>. Acesso em: 24 ago 2021.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal de Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/resenha-mensal-do-mercado-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 01 set 2021.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Escassez hídrica e o fornecimento de energia elétrica no Brasil**. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/infogr%c3%a1fico.pdf>> Acesso em 24 ago 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/re n2012482.pdf>> Acesso em: 25 set 2021.

BRASIL. Operador Nacional do Sistema- NOS. **Energia Natural Afluente por subsistema**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/energia_afluente_subsistema.aspx> Acesso: 19 nov 2021.

CALDAS, Helder Henri Silva e.; MOISÉS, Antonio Luis Silva. Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores Residenciais de Salvador – Ba.; **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.5, p. 164-180, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/download/45270/pdf>. Acesso em: 25 set 2021.

CARLESSO, Franciele et al. Projeto preliminar de um radiômetro absoluto para medir a irradiância solar total. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerias S.A. **Valores de Tarifa e Serviço**. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>>. Acesso: 25 out 2021.

CRESESB. Centro de Referência para Energias Solar e Eólica. **Potencial Solar**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso 24 jul 2021.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Texto Para Discussão, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-2. 2018. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf. Acesso em: 14 out 2021.

EDP. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <<https://www.edp.com.br/distribuicoes/saiba-mais/informativos/bandeira-tarifaria>> Acesso: 15 nov 2021.

FONTOURA, Fernando Batista Bandeira da; RABUSKE, Rodrigo; FRIEDRICH, Laercio Rogério. Análise da viabilidade para implantação de energia fotovoltaica com utilização para sombreamento de estacionamento. **Estudos do CEPE**, p. 36-48, 2018.

GALVÃO, Jucilene; BERMANN, Célio. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos avançados**, v. 29, p. 43-68, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/104941>>. Acesso em: 01 set 2021.

HINRINCHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Bélico dos. **Energia e Meio Ambiente**: Tradução da 5ª Edição norte americana. 5. ed. New York: Cengage Learning, 2015.

HORWACZ, Rafael. Análise Técnico-Econômica de uma Minigeração Fotovoltaica no Bloco H do prédio do Centro de Tecnologia na UFRJ. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2018.

LACCHINI, Corrado. **Análise econômica de sistemas fotovoltaicos residenciais no contexto brasileiro, com foco nos indicadores financeiros e nas tarifas locais de energia elétrica**. 2017. 156 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <http://fotovoltaica.ufsc.br/Teses/Tese_Corrado_Lacchini.pdf>. Acesso em: 27 set 2021.

LAGRIMANTE, D.; LANDIM, L. P.; CRUZ, V.; AMARANTE, M. Estudo da Aplicação de Energia Fotovoltaica. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 4, n. 1, mai. 2018. ISSN 2447-0627.

LOPES, Iago França et al. Análise de Conteúdo Informacional: Evidências de Fatores de Risco em Companhias Elétricas Durante Uma Crise Hídrica. **Revista Mineira de Contabilidade**, v. 22, n. 1, p. 27-40, 2021.

MAGNUS, Guilherme Hendler. **Energia renovável: sistema fotovoltaico como alternativa para residências em Criciúma-SC**. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/7955/1/GUILHERME%20HENDLER%20MAGNUS.pdf>>. Acesso em: 29 set 2021.

DE MIRANDA, Diego Alves; MENDES, Emanuelli Caroline. Análise de Payback Aplicado no Processo de Automatização de Podas na Produção de Buxus. In: **Congresso Nacional de Inovação e Tecnologia**, INOVA. 2018.

MIRANDA, D. A.; CRISTOFOLINI, R. Análise de retorno financeiro aplicado a dois robôs autônomos manipuladores que atuam na descarga de peças no processo de injeção de termoplásticos. In: **Anais do 6º Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa: Associação Paranaense de Engenharia de Produção, 2016. p. 1-12.

NREL. OpenEI. **OpenEI Brazil**: Energy Resources. Disponível em: <http://en.openei.org/wiki/Brazil>. Acesso em: 25 set 2021.

OLIVEIRA, Adriana de Souza. **Avaliação de impactos ambientais do módulo fotovoltaico**: produção e uso como fonte de energia elétrica. 2017. XIV, 63 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e Sustentabilidade**. Manole, 2016. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/user/check?userCheckReturnTo=/reader/books/9786555761313>>. Acesso em: 25 out 2021.

REIS, L. B.; VICHI, F. M.; MELLO L. F. Energia e Meio Ambiente. 5. Ed. São Paulo: **Cengage Learning**, 2014.

RELLA, Ricardo. Energia fotovoltaica no Brasil. **Revista de Iniciação Científica**, v. 15, n. 1, p. 28-38, 2017.

RIBEIRO JUNIOR, Jayron Alves Ribeiro et al. Energia fotovoltaica: estudo de viabilidade econômica para implantação em edificações residenciais no Tocantins. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 6702-6715, 2020.

SANTOS, J. B. dos., et al. Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de um estacionamento fotovoltaico. Simpósio de Engenharia de Produção. 2017.

SILVA, Luiz Felipe Muzzi da et al. A viabilidade da geração de energia solar em residências no município de Cuiabá-MT. 2019. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1343/1/TCC_2019_Luiz%20Felipe%20Muzzi%20da%20Silva.pdf> Acesso em: 29 set 2021

SOLAR, Portal. **Passo a passo da fabricação do painel solar**. 2021. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>> Acesso: 30 set 2021.

WEISS, Felipe Eduardo; DE MIRANDA, Diego Alves. Estudo de viabilidade de implantação de sistema fotovoltaico residencial na cidade de São Bento do Sul. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Diego-Miranda-7/publication/354385886_ESTUDO_DE_VIABILIDADE_DE_IMPLANTACAO_DE_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_RESIDENCIAL_NA_CIDADE_DE_SAO_BENTO_DO_SUL/links/61360d9038818c2eaf863c9d/ESTUDO-DE-VIABILIDADE-DE-IMPLANTACAO-DE-SISTEMA-FOTOVOLTAICO-RESIDENCIAL-NA-CIDADE-DE-SAO-BENTO-DO-SUL.pdf>. Acesso: 25 out 2021.

YAMAO, Vitor Henrique Seiji. **Estudo da viabilidade técnico-econômica de uma microgeração solar residencial**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.