



ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA COM A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE GUAÍRA - PR

¹Jabez de Freitas da Silva; ²Eduardo Vedovetto Santos

¹Discente de Engenharia Civil, UNIPAR

²Docente do Curso de Engenharia Civil, UNIPAR

Resumo

Considerando que o Brasil apresenta uma boa incidência solar ao longo do ano, o país possui grande potencial no uso da energia solar fotovoltaica. O objetivo deste trabalho é propor uma análise da viabilidade econômica do sistema On-Grid, já instalado na residência unifamiliar através do comparativo de custo de energia antes e após a instalação. Utilizando o estudo de *Payback* verifica-se que o sistema se paga em 5,56 anos, caracterizando-se como um investimento de médio prazo.

Palavras chave: Energia Solar, Microgeração, Sistema Fotovoltaico.

Abstract

Considering its solar incidence throughout the year, Brazil has great potential to use photovoltaic solar energy. The aim of this study is to propose an analysis of the On-Grid system's economic viability already installed in dwellings. A case study that proves that implementing these systems in single-family homes is feasible. Using the Payback analysis, the system pays itself in 5.56 years, resulting in good profitability after this period.

Keywords: Solar Energy, Microgeneration, Photovoltaic System.



1 Introdução

O constante crescimento da população mundial vem gerando impactos negativos, tais como a escassez dos recursos naturais (NAZARENO, 2018). É por isso que devemos pensar em algumas formas sustentáveis para não prejudicar o planeta, uma delas é a geração de energia elétrica através da irradiação solar (ALVES, 2019).

A energia elétrica tem um papel de extrema importância para a sustentabilidade, pois, é através dessa geração de energia limpa e sustentável que teremos um futuro que não seja energeticamente afetado. A geração da energia solar não leva apenas a economia no imóvel instalado, mas, também, aborda questões ambientais (PINHEIRO, 2009).

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2019) a Matriz Elétrica Brasileira soma 60,9% da energia gerada pelo país através da Geração Hídrica e, apenas 1,3% através da geração de Energia Fotovoltaica. Estudos preveem que até 2050 se terá um cenário totalmente diferente do presente, estima-se que, a Matriz Elétrica Brasileira em 2050 seja de 38% resultante da geração de Energia Fotovoltaica e de 33% de geração Hídrica.

Apesar da baixa porcentagem de geração, o Brasil possui um alto índice diário de radiação solar, podendo chegar a mais de 5kWh/m² por dia em algumas regiões (ANEEL, 2005).

Portanto, o presente trabalho visa verificar a viabilidade econômica de um sistema de energia fotovoltaica instalado em uma residência unifamiliar. Será analisado o consumo atual (pós instalação) e anterior ao sistema, bem como, o investimento e a compensação de crédito.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Sistema fotovoltaico

O sistema teve origem no ano de 1839, quando o Físico Francês Alexandre Edmond Becquerel fez a descoberta do efeito fotovoltaico, porém, foi somente no ano de 1883 que Charles Fritts criou a primeira célula fotovoltaica. Em 1954 o Engenheiro Russell Shoemaker Ohl anuncia a primeira célula fotovoltaica em uma reunião da Academia Nacional de Ciências nos Estados Unidos e, desde essa época, vem se tornando um sistema de energia renovável cada vez mais utilizado no mundo (SANTIAGO, 2019).

Esse sistema de geração de energia elétrica tem como vantagens, a rápida instalação, a baixa manutenção, a característica modular e o elevado grau de confiabilidade (RÜTHER, 2004).

Nesse sistema, o módulo fotovoltaico utiliza a captação da luz solar, onde o mesmo produz energia passando por um inversor solar que irá converter a energia gerada em energia elétrica (ALVES, 2019).

A carga de energia solar no Brasil alcança os 4.932 megawatts de potência instaladas em 2020, tal potência tem capacidade para atender até 6,1 milhões de brasileiros (ANEEL, 2020).

A determinação de consumo antes da instalação do sistema fotovoltaico é realizada através do consumo de energia da residência antes da instalação do sistema, que será baseado na média de consumo dos doze meses anteriores ao funcionamento do sistema.

O resultado do cálculo da média mensal de consumo, em kWh, é a somatória do consumo de cada mês em estudo, dividido pela quantidade de meses. No entanto, desconta-se o custo de disponibilidade da concessionária. Existem três tipos de taxas do custo da disponibilidade do sistema elétrico, como sendo: o padrão monofásico, o padrão bifásico e o padrão trifásico. Portanto, o padrão monofásico é aquele em que o consumidor paga uma taxa mínima equivalente a 30 kWh. O bifásico, com custo de disponibilidade pago corresponde a 50 kWh e, o padrão trifásico, possui uma taxa mínima, igual a 100 kWh (ANEEL, 2018).

Após a instalação do sistema fotovoltaico, a determinação de consumo de energia da residência após a instalação do sistema, será baseada nas faturas de energia e será calculado uma média entre os meses de consumo e a geração de energia do sistema instalado.

2.2 Componentes do sistema

2.2.1 Inversor

Conforme referenciado abaixo na Figura 1, o inversor é um equipamento eletrônico que recebe a energia dos painéis solares em corrente contínua (CC) e converte para corrente alternada (CA) para o uso da residência. Esse equipamento tem um sistema de segurança, monitorando todo o circuito. Também, é o responsável pela otimização da energia (ROVERSI, 2019).

Figura 1: Inversores



Fonte: Boreal Solar. (2019)

2.2.2 Módulo fotovoltaico

Esse dispositivo tem a essencial função de converter energia luminosa (fótons) em energia elétrica utilizando o sistema fotovoltaico. A composição dessa placa se dá, através de materiais semicondutores que absorvem a luz do sol gerando energia elétrica pelo sistema fotovoltaico (REBELO, 2019).

A sua montagem é feita em camadas, desde a caixa de junção, fundo protetor, película encapsulante, células fotovoltaicas, outra camada de película encapsulante, vidro especial e, por fim, uma moldura que normalmente é de alumínio ao redor da placa (ENERSOLAR,2019). Portanto, os módulos podem ser observados na Figura 2.

Figura 2: módulo fotovoltaico.



Fonte ArchDaily Brasil. (2019)

2.2.3 Medidor bidirecional

Consiste no medidor eletrônico de energia elétrica capaz de medir energia em ambos os sentidos de fluxo e dotado de registradores independentes para cada sentido de fluxo. Esse equipamento também realiza a compensação com a concessionária. O medidor ilustrado na Figura 5, é fornecido e instalado pela concessionária local (Copel, 2021).

Figura 5: Medidor bidirecional



Fonte: Elysia (2020)

2.2.4 String box ou caixa de conexão

Equipamento que tem como função proteger o sistema na parte de corrente contínua (CC). O sistema deve possuir dispositivo de manobra e, seccionamento e proteção contra sobrecorrente, bem como, protetor contra surtos de corrente (DPS) (SCHUEDA, 2018), conforme demonstra a Figura 6.

Figura 6: String box.



Fonte: Intelbras (2018)

2.3 Sistemas

O método tradicional de produção de eletricidade é centralizado, longe dos pontos de consumos, ocasionando perdas ao longo do sistema de distribuição, acarretando em um aumento dos custos de distribuição. Quando falamos em energia fotovoltaica, pensamos na energia que está sendo produzida perto do ponto de consumo, tornando a tecnologia mais diversificada usada para produzir eletricidade (RODRIGUES, 2002).

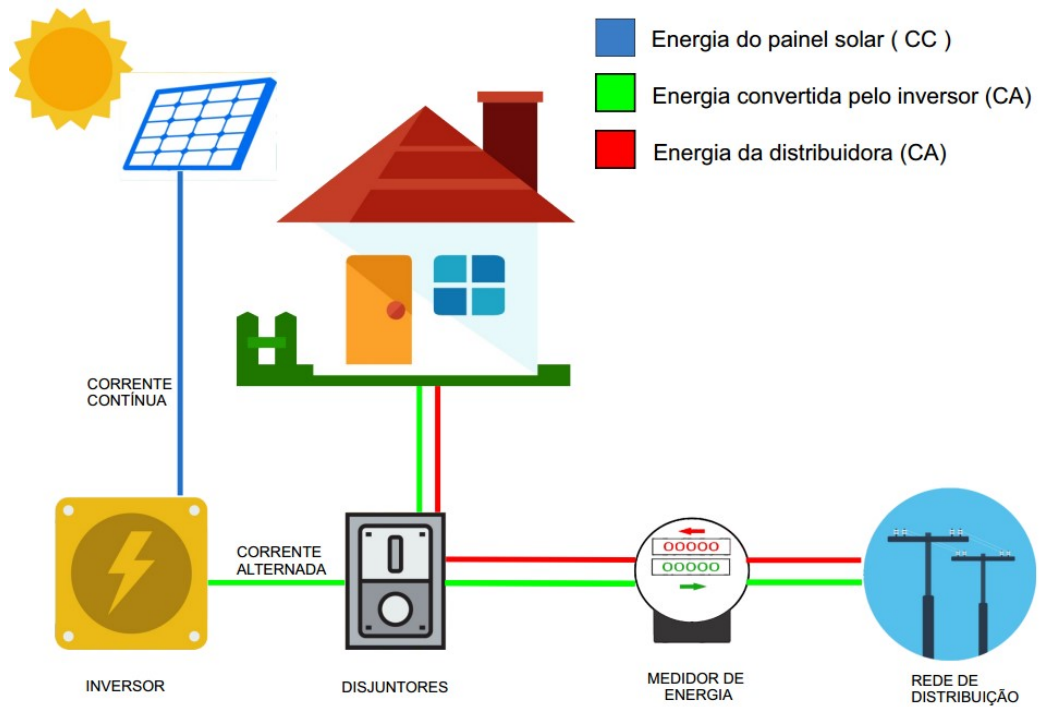
Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em: sistemas isolados (OFFGRID) e sistemas conectados à rede (ON GRID). É importante considerar que os sistemas que não estão integrados à rede, possuem baterias que armazenam a energia produzida. Não é necessário em sistemas integrados, pois, o excesso de energia gerada nessas situações pode ser transmitido para a rede da concessionária ou enviado para outro local que está registrado no mesmo nome (CHUCO, 2007).

2.3.1 On-Grid

O referido sistema também pode ser chamado de *grid-tie*. Esse sistema está sincronizado com a rede de distribuição de energia elétrica, ou seja, na falta de energia da rede de distribuição, o sistema automaticamente se desliga por questão de segurança (SANTOS, 2019).

Conforme ANEEL (2018) a produção de energia gerada em excesso pelo sistema da residência é enviada para a rede pública, gerando crédito com a concessionária, possibilitando com que o cliente possa obter descontos em faturas futuras. Portanto, a Figura 7 representa o sistema on-grid.

Figura 7: Sistema On-Grid.

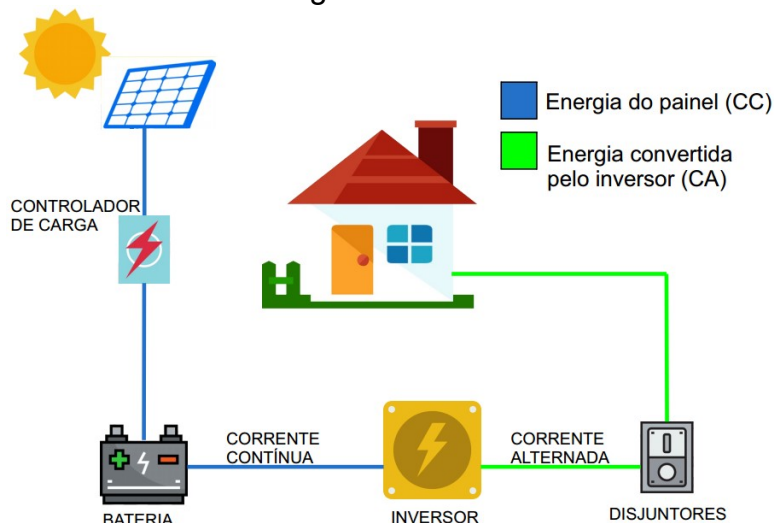


Fonte: EnergyTec (2021)

2.3.2 Off-Grid

Nesse sistema a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos é armazenada em um banco de baterias para uso posterior. O sistema off-grid não possui conexão com a rede pública e, a energia produzida, é enviada para o banco de baterias onde fica armazenada para o uso da residência. Muito utilizado em lugares remotos e onde não se tem uma dependência da rede da concessionária, por exemplo: em ilhas, torres e áreas rurais (OLIVEIRA, 2019). Sendo assim, a Figura 8 representa o sistema off-grid.

Figura 8: Sistema Off-Grid



Fonte: EnergyTec (S/D)



2.4 Normas

A NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão, estabelece parâmetros adequados para que haja um funcionamento seguro das instalações elétricas de baixa tensão. É a principal norma utilizada para instalações públicas, prediais e comerciais, pois, a mesma visa garantir o funcionamento correto e a conservação dos bens.

A NBR 16690:2019 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto, estabelece os requisitos para o projeto de instalações fotovoltaicas, incluindo os condutores, dispositivos de proteção, de manobra e de aterramento.

A NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — dispõe os requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho, na qual descreve as informações e documentações mínimas exigidas para um sistema fotovoltaico conectado à rede. A mesma também contém critérios de inspeção, que tendem a avaliar a segurança do sistema instalado e o correto uso do mesmo.

A NBR 5419-1:2015 – prevê a proteção contra descargas atmosféricas, na qual visa manter protegida a estrutura contra descargas atmosféricas, porém, é necessário que essa estrutura esteja envolvida por uma blindagem de ótima condução elétrica e aterrada de acordo com o especificado em norma.

A NR 10 – dispõe acerca da segurança em instalações e serviços em eletricidade, possui como objetivo a proteção do trabalhador que lida com energia elétrica. A mesma estabelece condições mínimas de segurança em todas as atividades executadas pelo trabalhador.

A NR-35, refere-se ao trabalho em altura, estabelecendo os requisitos mínimos para proteção do trabalhador na obra, considerando trabalho de altura em até 2 metros acima do piso.

O sistema de compensação de energia tem seu modo de faturamento estabelecido no art. 7º da Resolução Normativa nº 482/2012, os procedimentos adotados quando a geração está instalada no mesmo local de consumo são:

- A energia injetada em determinado posto tarifário (ponta, fora de ponta ou intermediário), se houver, deve ser utilizada para compensar a energia consumida nesse mesmo posto;
- Se houver excedente, os créditos de energia ativa devem ser utilizados para compensar o consumo em outro posto horário, se houver, na mesma unidade consumidora e no mesmo ciclo de faturamento;
- O valor a ser faturado é a diferença positiva entre a energia consumida e a injetada, considerando-se também eventuais créditos de meses anteriores, sendo que, caso esse valor seja inferior ao custo de disponibilidade, para o caso de consumidores do Grupo B (baixa tensão), será cobrado o custo de disponibilidade;
- Utiliza-se a tarifas de Energia (TE) e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) referentes à Copel Distribuição S.A na compensação do sistema.

2.5 Trabalhos realizados

Segundo VIEIRA (2019) que fez um estudo referente ao Custo e viabilidade da implantação de sistema fotovoltaico “on-grid” em uma escola municipal no oeste do Paraná, com o objetivo de demonstrar a viabilidade da instalação de um sistema fotovoltaico on-grid em uma escola com gasto médio mensal de R\$ 2.971,86 de energia, e um gasto anual de R\$ 35.622,29 com energia. O sistema implantado na escola teve um custo de R\$ 130.000,00, com uma variação de 3 a 4 anos para o retorno do investimento. Após 10 anos da implantação do sistema a escola terá uma economia de R\$ 389.805,40, valor já descontando o custo investido no início da instalação.

Segundo FERREIRA (2020) que fez um estudo sobre Viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico on-grid em uma residência unifamiliar na cidade de Guaíra – PR com consumo médio mensal de até 400 kWh. Esse estudo foi realizado de acordo com o consumo de energia elétrica de residência unifamiliar. O Sistema on-grid teve um custo de R\$ 15.500,00. Obteve-se um prazo médio de 5 a 6 anos para retorno do investimento inicial. Tendo por fim o estudo que é realmente viável a instalação de sistema fotovoltaico na residência.

3 Metodologia

3.1 Local da residência

O estudo será realizado em uma residência localizada na cidade de Guaíra, situada no Estado do Paraná. A Figura 9 apresenta o local da residência.

Figura 9: Imagem de satélite da residência.



Fonte: Google Earth. Adaptada pelo autor (2019)

3.2 Características da residência

A residência é de característica unifamiliar, com acomodações no padrão médio atendendo uma família de quatro pessoas, sendo duas crianças e dois adultos. A residência contém uma cozinha, uma sala de estar, três quartos, dois banheiros, uma lavanderia e uma garagem. Residência com padrão bifásico.

3.3 Características do sistema instalado

Na residência estudada foi instalado os seguintes equipamentos no sistema On-Grid conforme o Quadro 1.

Quadro 1: componentes instalados na residência em estudo.

Quantidade	Item	Modelo
1	Inversor	BEDINSOLAR BSKW 220V 2MPPT
10	Módulo	BEDINSOLAR 390W
1	Proteção	STRINGBOX 2E/25 500V
1	Estrutura	Perfil 3,2m, terminal final, terminal intermediário, emenda / junção, suportes, cabo preto 6mm 1,8kw, cabo vermelho 600 1,8kv e conectores MC4 1000v.

Fonte: O autor (2021)

A Figura 10 mostra a instalação dos equipamentos, no estudo em questão, o *string box*, o inversor e o quadro de proteções, respectivamente.

Figura 10: sistema instalado na residência em estudo.



Fonte: O autor (2021)

Na Figura 11 observa-se parte da instalação dos módulos fotovoltaicos sobre a telha de concreto.

Figura 11: módulos BEDINSOLAR 390W instalados na residência.



Fonte: O autor (2021)

Na Figura 12 observa-se, o quadro medidor instalado pela concessionária para geração distribuída on-grid.

Figura 12: medidor bidirecional, instalado no padrão de energia da residência.



Fonte: O autor (2021)



3.4 Procedimento de calculo

Utilizando a Equação 1 podemos calcular o Custo mensal de energia com sistema e sem sistema:

$$CM = CONM \times \text{Valor do kWh} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

CM = Custo Mensal

CONM = Consumo Mensal

O Valor do kWh encontra-se na fatura de energia da residência, podendo haver variações mensais.

Pela Equação 2 obteremos o resultado do Gasto anual que a residência terá, com o sistema e sem o sistema através da média de custo mensal dos meses a serem analisados.

$$GA = MC \times 12 \text{ meses} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

MC = Média de custo mensal

GA = Gasto Anual

Com a Equação 3 podemos calcular o Custo mensal de energia com sistema:

$$CMS = DISP \times \text{Valor do kWh} + CRM \times (TUSD+TE) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

CMS = Custo Mensal com o sistema

DISP = Consumo mínimo a ser pago, 50 kWh

CRM = credito utilizado no mês

TUSD = Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição

TE = tarifas de Energia

Pela Equação 4 obteremos o resultado do Gasto anual que a residência terá, com o sistema e sem o sistema através da média de custo mensal dos meses a serem analisados.

$$GAS = CMS \times 12 \text{ meses} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

CMS = Custo Mensal com o sistema

GAS = Gasto Anual com sistema



Para o sistema de crédito, o custo mensal com o sistema-CMS é chamado de custo mensal-próprio. Isso se dá para que se possa diferenciar o custo do local de instalação e o de local de transferência de crédito. A economia transferida é calculada na Equação 5.

$$ET = \text{saldo} \times [\text{Valor do kWh} - (\text{TUSD} + \text{TE})] \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

ET = Economia transferida

TUSD = Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição

TE = tarifas de Energia

O gasto anual com sistema-GAS para o sistema de crédito é dado pela diferença do custo mensal-próprio e da economia transferida.

Pela Equação 6 obteremos o resultado da economia anual creditada, que é aquela resultante da energia transferida a concessionária.

$$EAC = GA - GAS \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

EAC = Economia anual creditada

GA = Gasto Anual

GAS = Gasto Anual com sistema

Pela Equação 7 teremos a Economia anual Direta, que é aquela resultante do consumo direto do sistema fotovoltaico.

$$EAD = (\text{MCONM} - \text{MCONMS}) \times 12 \times \text{Valor do kWh} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

EAD = Economia anual Direta

MCONM = média de consumo mensal, sem sistema

MCONMS = média de consumo mensal, com sistema

GAS = Gasto Anual com sistema

A economia anual total-EAT é a soma entre a economia anual creditada e a economia anual direta.

Da Equação 8 obtemos o resultado do *payback* simples, ou seja, o tempo de retorno que a residência terá de economia.

$$P = VI / EAT \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

P = *Payback* simples,

VI = Valor Inicial do investimento

EAT = Economia anual total

Tem-se tempo de retorno de curto prazo para até 2 anos, médio prazo de 3 a 10 anos e longo prazo para mais de 10 anos.

4 Resultados e Discussão

Os resultados foram construídos através do demonstrativo de consumo e geração da unidade consumidora em estudo. O Quadro 2 apresenta os dados extraídos da residência, onde observa-se que o levantamento dos dados se refere do mês de agosto de 2020 até o mês de agosto de 2021. As colunas mostram o saldo anterior, a energia injetada, que é a soma do crédito utilizado na energia ativa, acrescido da energia produzida de saldo (saldo mês). A Energia ativa, refere-se a energia consumida da concessionária, acrescida da disponibilidade da mesma. O Crédito utilizado no mês, equivale ao valor da geração mensal, subtraído o valor da energia disponibilizada pela concessionária. O Saldo do mês, equivale a energia gerada, porém não utilizada.

Quadro 2: Dados gerais da residência.

Referência	Saldo Anterior	Energia Injetada	Energia Ativa	Credito Utilizado no Mês	Saldo Mês	Saldo Final
ago/20	0	0	282 kWh	0	0	0
set/20	0	0	311 kWh	0	0	0
out/20	0	0	317 kWh	0	0	0
nov/20	0	0	379 kWh	0	0	0
dez/20	0	0	324 kWh	0	0	0
jan/21	0	0	396 kWh	0	0	0
fev/21	0	0	293 kWh	0	0	0
mar/21	0	0	324 kWh	0	0	0
abr/21	0	0	386 kWh	0	0	0
mai/21	0	328 kWh	184 kWh	134 kWh	194 kWh	194 kWh
jun/21	194 kWh	270 kWh	212 kWh	162 kWh	108 kWh	302 kWh
jul/21	302 kWh	225 kWh	219 kWh	169 kWh	56 kWh	358 kWh
ago/21	358 kWh	328 kWh	259 kWh	209 kWh	119 kWh	477 kWh

Fonte: O autor (2021)

O Quadro 3 demonstra o cálculo referente ao consumo da residência antes da instalação do sistema. O cálculo se deu através da somatória de 9 meses anteriores a instalação do sistema.

Ao final da tabela, observa-se a tarifa, que consiste no valor cobrado pela concessionária para a disponibilização da energia, esse valor é multiplicado pelo consumo mensal, do qual resulta na fatura do mês.

Tem-se uma média de consumo mensal de 335 kWh. É possível determinar uma média de custo mensal, que, na residência em questão era de R\$ 281,12, sendo assim, é possível determinar um gasto anual de R\$ 3.373,44.

Quadro 3: Dados extraídos anteriormente a instalação do sistema.

Referência	Energia Ativa	Custo mensal
ago/20	282 kWh	R\$ 236,88
set/20	311 kWh	R\$ 261,24
out/20	317 kWh	R\$ 266,28
nov/20	379 kWh	R\$ 318,36
dez/20	324 kWh	R\$ 272,16
jan/21	396 kWh	R\$ 332,64
fev/21	293 kWh	R\$ 246,12
mar/21	324 kWh	R\$ 272,16
abr/21	386 kWh	R\$ 324,24
Tarifa		R\$ 0,84
Média custo		R\$ 281,12
Gasto anual		R\$ 3.373,44
Média de consumo		335 kWh

Fonte: O autor (2021)

O Quadro 4 mostra o cálculo após a instalação do sistema na residência sem a utilização do saldo do mês em forma de crédito. A mesma fornece dados como a tarifa, que é o valor cobrado pela concessionária, O Custo TUSD, que é a tarifa de uso do sistema de distribuição e o custo TE, ou seja, a tarifa de energia consumida na residência.

Quadro 4: dados após a instalação do sistema, sem utilizar o saldo.

Referência	Energia Ativa	Credito Utilizado no Mês	Energia a pagar	Custo mensal
mai/21	184 kWh	134 kWh	50 kWh	R\$ 124,88
jun/21	212 kWh	162 kWh	50 kWh	R\$ 142,24
jul/21	219 kWh	169 kWh	50 kWh	R\$ 146,58
ago/21	259 kWh	209 kWh	50 kWh	R\$ 171,38
Tarifa	R\$ 0,84	Média custo		R\$ 146,27
Custo tUSD	R\$ 0,36			
Custo te	R\$ 0,26	Gasto anual		R\$ 1.755,24
TUSD + te	R\$ 0,62	Economia anual creditada		R\$ 1.618,20
Média de consumo	219 kWh	Economia direta		R\$ 1.165,38
Diferença entre consumo	116,17 kWh	Economia anual total		R\$ 2.783,58
Valor da diferença de consumo - mensal	R\$ 97,12	Investimento		R\$ 17.200,00
Valor da diferença de consumo - anual	R\$ 1.165,38	Tempo de retorno		6,18 anos

Fonte: O autor (2021)

O Quadro 5 apresenta, em resumo, os principais dados determinados sem a utilização do saldo. Pode-se observar como existem mudanças no custo mensal sem o sistema e com o sistema. O gasto anual com o sistema é 52% do valor dos gastos sem o sistema. Com base nesses dados, o cliente terá uma economia anual de R\$ 2.783,58. Com as economias calculadas e o investimento do sistema, o cliente terá um tempo de retorno em média de 6,18 anos, desde que seu consumo e geração se mantenham nas mesmas condições.

Quadro 5: resumo sem credito

Dados	Sem o sistema	Com o sistema
Custo médio mensal	R\$ 281,12	R\$ 146,27
Custo anual	R\$ 3.373,44	R\$ 1.755,24
Economia anual total		R\$ 2.783,58
Investimento		R\$ 17.200,00
Tempo de retorno		6,18 anos

Fonte: O autor (2021)

No Quadro 6 é possível observar o cálculo após a instalação do sistema na residência com a utilização do saldo do mês em forma de crédito, resultando em uma economia transferida.

Quadro 6: dados após a instalação do sistema, utilizando o saldo.

Referência	Energia Ativa	Credito Utilizado no Mês	Saldo Mês	Energia a pagar	Custo mensal - próprio	Economia transferida	Custo total mensal
mai/21	184 kWh	134 kWh	194 kWh	50 kWh	R\$ 124,88	R\$ 41,90	R\$ 82,98
jun/21	212 kWh	162 kWh	108 kWh	50 kWh	R\$ 142,24	R\$ 23,33	R\$ 118,91
jul/21	219 kWh	169 kWh	56 kWh	50 kWh	R\$ 146,58	R\$ 12,10	R\$ 134,48
ago/21	259 kWh	209 kWh	119 kWh	50 kWh	R\$ 171,38	R\$ 25,70	R\$ 145,68
Tarifa				R\$ 0,84	Média custo		R\$ 120,51
Custo TUSD				R\$ 0,36	Gasto anual		R\$ 1.446,10
Custo TE				R\$ 0,26	Economia anual creditada		R\$ 1.927,30
TUSD + TE				R\$ 0,62	Economia anual direta		R\$ 1.165,40
Média de consumo				219 kWh	Economia anual total		R\$ 3.092,70
Diferença entre consumo				116,17 kWh	Investimento		R\$ 17.200,00
Diferença de consumo - mensal				R\$ 97,12	Tempo de retorno		5,56 anos
Diferença de consumo - anual				R\$ 1.165,40			

Fonte: O autor (2021)

O Quadro 7 apresenta, em resumo, os principais dados determinados com a utilização do saldo. O gasto anual com o sistema e utilização do crédito é aproximadamente 42% do valor dos gastos sem o sistema. Com base nesses dados, o cliente terá uma economia anual de R\$ 3.092,68. Com as economias calculadas e o investimento do sistema, o cliente terá um tempo de retorno em média de 5,56 anos, desde que seu consumo e geração se mantenham nas mesmas condições.

Quadro 7: resumo com credito

Dados	Sem o sistema	Com o sistema
Custo médio mensal	R\$ 281,12	R\$ 120,51
Gasto anual	R\$ 3.373,44	R\$ 1.446,14
Economia anual total		R\$ 3.092,68
Investimento		R\$ 17.200,00
Tempo de retorno		5,56 anos

Fonte: O autor (2021)

No Quadro 8 compara-se o sistema sem e com a utilização do saldo de energia. Percebe-se que a economia anual com a utilização do saldo é maior, sendo aproximadamente 11,1% superior a economia sem o saldo. A diferença no tempo de retorno chega a ultrapassar meio ano com a sua utilização.

Quadro 8: Tabela resumo.

Dados	Sem o saldo	Com o saldo
Custo médio mensal	R\$ 146,27	R\$ 120,51
Gasto anual	R\$ 1.755,24	R\$ 1.446,14
Economia anual total	R\$ 2.783,58	R\$ 3.092,68
Investimento	R\$ 17.200,00	R\$ 17.200,00
Tempo de retorno	6,18 anos	5,56 anos

Fonte: O autor (2021)

Independente da utilização ou não do saldo, o investimento se caracteriza como de médio prazo, tendo tempo de retorno entre 3 e 10 anos.

5 Conclusão

Neste trabalho, foi elaborado um estudo do desenvolvimento de um sistema de microgeração distribuída, do qual foi instalado em uma residência localizada no município de Guaíra, no Estado do Paraná.

O investimento realizado para implantação do sistema, foi de aproximadamente R\$ 17.200,00 (dezessete mil e duzentos reais) e, o tempo de retorno, é de aproximadamente 5 anos e 5 meses, portanto, se dá por investimento de médio prazo, apresentando-se de forma viável. Observa-se que os fatores que podem melhorar o tempo de retorno sobre o capital de investimento, incluem o aumento da eficiência dos módulos fotovoltaicos e inversores, mas é natural que após a instalação do sistema o proprietário tenda a elevar o consumo inconscientemente mesmo sem adquirir nenhum equipamento novo.



6 Referências

ABSOLAR. **Avaliação do Impacto do Acesso aos Dados Solarimétricos Provenientes de Empreendimentos em Operação**. Brasília, Distrito Federal, 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/19438144/8_Eduardo_Miklos_ABSOLAR.pdf/7c8d7123-3ebd-463a-d26a-f9ef9034921f> Acesso em 03 abril 2021.

Agência Nacional De Energia Elétrica - ANEEL. **ANEEL ultrapassa em mais de 800 MW a meta de expansão da geração em 2020**. Brasília, Distrito Federal, 2020. Disponível em:

<<https://www.google.com/search?q=aneel&oq=aneel&aqs=chrome..69i57j0l3j69i60l3.1764j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. Acesso em 06 abril 2021.

Agência Nacional De Energia Elétrica – ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil, 2ª Edição**. Brasília, Distrito Federal, 2005. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/atlas2005.zip>>. Acesso em 22 junho 2021.

Agência Nacional De Energia Elétrica – ANEEL. **Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica - Resolução Normativa nº 414/2010**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15201072/ren2010414+-Texto+Atualizado+Compacto+%28rev+823+2018%29/b8ad993e-d34a-1b5d-20da-5a912c9ee89f>> Acesso em 22 abril 2021.

Agência Nacional De Energia Elétrica – ANEEL. **Geração Distribuída**. Brasília, Distrito Federal, 2018. Disponível em https://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introducao-1/656827?inheritRedirect=false. Acesso em 28 abril 2021.

Agência Nacional De Energia Elétrica – ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Interligado Nacional – PRODIST - Resolução Normativa nº 482/2012**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=38561&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp> Acesso em 22 abril 2021.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia Solar: Estudo Da Geração De Energia Elétrica Através Dos Sistemas Fotovoltaicos On-Grid E Off-Grid**. João Monlevade, Minas Gerais, 2019.

BOREAL SOLAR. **Como funcionam e quais os tipos de inversor solar**. Maringá, Paraná, 2019. Disponível em <<http://borealsolar.com.br/blog/2019/05/02/como-funcionam-e-quais-os-tipos-de-inversor-solar/>>. Acesso em 07 abril 2021.



CHUCO, Braulio. **Otimização de operação em sistema isolado fotovoltaico utilizando técnicas de inteligência artificial.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, 2007.

CANELA, André Luiz. **Desenvolvimento E Execução De Um Controlador De Carga Para Um Sistema Fotovoltaico Autônomo.** Florianópolis, Santa Catarina, 2019

Companhia Paranaense De Energia – NTC 905200. **Acesso De Micro E Minigeração Distribuída Ao Sistema Da Copel (Com Compensação De Energia).** 2014. Disponível em: [https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/E00A539C1F08DF2003257F69004DF8BC/\\$FILE/NTC%20905200%20Acesso%20de%20Micro%20e%20Minigera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADda.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/E00A539C1F08DF2003257F69004DF8BC/$FILE/NTC%20905200%20Acesso%20de%20Micro%20e%20Minigera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADda.pdf). Acesso em 05 abril 2021.

EnergyTec Energia Solar. **Sistema GRID-TIE Conectado à rede.** Disponível em: <http://www.energytecsolar.com.br/Sistema-GRID-TIE/> Acesso em 10 abril 2021.

EnergyTec Energia Solar. **Sistema OFF-GRID.** Disponível em: <http://www.energytecsolar.com.br/Sistema-OFF-GRID/> Acesso em 10 abril 2021.

EnerSolar Usinas Fotovoltaicas. **Como funciona a captação de energia solar.** Disponível em: <https://www.enersolar.eng.br/noticias/como-funciona-a-captacao-de-energia-solar/> Acesso em 11 julho 2021.

FARIAS, Hércules Eduardo Oliveira. **Análise Técnica Do Impacto Do Uso De Baterias Em Sistemas Conectados À Rede Aplicado Em Diferentes Classes De Consumo.** Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2018.

FERREIRA, Messias Vinicius Borges. **Viabilidade Econômica De Um Sistema Fotovoltaico On Grid Em Uma Residência Unifamiliar Na Cidade De Guaíra-Pr Com Consumo Médio Mensal De Até 400 Kw.** Guaíra, Paraná, 2020.

GOOGLE EARTH. **Mapas.** 2019. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-24.10800625,-54.26212407,283.36765773a,300.16743397d,35y,0h,0t,0r> Acesso em 19 abril 2021.

Intelbras. **Quadro elétrico para proteção e manobra de gerador fotovoltaico.** Disponível em: <https://www.intelbras.com/pt-br/quadro-eletrico-para-protecao-e-manobra-de-gerador-fotovoltaico-string-box-esb-1106> Acesso em 06 abril 2021.

NAZARENO, Maria Cristina de Meira. **O impacto populacional sobre o crescimento econômico dos brics.** Mariana, Minas Gerais, 2018.

OLIVIERA, Rafael Pedrosa. **Bancada Didática Para Sistema Fotovoltaico Off-Grid.** Ouro Preto, Minas Gerais, 2019.



PINHEIRO, Ana Paula Zanoli. **Energia e Sustentabilidade**. Uberaba, Minas Gerais, 2009.

REBELO, Diego Vecchio Couldrey. **Análise De Viabilidade E Dimensionamento De Um Estacionamento Solar Fotovoltaico Para O Campus Da Ufsc Em Joinville**. Joinville, Santa Catarina, 2019.

RODRIGUES, Carlos Roberto Cervantes. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: O Caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ROVERSI, Karoline. **Análise Do Fator De Dimensionamento Do Inversor Em Um Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede De Uma Instituição De Ensino**. Araranguá, Santa Catarina, 2019.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos**. Florianópolis, Santa Catarina, 2004.

SANTIAGO, João Vitor Assad. **O mercado emergente de energia solar fotovoltaica no Brasil entre 2012 e 2018: avanços, desafios e perspectivas**. Ribeirão Preto, São Paulo, 2019.

SANTOS, Rayon Alves. **Estudos De Caso E Comparação Da Viabilidade Econômica Para A Implementação De Um Sistema Fotovoltaico On-Grid E Off-Grid**. Lages, Santa Catarina, 2019.

SCHUEDA, Diogo Ehlke. **Procedimentos Para A Instalação De Um Sistema Fotovoltaico De Microgeração Distribuída Em Uma Residência – Estudo De Caso**. Curitiba, Paraná, 2018.

VIEIRA, Rafael Antonio. **Custo e viabilidade da implantação de sistema fotovoltaico “on grid” em uma escola municipal no oeste do Paraná**. Guaíra, Paraná, 2019.

WORUBY, Mauro Sérgio. **Sistema de Energia Solar Residencial**. Ponta Grossa, Paraná, 2018.