

**FACULDADE PATOS DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANDRÉ SILVA DE ALMEIDA
MATEUS RODRIGUES LIMA
MILTON PEREIRA DA SILVA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE
SISTEMAS ON-GRID OU OFF-GRID EM
CONSUMIDORES DO TIPO RESIDENCIAL**

**PATOS DE MINAS
2019**

**ANDRÉ SILVA DE ALMEIDA
MATEUS RODRIGUES LIMA
MILTON PEREIRA DA SILVA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE
SISTEMAS ON-GRID OU OFF-GRID EM
CONSUMIDORES DO TIPO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Patos de Minas
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Guilherme Thyago de
Sousa Fernandes

**PATOS DE MINAS
2019**

FACULDADE PATOS DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica

**ANDRÉ SILVA DE ALMEIDA
MATEUS RODRIGUES LIMA
MILTON PEREIRA DA SILVA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMAS ON-
GRID OU OFF-GRID EM CONSUMIDORES DO TIPO RESIDENCIAL**

Banca Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, composta
em (dias) de (mês) de (ano).

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, pela comissão examinadora
constituída pelos professores:

Orientador: Prof.^o. Guilherme Thyago de Sousa Fernandes
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Prof. ^o. Esp. ou Me. ou Dr. Nome do Professor
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Prof.^a. Esp. ou Me. ou Dr. Nome do Professor
Faculdade Patos de Minas

AGRADECIMENTOS

André Silva de Almeida:

“Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grato à minha família pelo apoio emocional, financeiro que sempre me deram durante toda a minha vida.

Agradeço à minha namorada que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.”

Mateus Rodrigues Lima:

“A Deus por ter me dado saúde e força nas dificuldades.

Aos meus pais, pelo apoio e incentivo sempre presente.

À minha esposa pelo carinho e motivação.

Aos amigos companheiros de classe que se esforçaram na execução deste trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.”

Milton Pereira da Silva:

“Primeiramente agradeço a Deus por esta oportunidade, e aos meus pais que tanto sofreram na vida para me darem uma boa educação.

Agradeço também aos meus colegas de sala e professores, pela paciência que tiveram de me ouvir perguntar alguma coisa que eu não sabia. Por fim, agradeço ao apoio dos meus filhos: Samantha, Sabrina e Gabriel; e que este feito sirva de lição a todos eles, mostrando que o estudo é a maneira mais lógica de conquistar sonhos, mas sempre com sacrifício, luta, coragem, e determinação, porque nada nessa vida é fácil.

Que Deus abençoe a todos, e o meu muito obrigado.”

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo, apresentar o projeto de estudo de caso de um sistema fotovoltaico demonstrando os sistemas on-grid e off-grid, nos quais a energia elétrica gerada apresenta alternativas rentáveis para o consumidor. O objetivo é detalhar o processo que foi feito em cada um dos subsistemas, e mostrar as vantagens e desvantagens de cada um deles. Por exemplo, o aproveitamento da energia solar, a redução no valor da conta de energia elétrica, e a redução das perdas elétricas com a transmissão, devido ao fato de a geração de energia estar próxima ao consumo.

Palavras-chave: Microgeração fotovoltaica. Energia Solar. Fotovoltaica.

ABSTRACT

This paper aims to present the case study project of a photovoltaic system demonstrating the on-grid and off-grid systems, in which the generated electricity presents profitable alternatives for the consumer. The goal is to detail the process that was done in each of the subsystems, and show the advantages and disadvantages of each of them. For example, harnessing solar energy, reducing the value of the electric bill, and reducing the electrical losses from transmission because power generation is close to consumption.

Keywords: Photovoltaic microgeneration. Solar energy. Photovoltaic.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Capacidade instalada de Geração de Energia elétrica..... | 13 |
| Figura 2 | Sistema fotovoltaico interligado a rede elétrica..... | 15 |
| Figura 3 | Esquemático teórico do princípio de uma célula fotovoltaica..... | 16 |
| Figura 4 | Sistema conectado à rede..... | 17 |
| Figura 5 | Painel Solar..... | 18 |
| Figura 6 | Controlador de carga..... | 19 |
| Figura 7 | Inversor..... | 19 |
| Figura 8 | Bateria Fotovoltaica..... | 20 |
| Figura 9 | Exemplo do Sistema Isolado..... | 22 |
| Figura 10 | Inversor Solar Fronius..... | 31 |
| Figura 11 | Microgerador..... | 31 |
| Figura 12 | Estrutura de Apoio..... | 32 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 1 | Resumo da situação atual dos Empreendimentos..... | 12 |
| Tabela 2 | Dados do Cliente..... | 29 |
| Tabela 3 | Dados do local da instalação..... | 29 |
| Tabela 4 | Consumo mensal ao longo do ano do cliente enquanto conectado diretamente à rede de distribuição da concessionária..... | 34 |
| Tabela 5 | Consumo Médio do cliente..... | 35 |
| Tabela 6 | Dimensionamento de cabos..... | 36 |
| Tabela 7 | Quantificação de Módulos..... | 36 |
| Tabela 8 | Compensação e eficiência de energia..... | 36 |
| Tabela 9 | Dimensionamento do Microinversor..... | 37 |
| Tabela 10 | Análise de Retorno de Investimento..... | 37 |
| Tabela 11 | Lista de Materiais/orçamento para On-Grid..... | 38 |
| Tabela 12 | Lista de Materiais/orçamento para Off-Grid..... | 39 |
| Tabela 13 | Análise de Retorno de Investimento (Off-Grid) | 39 |

SUMÁRIO

| | | |
|------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | Problemática | 10 |
| 1.2 | Objetivo Geral | 11 |
| 1.3 | Objetivos específicos | 11 |
| 1.4 | Justificativa | 11 |
| 2 | SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL | 12 |
| 2.1 | As fontes renováveis têm origem no Sol | 13 |
| 2.2 | Fontes Renováveis e seus Impactos | 14 |
| 2.3 | Energia Solar Fotovoltaica | 14 |
| 2.4 | Efeito Fotovoltaico | 15 |
| 2.5 | Subsistema Conectado à rede (ON GRID) | 16 |
| 2.6 | Subsistema Fotovoltaico Isolado (OFF GRID) | 17 |
| 2.7 | Passo a passo do Sistema Off-grid | 20 |
| 2.8 | Diferenças dos Sistemas On-grid para Off-grid | 22 |
| 2.9 | Vantagens e Desvantagens do Sistema On-grid | 25 |
| 2.10 | Vantagens e Desvantagens do Sistema Off-grid | 26 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 27 |
| 3.1 | Memorial Descritivo da Instalação Fotovoltaica | 29 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 33 |
| 4.1 | Dimensionamento para o sistema On-Grid | 33 |
| 4.2 | Quantificação da Radiação Solar | 33 |
| 4.3 | Orçamento para o Sistema On-grid | 38 |
| 4.4 | Orçamento para o Sistema Off-grid | 38 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 39 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 40 |
| 7 | ANEXOS | 45 |

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas advindas do aquecimento global, e a escassez de fontes de combustíveis fósseis, têm levado o mundo a estudar meios tecnológicos mais eficazes para desenvolver fontes alternativas de energia. (3). Por ser uma fonte de energia limpa e inesgotável para o consumo humano, a energia solar tem sido alvo de investimentos por parte de várias empresas nos últimos anos, afim de ser aplicada em sistemas de micro geração fotovoltaicos, principalmente quando se fala do sistema “on-grid”, que é ligado diretamente na rede elétrica. (3). Com o elevado crescimento das instalações de micro geração fotovoltaica, os consumidores estão aderindo cada vez mais a este sistema, pois além de ter as condições de gerar sua própria energia com excelente qualidade, ele tem a plena convicção de que em poucos anos, terá de volta todo o seu investimento empregado. (3). (Goetze, 2017).

No Brasil, a partir do ano de 2012 é que a resolução normativa (REN 482) foi regulamentada para o desenvolvimento de fontes renováveis em um sistema de pequena escala, sendo publicada em abril de 2012, e oficializada em dezembro do mesmo ano. (2). Só assim a geração de fontes de energia renováveis como solar, eólica, hídrica e biomassa, puderam ser interligadas à rede elétrica das concessionárias de distribuição no Brasil. (2). A partir desta resolução, foram criadas instalações de microgeração com sistemas de potência inferiores a 100KW, e sistema com potência superior a 100KW e inferior à 1MW. (2). Apesar do pouco incentivo do governo para o desenvolvimento das fontes alternativas de energia, com a implementação da REN-482 no Brasil, umas das fontes com maior expansão e crescimento tem sido a fonte de energia solar fotovoltaica.

1.1 Problemática

Qual a viabilidade financeira de se instalar um sistema fotovoltaico em uma residência de médio consumo, comparando os subsistemas on-grid e off-grid?

1.2 Objetivo Geral

Demonstrar de forma teórica e numérica, qual é a viabilidade econômica de se instalar um sistema fotovoltaico em uma residência, comparando os subsistemas (on-grid/off-grid) com o sistema convencional de fornecimento dado pela concessionária.

1.3 Objetivos específicos

- Analisar todas as condições necessárias para a implantação e funcionamento dos subsistemas de microgeração fotovoltaicos.
- Pesquisar os benefícios, limitações e necessidades dos subsistemas.
- Pesquisar as deficiências dos subsistemas e suas necessidades.
- Apresentar os benefícios oferecidos pelo subsistema implantado.

1.4 Justificativa

Com o elevado consumo de energia elétrica no mundo, veio a preocupação de se criar sistemas energéticos com menores impactos para o meio ambiente. (1). Em busca de soluções eficientes, o Sol tornou-se umas das opções mais viáveis no momento, por ser uma fonte de energia inesgotável na Terra. (1). Nos últimos anos, com os incentivos oferecidos pelo governo federal com relação às energias renováveis, o crescimento de implantação de sistema de energia solar fotovoltaico tem sido constante. (1)

A crescente demanda da utilização da energia solar tem trazido grandes vantagens, ao mesmo tempo que gera economia financeira; tem protegido o meio ambiente, evitando assim o consumo de energia não renovável.(2) Este estudo sobre microgeração de energia solar fotovoltaica para instalação em uma residência, foi elaborado com o intuito de comprovar ao leitor, que investir em uma fonte de energia renovável contribuirá para o meio ambiente, por ser uma geração

mais limpa e eficiente, e o mesmo, desfrutará de tarifas mais atraentes em comparação ao proposto pelas concessionárias de energia.(2)

2 SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL

O sistema elétrico nacional é formado por grandes redes de usinas hidrelétricas, espalhadas por todas as regiões do país, sul, sudeste, centro-oeste e parte da região norte. Na data de maio de 2017, a capacidade de energia gerada no Brasil chegou à marca aproximada de 152 GW, incluindo todas as fontes exploradas da época. (7)

TABELA 1: Resumo da Situação Atual dos Empreendimentos

| Fonte de Energia | Situação | Potência Associada (kW) |
|--|-------------------------|--------------------------------|
| 160 empreendimentos(s) de fonte Eólica | Construção não iniciada | 4.466.660 |
| 51 empreendimentos(s) de fonte Eólica | Construção | 889.400 |
| 614 empreendimentos(s) de fonte Eólica | Operação | 15.063.893 |
| 74 empreendimentos(s) de fonte Fotovoltaica | Construção não iniciada | 2.504.238 |
| 17 empreendimentos(s) de fonte Fotovoltaica | Construção | 461.234 |
| 2470 empreendimentos(s) de fonte Fotovoltaica | Operação | 2.084.839 |
| 115 empreendimentos(s) de fonte Hidrelétrica | Construção não iniciada | 2.220.631 |
| 39 empreendimentos(s) de fonte Hidrelétrica | Construção | 970.221 |
| 1341 empreendimentos(s) de fonte Hidrelétrica | Operação | 105.211.324 |
| 1 empreendimento(s) de fonte Maré | Operação | 50 |
| 57 empreendimentos(s) de fonte Termelétrica | Construção não iniciada | 3.877.231 |
| 91 empreendimentos(s) de fonte Termelétrica | Construção | 5.459.218 |
| 3009 empreendimentos(s) de fonte Termelétrica | Operação | 42.408.692 |

FONTE: (ANEEL, 2019). (8)

Percebe-se pela análise da tabela, que o Brasil é um país com um imenso potencial energético, e que a insolação no país é um fator determinante para isto.

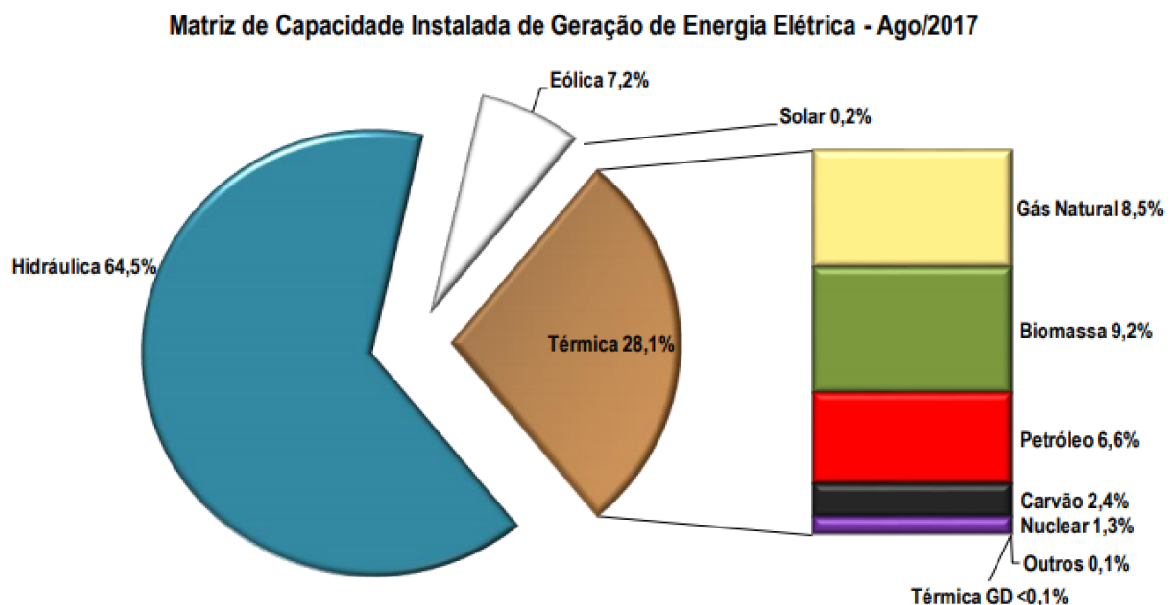
2.1 As fontes renováveis têm origem no Sol

O planeta Terra tem como fonte principal de energia, o Sol. A Terra recebe anualmente uma grande quantidade de energia solar, capaz de suprir todas as nossas necessidades energéticas, à exemplo da biomassa que tem sua energia captada através da fotossíntese.

Fontes renováveis são utilizadas por serem inesgotáveis aos padrões humanos, como por exemplo, a energia solar, a hidrelétrica, eólica, oceânica, geométrica, e a biomassa, (sendo esta última a mais utilizada do mundo) (10). Estudos apontam que podemos usar a luz e o calor do Sol durante 8 bilhões de anos; por isso é que são chamados de fontes inesgotáveis de energia. (10). Villalva.

Já as fontes não renováveis como o petróleo, carvão, e gás, apesar de serem abundantes na Terra, estão se esgotando cada vez mais, devido à grande demanda utilizada pela população mundial. (10) Vale ressaltar que estas fontes descritas causam danos irreparáveis ao meio-ambiente. (10) Villalva.

Figura 1: Capacidade instalada de Geração de Energia elétrica.



Fonte: Camargo (2017) (12)

A figura acima demonstra o domínio expressivo da rede hidráulica como matriz energética para o País.

2.2 Fontes Renováveis e seus Impactos

São fontes que possuem impactos ambientais bastante reduzidos, e que não possuem resíduos e nem emissões poluentes. (10).

As instalações de geradores eólicos estão causando a morte de pássaros, ruídos audíveis, além de mudar a realidade natural. Na fabricação dos geradores eólicos e células fotovoltaicas, ainda são empregados componentes e fluidos tóxicos. Nas usinas solares térmicas, são usados fluidos tóxicos ocupando grandes áreas; já nas usinas hidrelétricas, por causa da represa, o volume de água tem causado grandes impactos no meio ambiente e tem destruído a fauna. (10). Com o aumento da demanda de energia no mundo, a necessidade de substituir os combustíveis fósseis tem levado o homem a buscar outras fontes alternativas de energia. (10) (VILLALVA, 1983)

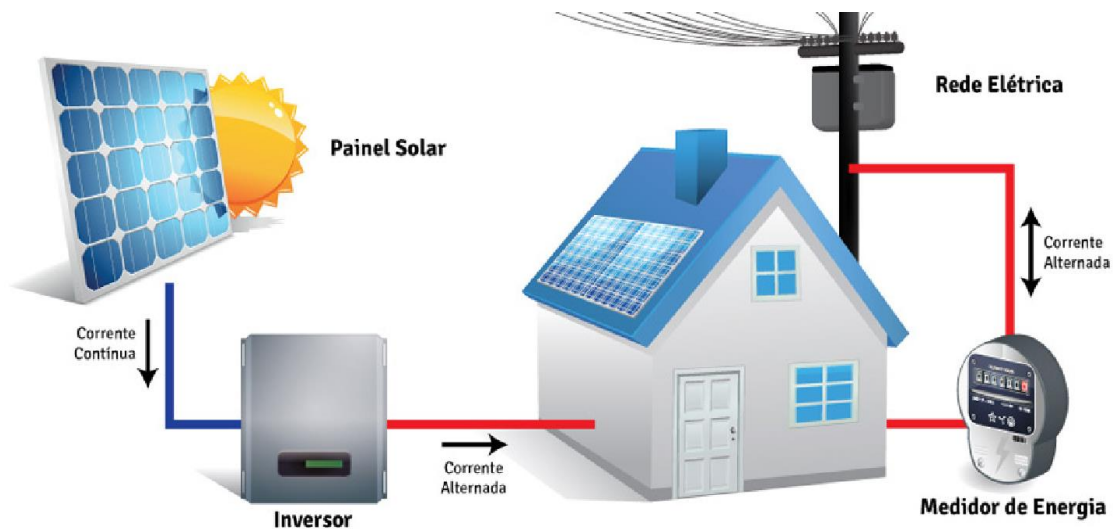
2.3 Energia Solar Fotovoltaica

O sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica tem como função principal, diminuir o impacto da demanda do consumo atual da energia elétrica não renovável consumida no mundo. (12)

Esse sistema interligado à rede elétrica também é chamado de ON-GRID, ou de GRID-TIE. Comparado ao sistema autônomo, a diferença é que o sistema ON-GRID é instalado em locais atendidos pela energia elétrica, enquanto o sistema autônomo gera e armazena toda energia produzida. (12)

O sistema fotovoltaico interligado à rede consiste em um conjunto de placas fotovoltaicas geradoras, inversores que fazem a conversão CC-CA, e medidores de energia. (12) A figura 2 mostra o modelo de função utilizado neste sistema.

Figura 2: Sistema fotovoltaico On-Grid interligado a rede elétrica.



Fonte (12) Camargo (2017)

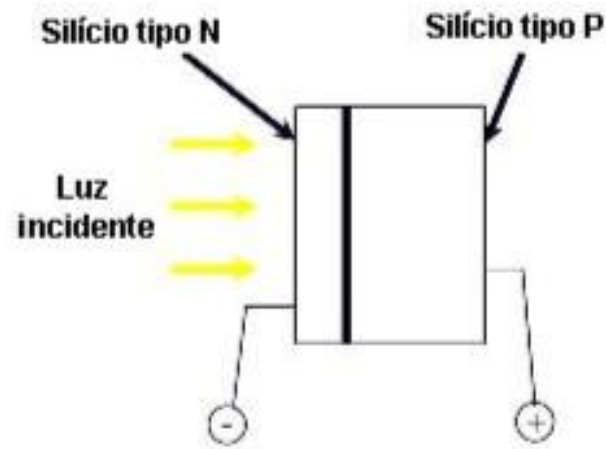
A figura acima demonstra de forma esquemática, como funciona o sistema on-grid, e como é ligado o medidor de energia.

2.4 Efeito Fotovoltaico

O efeito fotovoltaico existe devido aos materiais semicondutores que existem na natureza. Eles se caracterizam por possuírem faixas de energia onde é permitida a presença de elétrons, e faixas de energia que são totalmente vazias. (13). O principal componente usado na fabricação de células fotovoltaicas ainda é o silício, mas estudos com o grafeno estão acontecendo por todo o mundo. (13). Apresentado naturalmente na forma de areia, o silício passa por um processo de purificação antes de se tornar estável para a fabricação fotovoltaica; logo após, passa por um processo chamado de dopagem, onde o silício é misturado com o fósforo afim de que tenha elétrons livres e seja designado como portador tipo N. (13). Logo após, o mesmo processo é repetido colocando o Boro ao invés de silício, afim de que se obtenha um conjunto portador tipo P, ou seja, um conjunto com cargas positivas livres. (13).

A célula fotovoltaica se forma desta maneira, ou seja, coloca-se uma fina camada do conjunto portador tipo P afixada a um conjunto portador tipo N, apresentada conforme a figura abaixo: (13).

Figura 3: Esquemático teórico do princípio de uma célula fotovoltaica



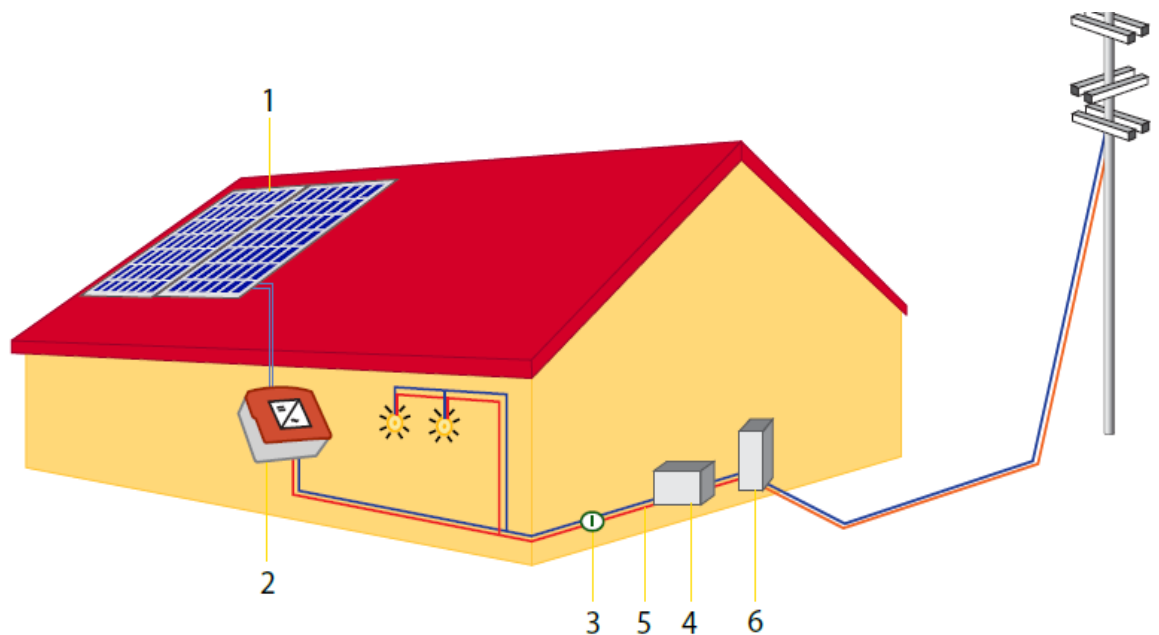
Fonte: (13) Cassio (2017)

Um campo elétrico é formado devido à diferença de cargas, e forma então a célula fotovoltaica. Quando a luz solar é incidida sobre a placa, os fótons se colidem com o silício e os concede energia, estimulando-os a serem condutores, e devido ao campo elétrico gerado na junção P-N, eles transitam do portador P, para o portador N através de um condutor externo, gerando a corrente elétrica enquanto existir luz solar incidida. A célula não é capaz de armazenar energia, mas varia o valor da corrente na mesma proporção em que a luz solar é incidida sobre a mesma. (13).

2.5 Subsistema Conectado à rede (ON GRID)

Este sistema conectado à rede elétrica transmite a energia gerada para as redes concessionárias de distribuição. (13) O sistema conectado às redes de distribuição é chamado de sistema (ON-GRID), onde o consumidor não precisa armazenar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico, sendo mais eficiente e mais barato do que o sistema autônomo. O sistema ON-GRID depende de regulamentação e legislação favorável, porque usa a rede concessionária de distribuição para a demanda da energia gerada. (13)

Figura 4: Sistema conectado à rede (13)



Fonte: Passari (2017) (14).

- 1- Módulos fotovoltaicos
- 2- Inversor ON-GRID – Transforma a corrente contínua do painel em corrente alternada de 127 v/220 v 60Hz, compatível com a eletricidade da rede.
- 3- Interruptor de segurança.
- 4- Quadro de luz- Faz a distribuição de energia para toda a casa.
- 5- A eletricidade alimenta os utensílios e eletrodomésticos.
- 6- O excedente volta para a rede elétrica através do medidor, fazendo rodar no sentido contrário, e reduzindo a tarifa de energia elétrica. (13)

2.6 Sistema Fotovoltaico Isolado (Off-Grid)

Sistema Fotovoltaico Isolado também conhecido como Sistema Fotovoltaico Off-Grid (do inglês: fora da rede).

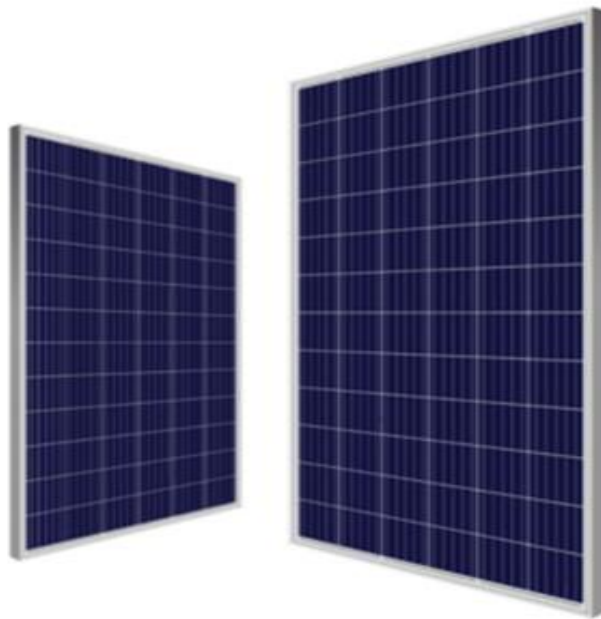
Consiste em um sistema que abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia, e são geralmente construídos com um propósito local e específico. Esta solução é bastante utilizada em locais isolados, já que na maioria das vezes é o modo mais econômico e viável de se obter energia elétrica nestes locais. São

exemplos de uso, sistemas de bombeamento de água, eletrificação de cercas, geladeiras para armazenar vacinas, postes de luz, estações replicadoras de sinal, armazenamento de alimentos, etc. Com isso, a energia produzida é armazenada em um banco de baterias que garantem o abastecimento em períodos sem Sol.

Os sistemas isolados de geração de energia solar fotovoltaica, de maneira simplificada, são compostos de quatro componentes:

Painéis solares: É o coração do sistema e geram a energia elétrica que abastece as baterias. Tem a função de transformar a radiação solar em corrente elétrica contínua. Um sistema pode ter apenas um painel ou vários painéis interligados entre si. (18)

Figura 5: Painel Solar



Fonte: AB.MIDIA (19)

Controladores de carga: É a válvula do coração e garantem o correto abastecimento das baterias, evitando sobrecargas e descargas profundas, aumentando sua vida útil. (18)

Figura 6. Controlador de carga.



Fonte: MPP Solar (20)

Inversores: São o cérebro do sistema, que tem a função de transformar corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC), e elevar a tensão, por exemplo, de 12V para 127V. Em alguns casos pode ser ligado a outro tipo de gerador, ou à própria rede elétrica para abastecer as baterias. (18)

Figura 7. Inversor.



Fonte: Solar Brasil (21)

Baterias: É o pulmão do sistema e armazenam a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que o Sol não esteja presente, e não haja outras fontes de energia. (18)

Figura 8. Bateria Fotovoltaica.



Fonte: Baterias Duran (22)

As figuras acima demonstram os componentes utilizados em um sistema fotovoltaico; os modelos e tamanhos dos equipamentos variam de acordo com o fabricante.

2.7 Passo a Passo do Sistema Off-Grid

Abaixo é mostrado o passo a passo simplificado de como funciona o sistema fotovoltaico Off-Grid:

1- Geração

Durante o período do dia, os painéis solares captam a luz solar e convertem em energia de corrente contínua. Os painéis solares instalados sobre o seu telhado, são conectados uns aos outros e em seguida, são conectados ao controlador de carga.

2- Controladores de Carga

O controlador de carga é o equipamento responsável por gerenciar e controlar o processo de carga e de descarga do banco de baterias.

3- Armazenamento

Nesse sistema, a energia produzida pelos painéis solares não é injetada na rede da concessionária como no sistema on-grid, e sim armazenada em um banco de baterias.

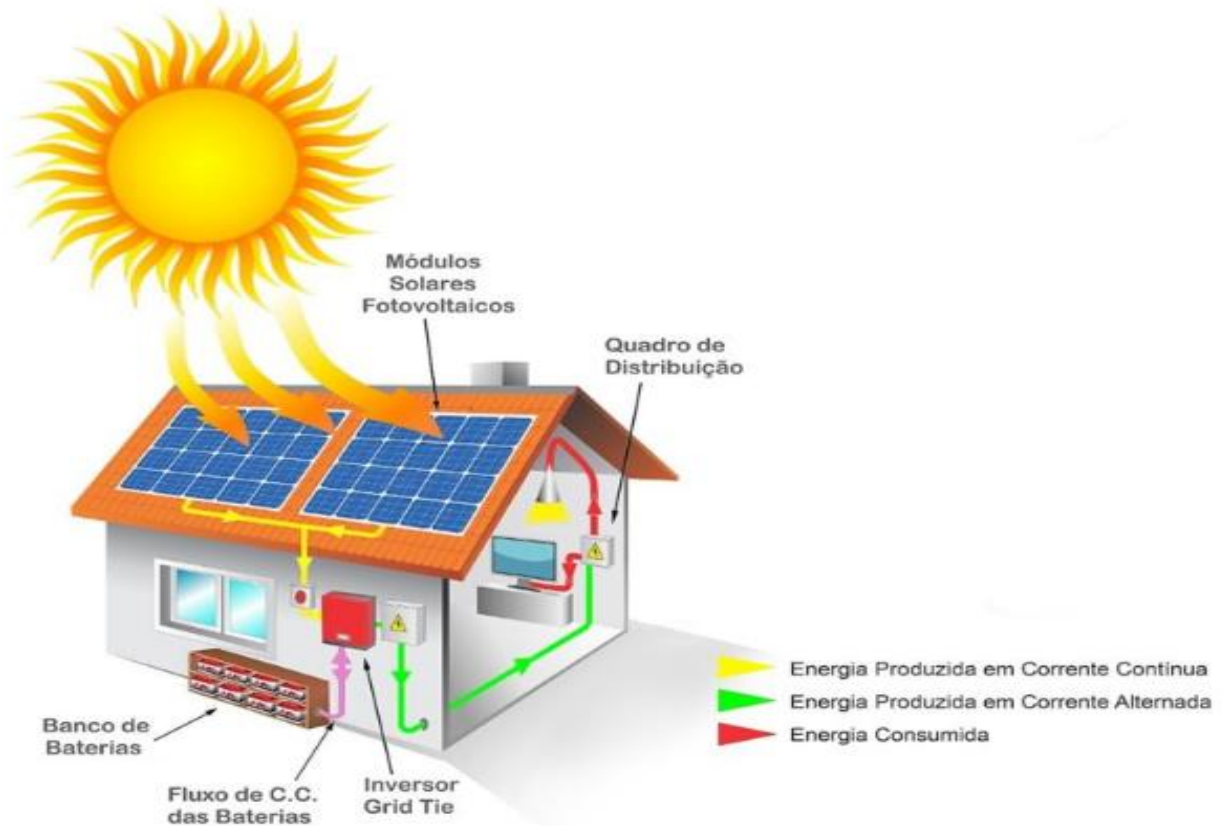
4- Conversão

O processo de conversão de energia acontece no inversor que converte a energia gerada nos painéis fotovoltaicos (corrente contínua) em energia de corrente alternada, que é o tipo de energia usada para alimentar os equipamentos elétricos das residências e empresas.

5- Períodos noturnos

Durante a noite o sistema fica inativo, onde o banco de baterias armazena toda a energia produzida durante o dia.

Figura 9: Exemplo do Sistema Isolado (Off-Grid)



Fonte: Solarion (15)

A figura acima demonstra em desenho, o processo de geração de energia solar pelo sistema off-grid.

2.8 Diferenças dos Sistemas On-grid para Off-grid

Os sistemas fotovoltaicos são implantados de acordo com a forma de como é feita a sua geração:

- _ Sistema isolado (OFF-GRID);
- _ Sistema conectado à rede (ON-GRID) (13).

Os sistemas isolados são aqueles que não são conectados à rede concessionária de distribuição elétrica, armazenando e produzindo a própria energia. (13). Os sistemas conectados à rede (ON-GRID) esses sim, são conectados às redes de distribuidoras elétricas tornando em conjunto o consumidor à rede concessionária. (13)

Com o passar dos anos, após a descoberta de elementos como o (Selênio) (SE) no ano de 1800, e a preparação do silício em 1820, foi possível chegarmos aos dias de hoje em um desenvolvimento tecnológico de alta produção de energia elétrica solar onde sua demanda de geração fotovoltaica vem crescendo a cada dia. (11) A partir do uso do silício cristalino (monocristalino e policristalino), sua produção já corresponde à quase 80% nos sistemas fotovoltaicos instalados. (11) A energia gerada pelo Sol tem sido uma das fontes energéticas mais exploradas pelo homem deste século, por ser uma fonte de energia renovável e inesgotável no planeta. (7)

O Sol tem contribuído muito na geração de energia elétrica na terra, aumentando os processos técnicos e dinâmicos, e levando conhecimento científico e tecnológico produzido pela sociedade atual. (7)

Existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos: On-grid e Off-grid. Basicamente, a diferença principal entre esses dois tipos de sistemas de energia solar é que um possui uma ligação direta à rede da concessionária de energia (On-Grid), e o outro, é independente da rede de distribuição de energia elétrica, e se sustenta através de baterias, que são seus dispositivos de armazenamento (Off-Grid). (14)

Os sistemas de energia solar do modelo On-Grid nasceram a partir da regulamentação do sistema de compensação de energia através da Resolução 482/ANEEL. Esse modelo tornou viável a aplicação do sistema conectado à rede, trocando créditos com a concessionária de energia elétrica e permitindo a popularização desse tipo de sistema. (14)

No sistema On-Grid, os dispositivos são conectados à rede através de um inversor que precisa reconhecer a frequência e a tensão, para que assim ele consiga injetar a energia na rede, ou seja, precisa estar conectado à rede para funcionar.

Além disso, o sistema On-Grid é um sistema que trabalha pelo conceito de compensação. Por exemplo, se durante o dia o sistema está gerando energia e a mesma não está sendo consumida em tempo real, ela é injetada na rede elétrica. Já à noite, quando não há presença da radiação do Sol para a produção, a concessionária é quem disponibiliza a energia elétrica. Isto significa que o consumidor nunca fica sem energia, e possui um sistema em que um dos elementos dá apoio ao outro.

Por isso, quando o sistema é dimensionado de forma equilibrada, é possível chegarmos a uma conta em que apenas o custo de disponibilidade precisa ser pago. Uma questão importante, é que, devido a essa relação entre o sistema e o uso da rede da concessionária, caso essa pare de fornecer energia, o sistema em si também vai parar de injetar energia na rede. Isso acontece, principalmente, por uma questão de segurança. No momento em que se supõe que tem algum problema na concessionária, e algum técnico precisa fazer a manutenção, se você estiver produzindo e naquele momento estiver injetando energia na rede, pode acontecer algum acidente com esse funcionário. (14)

No entanto, para a maioria dos projetos é mais eficiente se conectar à rede e compensar seu consumo de eletricidade. Afinal, a rede da distribuidora atua como uma bateria 100% eficiente e sem manutenção, além de fornecer energia ilimitada sob demanda em casos de necessidade.

Já no sistema Off-Grid, como não possui conexão com a rede pública de energia (sendo assim não é necessário pagar a conta de luz), ela então necessita de um banco de baterias estacionárias, que irão armazenar todo o excesso de energia gerado pelas placas fotovoltaicas. Esta energia ficará armazenada e preparada para gerar energia para o consumidor, mesmo em épocas em que o sistema não esteja gerando energia. Esse sistema é mais indicado para lugares remotos, como áreas rurais, pois seu uso não depende da rede pública de energia. (15)

Além do banco de baterias estacionárias, o sistema Off-Grid também necessita de inversores elétricos. Ele converte a corrente contínua gerada pelas placas solares e a armazena nas baterias em corrente alternada. Esse sistema é mais indicado para lugares remotos, como áreas rurais, pois seu uso não depende da rede pública de energia. (15)

2.9 Vantagens e Desvantagens do Sistema On-grid

- Vantagens no Sistema On-Grid:

1. Compensação de crédito

A compensação de crédito abriu as portas para esse modelo de sistema fotovoltaico, onde o consumidor recebe créditos de compensação na hora de pagar o valor da conta da concessionária. O sistema de compensação permite essa troca com a concessionária, tornando o sistema on-grid muito vantajoso. Outro fator importante é que o sistema on-grid permite que os créditos gerados em um local possam ser transferidos para outro local, dentro da mesma área de concessão, desde que atenda a alguns requisitos legais: (16)

2. A resolução 687 da ANEEL

A resolução 687 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) trouxe mais flexibilidade na compensação dos créditos, aumentando mais a penetração do sistema on-grid, e fazendo com que esse tipo de sistema de energia fotovoltaico seja mais atrativo ao consumidor que quer gerar a sua própria energia. (16)

3. Custo de implantação do sistema

O custo de implementação do sistema de energia solar fotovoltaico caiu significativamente com os sistemas on-grid, com isso permitiu-se uma melhor adesão à geração própria, já que financeiramente o Sistema Solar se tornou mais atrativo. Além disso, a adaptação da conexão com a concessionária melhorou a qualidade de energia no ponto de entrega. Ou seja, um sistema on-grid é mais barato que um off-grid e também, entrega a energia com mais qualidade ao consumidor. (16)

4. Manutenção do sistema é baixa

Retirando os sistemas de armazenamento do projeto, ou seja, as baterias, que são necessárias em sistemas off-grid, conseqüentemente foi excluído um custo adicional à manutenção. Com isso, o sistema on-grid necessita de um valor de manutenção mais baixo, e tem uma vida útil maior. (16)

5. Qualidade de energia

A característica da geração de energia solar conectada com a rede da concessionária permite alívios no fornecimento de energia no momento da geração, e isso impacta positivamente nos períodos de alta produção. Assim, melhoram-se os níveis de tensão e a capacidade dos circuitos de baixa tensão, isso significa que o consumidor terá uma energia de maior qualidade. (16)

- Desvantagens no Sistema On-Grid:

Além dos gastos para padronização da rede nos sistemas de distribuição, os custos adicionais também incluem a modificação no procedimento de planejamento e operação do sistema elétrico, para cenários que consideram a inserção e a geração distribuída. (16)

Assim, quanto maior e mais complexo for o sistema elétrico, maiores serão os custos necessários para o planejamento operacional do mesmo, incluindo os estudos e análises de novos procedimentos abrangendo todos os cenários possíveis com a geração distribuída, e incluindo ainda, o enfrentamento dos problemas técnicos provenientes da sua inserção antes que eles aconteçam e afetem o sistema elétrico como um todo. (16)

2.10 Vantagens e Desvantagens do Sistema Off-Grid

Os sistemas off-grid de grande porte são indicados para aqueles clientes com altas demandas energéticas, e que assim como aqueles consumidores de pequeno porte, também estão situados em localizações de difícil acesso à rede. Estes locais, de forma geral, recebem altos índices de radiação solar, mas as fontes de energia mais comumente encontradas como as responsáveis pelo atendimento dessa

demanda são os geradores movidos a gasolina ou diesel. Assim, as vantagens do sistema off-grid para empreendimentos de grande porte são:

- Redução da dependência de combustíveis fósseis;
- Diminuição das emissões de gás carbônico;
- Redução de custos com o transporte de combustíveis,
- Diminuição do risco de acidentes.

Alguns outros pontos positivos observados para o sistema off-grid de forma generalizada, são:

- Possibilidade de ser utilizado em localizações mais remotas, onde há dificuldade de se obter energia elétrica. Estão sendo desenvolvidas ainda, pesquisas e projetos para a instalação deste tipo de energia fotovoltaica em aldeias indígenas, possibilitando o acesso dessas comunidades à energia elétrica.

- Fornece a energia de forma constante e ininterrupta. (17)

Além de a energia fotovoltaica ser considerada limpa por não gerar resíduos para além das placas e não causar danos ao meio ambiente, ela é um dos recursos renováveis mais promissores no Brasil e no mundo, pois causa impactos ambientais mínimos, e reduz a utilização de carbono por parte dos consumidores – (que estarão minimizando suas emissões ao optar por uma forma de obtenção de energia de baixo potencial danoso). (17)

Dentre as desvantagens do sistema off-grid encontramos:

- 1- Necessita da utilização de baterias e controladores de carga;
- 2- Tem custo mais elevado para implementação;
- 3- É menos eficiente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo para a instalação de um sistema fotovoltaico será descrito como requisito para explanação e detalhamento do sistema. O passo-a-passo e o planejamento para a instalação, serão descritos logo abaixo:

1.Preparação do local de instalação:

Com base no layout desenhado para o sistema, a equipe de instalação sobe no telhado da casa ou empresa, e desenha onde será alocado cada painel solar.

2.Instalando os “suportes” dos painéis solares:

Em telhados de barro, as telhas são removidas nos lugares certos, de acordo com o layout, e os “suportes” são parafusados nestes pontos, provendo a base da fixação do sistema. Em telhados de metal, a instalação é mais simples e o suporte é parafusado através da própria telha metálica, provendo segurança e proteção contra infiltrações.

3.A instalação dos “trilhos” onde os painéis solares serão fixados:

As estruturas de fixação são todas pré-fabricadas, normalmente em alumínio. Os trilhos são feitos para encaixar perfeitamente nos suportes e prover um local perfeito para prender os painéis solares.

4.Instalar as placas solares sobre os trilhos e conectar os cabos:

Com os trilhos bem fixos é hora de instalar os painéis em seu devido lugar e conectar os cabos.

5.Conectar os painéis solares no inversor solar e instalar o inversor na rede elétrica de sua casa ou empresa:

Esta é a parte final da instalação, onde quem trabalha é somente o eletricista. Após a instalação e a conexão à rede, o sistema de energia solar já está produzindo energia elétrica e você começa a economizar na conta de luz imediatamente.

3.1 Memorial Descritivo da Instalação Fotovoltaica

Dados Gerais do Sistema: Este projeto diz respeito à construção de um sistema de produção de eletricidade através da conversão fotovoltaica, com uma potência de pico igual a 9 KWp.

Tabela 2: Dados do cliente

| CLIENTE | |
|----------|---------------------------------|
| CLIENTE | MILTON PEREIRA DA SIVA |
| ENDereco | R. CAIÇARAS N.758 B. ALVORADA 2 |
| TELEFONE | C. 996711230 |
| EMAIL | miltonp2804@gmail.com |

Fonte: Blue Sol (14)

Local de Instalação: O sistema possui as seguintes características: Gerador fotovoltaico conectado à rede de distribuição de eletricidade.

Tabela 3: Dados do local da instalação

| DADOS DA LOCALIZACAO | |
|-----------------------|----------------------|
| LOCAL | PATOS DE MINAS – MG |
| LATITUDE | 18° 34' 46" |
| LONGITUDE | 46° 31' 6" |
| ALTITUDE | 842m |
| FONTE DADOS CLIMATICO | CIDADE-BRASIL.COM.BR |
| ABERTO | 13% |

Fonte: Blue Sol (14)

Dimensionamento: A quantidade de energia produzível é calculada com base nos dados radiométricos, conforme a fonte ATLAS BRASILEIRO, o Atlas Solarimétrico do Brasil, e utilizando os métodos de cálculo descritos nas normas. As instalações atenderão às seguintes condições (a serem executadas para cada

"gerador solar", entendida como um conjunto de módulos fotovoltaicos com o mesmo ângulo e a mesma orientação): na fase inicial do sistema fotovoltaico, a relação entre a energia ou a potência produzida em corrente alternada e a energia ou a potência produzível em corrente alternada (determinada em função da radiação solar incidente sobre o plano de um dos módulos, da potência nominal do sistema e a temperatura de funcionamento dos módulos) é, pelo menos, maior do que 0,78, no caso de utilização de conversores de potência até 20 kW, e 0,8 no caso de utilização de inversores de maior potência, em relação às condições de medição e métodos de cálculo descritos no Guia EN 60904-2.

Descrição do Sistema: O sistema fotovoltaico é composto de 1 gerador fotovoltaico composto de 6 módulos fotovoltaicos e 1 inversor. A potência nominal total é de 1.9 kWp para uma produção de 2293 kWh por ano, distribuídos em uma área de 7,36 m². Modalidade de conexão à rede de alimentação Baixa Tensão em Trifásico com tensão fornecimento 220 v.

Inversor Solar: O sistema de conversão é composto por um conjunto de conversores estáticos (inversores). O conversor CC/CA utiliza um sistema idôneo de transferência de potência a rede de distribuição, em conformidade aos requisitos técnicos e normas de segurança. Os valores de tensão e corrente do dispositivo de entrada são compatíveis com o sistema fotovoltaico, enquanto os valores de saída são compatíveis com os valores da rede, à qual está conectado ao sistema. As principais características do grupo conversor.

Figura 10: Inversor Solar Fronius



Fonte: Blue Sol (14)

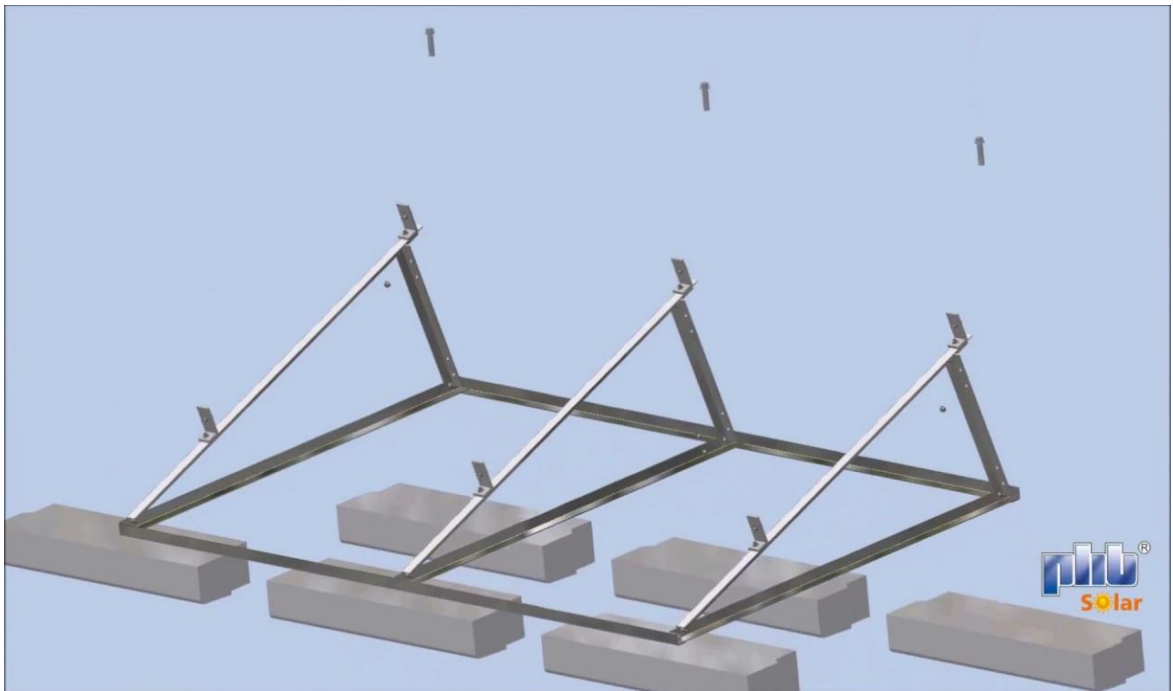
Figura 11: Microgerador



Fonte: Blue Sol (14)

Estruturas de Apoio: Os módulos serão montados em suportes de alumínio, com um ângulo de 22°, terão todos a mesma exposição. Os sistemas de fixação da estrutura deverão resistir às rajadas de vento.

Figura 12: Estrutura de Apoio.



Fonte: Phb Eletrônica

Quadro Elétrico:

- Quadro de campo em corrente contínua: será prevista a instalação de um quadro de CC para conexões em paralelo dos módulos, medições e controle dos dados de entrada e saída em para gerador fotovoltaico.
- Quadro de paralelo em corrente alternada: Será prevista a instalação de um quadro em corrente alternada, localizado depois dos conversores estáticos, para realização da medição e controle dos dados de saída do inversor. Dentro será adicionado DR, disjuntores e DPS para proteção.

Aterramento: É previsto um sistema de aterramento simples para proteção do gerador fotovoltaico composto por 6 hastes e cabo 35mm² de cobre conforme NBR 5419.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste momento, serão apresentados os resultados do consumo referente à cada equipamento, bem como a média do consumo, e a viabilidade financeira de se obter um sistema fotovoltaico, seja ele on-grid ou off-grid.

Alguns conceitos são fundamentais para estes estudos de cálculo, e serão veementemente abordados conforme as definições a seguir, utilizando a conta de energia que está em anexo ao final deste trabalho:

4.1 Dimensionamento para o Sistema On-Grid

O custo de disponibilidade, é o valor fixo pago à concessionária para a obtenção do padrão de energia elétrica. Para a análise realizada abaixo, foi considerada a disponibilidade mínima do padrão bifásico que é de 50 kWh. (19)

4.2 Quantificação da Radiação Solar

É o valor de irradiação solar concernente à cada região do País. Cada lugar tem um valor único de irradiação solar medido em w/m^2 . (18). A irradiação solar específica de cada cidade é mostrada através do software Sun Data v 3.0 – (especificado nas referências deste trabalho).

A tabela abaixo demonstra o consumo mensal ao longo do ano:

Tabela 4: Consumo mensal ao longo do ano do cliente enquanto conectado diretamente à rede de distribuição da concessionária.

| Mês/Ano | Consumo KWh | Média Diária |
|---------|-------------|--------------|
| set/19 | 157 | 5,06 |
| ago/19 | 112 | 3,5 |
| jul/19 | 114 | 3,8 |
| jun/19 | 113 | 3,89 |
| mai/19 | 120 | 3,75 |
| abr/19 | 94 | 3,35 |
| mar/19 | 105 | 3,5 |
| fev/19 | 135 | 4,5 |
| jan/19 | 131 | 4,09 |
| dez/18 | 112 | 3,73 |
| nov/18 | 124 | 4,27 |
| out/18 | 147 | 4,59 |
| Total | 1464 | 48,03 |
| Média | 122 | 4,066666667 |

FONTE: Blue Sol (14)

As fórmulas abaixo demonstram como são calculadas, a média do consumo mensal, e a média diária em KW/h:

$$Média Mensal = \frac{\Sigma}{N}$$

$$Média Diária = \frac{média mensal}{30 dias}$$

Onde:

Σ = soma total

N = quantidade de meses

A tabela abaixo demonstra o consumo médio real, a energia produzida, e quantidade de placas:

Tabela 5: Consumo Médio do Cliente

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Consumo médio real mensal | Consumo médio real diário |
| 72 | 2,4 |
| Energia produzida pelo Módulo | |
| 1752,3 | |
| Cálculo da quantidade de Placas | |
| 1,369628488 | |
| Total de Placas | |
| 2 | |

FONTE: Blue Sol (14)

As fórmulas abaixo demonstram como são calculados o consumo médio real, a energia produzida pelo módulo e a quantidade de placas:

$$\text{Consumo médio real} = \text{Média} - 49,50$$

$$\text{Consumo médio real diário} = \frac{\text{consumo médio real}}{30}$$

$$\text{Energia do Módulo} = \frac{(5310 \times 330)}{1000}$$

$$\text{Cálculo da quantidade de placas} = \frac{(\text{consumo médio real diário} \times 1000)}{\text{energia do módulo}}$$

Onde:

“R\$ 49.50 ” = taxa mínima do Sistema bifásico – (50 KWh x 0.99)

“5310” = taxa de irradiação diária em (W/m²) na região de Patos de Minas.

(20)

“330” = potência do módulo fotovoltaico a ser empregado

A tabela abaixo demonstra os valores de dimensionamento dos cabos utilizados na ligação dos módulos:

Tabela 6: Dimensionamento de cabos

| Dimensionamento Cabo CC | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Comprimento | Corrente In | Condutividade do cabo | Queda de Tensão | Tensão Nominal | Valor calculado |
| 60 | 7,2 | 48 | 4,5 | 120 | 0,033333333 |

FONTE: Blue Sol (14)

A fórmula utilizada como base de cálculo é a seguinte:

$$Cabo\ CC = \frac{(2 \times comprimento \times corrente)}{(condutividade\ do\ cabo \times queda\ de\ tensão \times tensão\ nominal)}$$

A tabela abaixo demonstra como é calculada a quantidade de módulos:

Tabela 7: Quantificação de módulos

| Quantidade de módulos | | |
|-----------------------|-------------------|---------------|
| Energia do sistema | Energia do modulo | Nº de módulos |
| 2400 | 1752,3 | 1,369628488 |

FONTE: Blue Sol (14)

A fórmula utilizada para calcular o número de módulos se define por:

$$N^{\circ}\ de\ módulos = \frac{energia\ do\ sistema}{energia\ do\ módulo}$$

A tabela abaixo demonstra a compensação de energia, através da eficiência e produção energética do módulo:

Tabela 8: Compensação e eficiência de energia

| COMPENSAÇÃO DE ENERGIA | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Irradiação diária (W/m ²) | Área do modulo (M ²) | Eficiência do modulo (%) | Energia Produzida pelo Modulo |
| 5310 | 2 | 0,165 | 1752,3 |

FONTE: Blue Sol (14)

A fórmula que quantifica a energia produzida pelo módulo através da irradiação diária, área do módulo, e eficiência é a seguinte:

$$\text{Energia do módulo} = \text{irradiação diária} \times \text{área do módulo} \times \text{eficiência do módulo}$$

A tabela abaixo demonstra sistematicamente os valores de potência do inversor:

Tabela 9: Dimensionamento do Microinversor

| Dimensionamento do Microinversor de Frequência | | |
|--|----------------------|----------------------|
| Potência da Placa | Quantidade de Placas | Potência do Inversor |
| 330 | 2 | 660 |

FONTE: Blue Sol (14)

A fórmula que demonstra como é calculada a potência do inversor é:

$$\text{Potência do microinversor} = \text{potência da placa} \times n^{\circ} \text{ de placas}$$

A tabela abaixo demonstra a análise de retorno do investimento “*payback*”:

Tabela 10: Análise de retorno de investimento

| ANÁLISE DE INVESTIMENTO | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| VALOR DO INVEST. | ENERGIA/MÊS | R\$ ENERGIA | PAYBACK/MÊS |
| 4.756,00 | 122,00 | R\$ 0,99 | 39,46005515 |

FONTE: Blue Sol (14)

A fórmula que tipifica o retorno do investimento é:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Valor do investimento}}{(\text{valor da energia média mensal} \times \text{valor da energia (kwh)})}$$

4.3 Orçamento para o Sistema On-Grid

Tabela 11: Lista de Materiais/orçamento para On-Grid

| ITEM | DESCRIÇÕES DOS MATERIAIS | QUANT. | UNID. | R\$ UNIT. | R\$ ITENS |
|------|--|--------|-------|--------------|--------------|
| 1 | KIT FOTOVOLTAICO - 2 PLACAS - 660W + MICROINVERSOR 700W HOYMILES | 1 | PÇ | R\$ 2.498,00 | R\$ 2.498,00 |
| 2 | FRETE DE ENTREGA (VARGINHA - MG) | 1 | VLR | R\$ 130,00 | R\$ 130,00 |
| 3 | DISJUNTOR DIN 2/40 | 1 | PÇ | R\$ 47,00 | R\$ 47,00 |
| 4 | DPS ABB | 1 | PÇ | R\$ 95,00 | R\$ 95,00 |
| 5 | CABO DE COBRE NU 2,5MM ² | 24 | MTS | R\$ 1,50 | R\$ 36,00 |
| 6 | SUBTOTAL | | | | R\$ 2.806,00 |
| 7 | MÃO-DE-OBRA | | | | R\$ 1.500,00 |
| 8 | IMPOSTO SIMPLES NACIONAL | | | | R\$ 450,00 |
| 9 | TOTAL | | | | R\$ 4.756,00 |

FONTE: Blue Sol (14)

4.4 Orçamento para o Sistema Off-Grid

Para o sistema off-grid, foram utilizadas as mesmas fórmulas para o dimensionamento da energia produzida pelos módulos, mesma quantidade de microinversores, mesmo dimensionamento de cabos, e a mesmo consumo de energia. A diferença está na Lista de Materiais que sofreu o acréscimo do controlador de carga, e da bateria estacionária, conforme mostra a tabela abaixo:

Tabela 12: Lista de Materiais/orçamento para Off-Grid

| ITEM | DESCRIÇÕES DOS MATERIAIS | QUANT. | UNID. | R\$ UNIT. | R\$ ITENS |
|------|--|--------|-------|--------------|--------------|
| 1 | KIT FOTOVOLTAICO - 2 PLACAS CANADIAN - 660W + CONTROLADOR DE CARGA CCS M4024NSD + CONECTORES | 1 | PÇ | R\$ 1.385,70 | R\$ 1.385,70 |
| 2 | INVERSOR 800W HAYONIK 12V/127V HAY800W | 1 | PÇ | R\$ 412,00 | R\$ 412,00 |
| 3 | BATERIA ESTACIONÁRIA | 1 | PÇ | R\$ 1.195,00 | R\$ 1.195,00 |
| 4 | FRETE DE ENTREGA | 1 | VLR | R\$ 130,00 | R\$ 130,00 |
| 5 | DISJUNTOR DIN 2/40 | 1 | PÇ | R\$ 47,00 | R\$ 47,00 |
| 6 | DPS ABB | 1 | PÇ | R\$ 95,00 | R\$ 95,00 |
| 7 | CABO DE COBRE NU 2,5MM ² | 24 | MTS | R\$ 1,50 | R\$ 36,00 |
| 8 | SUBTOTAL | | | | R\$ 3.300,70 |
| 9 | MÃO-DE-OBRA | | | | R\$ 1.800,00 |
| 10 | IMPOSTO SIMPLES NACIONAL | | | | R\$ 540,00 |
| 11 | TOTAL | | | | R\$ 5.640,70 |

FONTE: Blue Sol (14)

Tabela 13: Análise de retorno de investimento (Off-Grid)

| ANÁLISE DE INVESTIMENTO | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| VALOR DO INVEST. | ENERGIA/MÊS | R\$ ENERGIA | PAYBACK/MÊS |
| 5.640,70 | 122,00 | R\$ 0,99 | 46,80032235 |

FONTE: Blue Sol (14)

A fórmula que tipifica o retorno do investimento é:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Valor do investimento}}{(\text{valor da energia média mensal} \times \text{valor da energia (kwh)})}$$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a elaboração deste estudo de caso, concluímos que o payback do Sistema on-grid é de 39,46, ou seja, em três anos e três meses o valor do investimento é revertido. Em contrapartida, o sistema off-grid apresenta um payback de 46,80, ou seja, o sistema on-grid é mais compensativo.

Hoje, a Energia Solar pode ser assim considerada, uma importante alternativa para superação dos desafios de expansão de Energia para localidades isoladas, especificamente no meio rural, às quais a rede convencional geralmente não possui acesso. Embora algumas tecnologias de geração de energia solar sejam mais

caras, como a fotovoltaica, os possíveis benefícios socioambientais trazidos por essa fonte de energia, como o alcance de áreas isoladas, a geração de empregos, a não emissão de gases de efeito estufa e, de modo geral, a redução de impactos ao meio ambiente, compensam o seu custo. O Brasil é um país muito beneficiado pela larga radiação solar durante o ano. Entretanto a energia solar não tem ocupado espaço expressivo na matriz energética brasileira, sendo necessários maiores investimentos para ampliação do setor. Seguindo esse contexto, o presente trabalho contemplou os pontos positivos e negativos da inserção e maximização da geração distribuída no sistema elétrico fotovoltaico; além de detalhar os dois sistemas presentes: o sistema On-Grid e o sistema Off- Grid, nos quais foram feitos estudos de caso, onde a instalação do sistema on-grid é o mais viável. Como ele está conectado à rede elétrica da distribuidora, o valor da energia injetada é utilizado como crédito energético, e serve para abater no valor da energia consumida; já o sistema off-grid é inviável, devido a questão do custo benefício a longo prazo.

6 REFERÊNCIAS

1 A BENEDEUCE, F.C. **Energia Solar fotovoltaico Sem Mistério: Energia Solar fotovoltaico**. Fortaleza Ceará: Banco do Nordeste, 1999. 78 p.

2 COSTA, Thiago Mendes Germano. **METODOLOGIA PARA PROJETO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA**. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – Page, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte – Mg, 2015.

3 GOETZE, Felipe. **PROJETO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO**. 2017. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica., Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Elétrica, Porto Alegre, 2017.

4 CÂMARA, Carlos Fernando. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA**. 2011. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Para A Obtenção do Título de Especialista em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras - Mg, 2011.

5 CARVALHO, Paulo C. M.; –, Sandro C. S. Jucá; FREIRE, Cristiano A. S.. **PROGRAMA DIDÁTICO DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÔNOMOS**. 2003. 12 f. Monografia (Especialização) - Curso de (especialização em Automação Industrial) –, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici – Caixa Postal 6001 Cep 60455-760 – Fortaleza – Ceará, 2003.

6 SUZUKI, Eimi Veridiane; REZENDE, Fernanda Dutra. **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA PARA AUXILIAR A SUPRIR A DEMANDA CRESCENTE DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**. 2013. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialista em Eficiência Energética, do Curso de Especialização em Eficiência Energética, Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Curitiba, 2013.

7 Ênio Bueno Pereira; Fernando Ramos Martins; André Rodrigues Gonçalves; Rodrigo Santos Costa; Francisco J. Lopes de Lima; Ricardo Reuther; Samuel Luna de Abreu; Gerson Máximo Dipolo; Silvia Vitorino Pereira; Jefferson Gonçalves de Souza et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. - São José dos Campos: Atlas, 2017. 80 p.

8 AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 687**: REN482_Micro e mini geração. Brasília, 2015. 26 p.

9 GALDINO, João Tavares Pinho e Marco Antonio et al. **Manual de Engenharia Para Sistema fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel e Cresesb, 2014. 530 p.

10 VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar fotovoltaica**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Educação S.a, 1983.

11 SILVA, Aleff Sandersom; RESENDE, Douglas Daniel Souza; ARAUJO, Tiago Marques. **GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**. 2018. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade Patos de Minas, Patos de Minas, 2018.

12 CAMARGO, Lucas Tama Nini. **Projeto de Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica Londrina** Projeto de Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica. 2017. 103 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica., Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

Citação com autor incluído no texto: Camargo (2017)

13 PASSARI, Luiz Rafael. Sistemas fotovoltaicos. In: SOUZA, Ronilson di. **Blue Sol Energia Solar**. 2. ed. Ribeirão Preto: Educacional, 2017. p. 10-114. Passari e Passari (2017)

14 BLUE SOL ENERGIA SOLAR. **Entendendo as Vantagens e Desvantagens da Energia Solar: O Guia Definitivo Para Você Não Errar Na Escolha do Seu Gerador Elétrico**: Tudo sobre energia solar. [S. l.], 9 maio 2018. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>. Acesso em: 12 out. 2019.

15 SOLARION. **QUAIS AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS ON-GRID E OFF-GRID?**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://energiasolarion.com.br/blog/sistemas-on-grid-e-off-grid/>. Acesso em: 12 out. 2019.

16 PINTO JÚNIOR, LUIZ ALBERTO WAGNER. **Conheça as 5 principais vantagens de investir em um sistema fotovoltaico on-grid**: ENERGIA SOLAR. [S. l.], 20 jul. 2017. Disponível em: <https://hccengenharia.com.br/conheca-as-5-principais-vantagens-de-investir-em-um-sistema-fotovoltaico-on-grid/>. Acesso em: 12 out. 2019.

17 EQUIPE ECYCLE. **O que é o sistema off-grid de energia solar?**. [S. l.], 23 abr. 2019. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3430-sistema-solar-fotovoltaico-isolado-off-grid-rede-on-como-funciona-luz-kit-captacao-geracao-autonomo-eletricidade-vantagens-uso-energia-limpa-meio-ambiente-sustentavel-onde-comprar-componentes-instalacao-custo-fonte>

18.MIRANDA, Artur Biagio Canedo Montesano. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**. 2014. 98 f. TCC

(Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

19.ENGENHARIA, Dusol. **Porque você paga taxa mínima de energia, mesmo se não usar?** Disponível em: <<https://www.dusolengenharia.com.br/post/por-que-voce-paga-taxa-minima-de-energia-mesmo-se-nao-usar/>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

20.EÓLICA, Centro de Referência Para As Energias Solar e. **Potencial Solar - SunData v3.0.** 2014. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Autoriza-se a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Faculdade Patos de Minas – Patos de Minas, 08 de novembro de 2019.

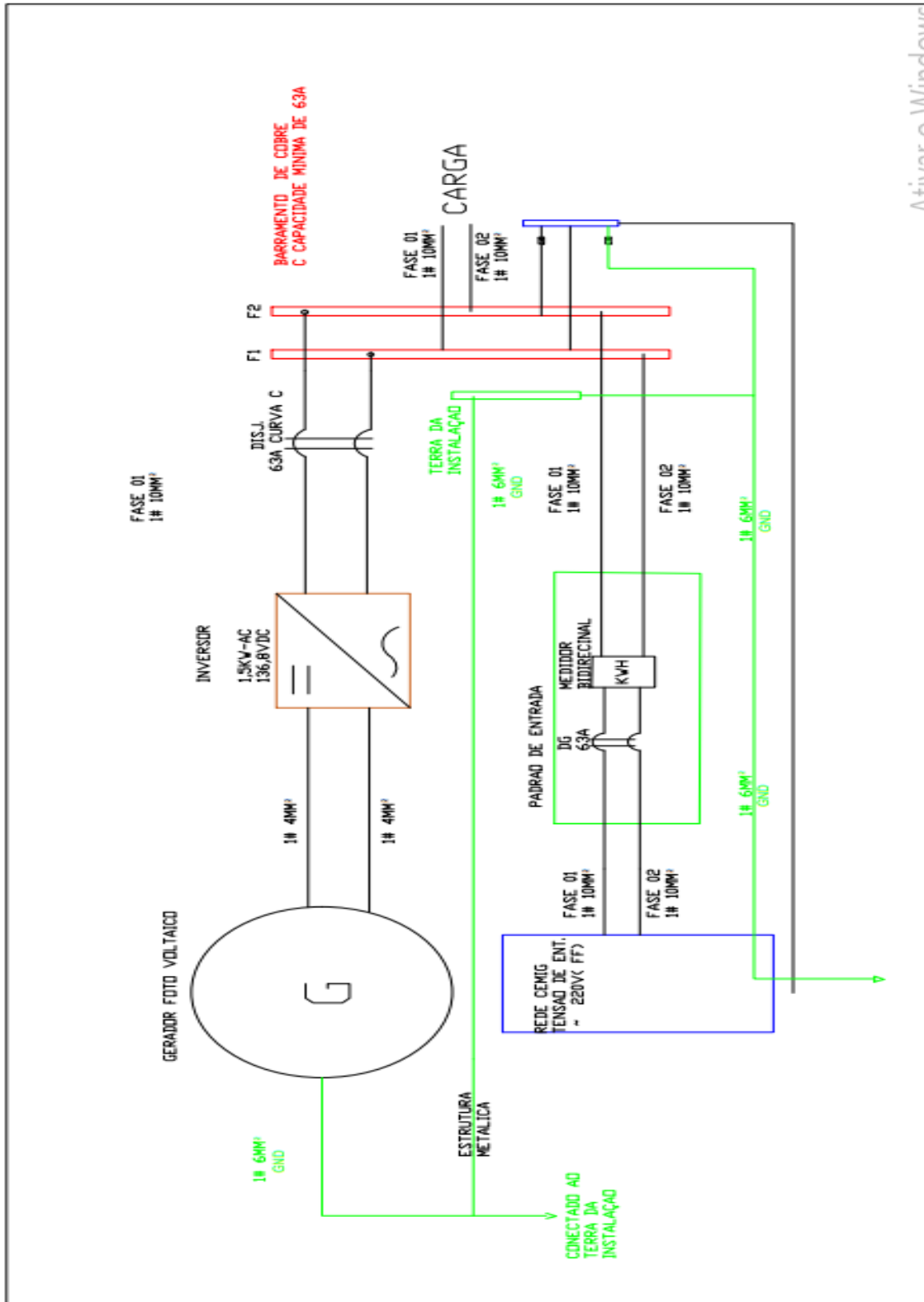
Nome do Orientando

Nome do Orientando

Nome do Orientando

ANEXO A

DIAGRAMA DE MONTAGEM DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO / FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DA CEMIG



| | |
|---|--|
|  | FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA IGUAL OU INFERIOR A 10kW |
| | Superintendência de Relacionamento Comercial com Clientes de Distribuição – RC |

1 – IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA – UC

| | | | |
|--|--------------------|------------------------|------------------|
| NÚMERO DO CLIENTE: MILTON PEREIRA DA SILVA | | NÚMERO DA INSTALAÇÃO: | |
| Titular da UC: MILTON PEREIRA DA SILVA | | | |
| Classe: A | | CPF 606 851 316 53 | |
| Rua CAIÇARAS | | | Número: 758 |
| Complemento: | Bairro: ALVORADA 2 | | CEP: 38703850 |
| Município: PATOS DE MINAS | | | Estado: MG |
| Telefone: inexistente | | Celular: (34)996711230 | |
| E-mail: miltonp2804@gmail.com | | | |

2 – DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

| | |
|--------------------------------|---|
| Carga Instalada (kW): 15 | Disjuntor Geral de Entrada: _63_ A <input type="checkbox"/> Monopolar <input checked="" type="checkbox"/> Bipolar <input type="checkbox"/> Tripolar |
| Tensão de Atendimento (V): 127 | Tipo de Ramal: <input checked="" type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Subterrâneo |

3 – DADOS DA GERAÇÃO

| |
|---|
| Potência Instalada (kW): 15 |
| Disjuntor Geral Solicitado: 63 A <input type="checkbox"/> Monopolar <input checked="" type="checkbox"/> Bipolar <input type="checkbox"/> Tripolar |
| Tipo de fonte da GD: <input checked="" type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/> Eólica |
| <input type="checkbox"/> Outra (especificar): |

4 – TIPOS DE SOLICITAÇÃO

| |
|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Ligação de Nova Unidade Consumidora Com Geração Distribuída <input type="checkbox"/> Conexão de Geração Distribuída em Unidade Consumidora Existente SEM Aumento de Potência Disponibilizada <input type="checkbox"/> Conexão de Geração Distribuída em Unidade Consumidora Existente COM Aumento de Potência Disponibilizada |
|---|

5 - DOCUMENTAÇÃO A SER ANEXADA

1. ART do Responsável Técnico pelo projeto e instalação do sistema de microgeração.
2. Diagrama unifilar contemplando Geração, Proteção (inversor, se for o caso), Medição e Memorial Descritivo da instalação.
3. Certificado de conformidade do(s) inversor(es), ou números de registros da Concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.
4. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg.

| Qtde Módulos | Fabricante dos Módulos | Modelo do Módulo | Potência Módulos (kWp) | Qtde Inversores | Fabricante do Inversor | Modelo do Inversor | Potência Inversores (kWp) | Área dos Arranjos (m ²) | Qtde de Instalações a receber o crédito |
|--------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------|------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|
| 4 | RENLIGHT ENERGY | CANADIA M POLICRIST ALINO | 330w | 1 | FRONIUS | FRONIUS GALVO | 1,5 KW | 10M ² | |

5. Lista das unidades consumidoras do sistema de compensação (se houver), indicando a porcentagem de rateio e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012.
6. Cópia do instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver).
7. Documento que comprove o reconhecimento, pela Aneel, da cogeração qualificada (se houver).
8. Formulário de Análise de Carga, com os respectivos anexos necessários (para solicitação de Ligação Nova de Unidade Consumidora com GD ou conexão de GD COM aumento de potência disponibilizada);
9. Cópia da Carteira de Identidade do titular da UC, ou de outro documento de identificação oficial com foto.

6 – CONTATO NA DISTRIBUIDORA (preenchido pela Distribuidora)

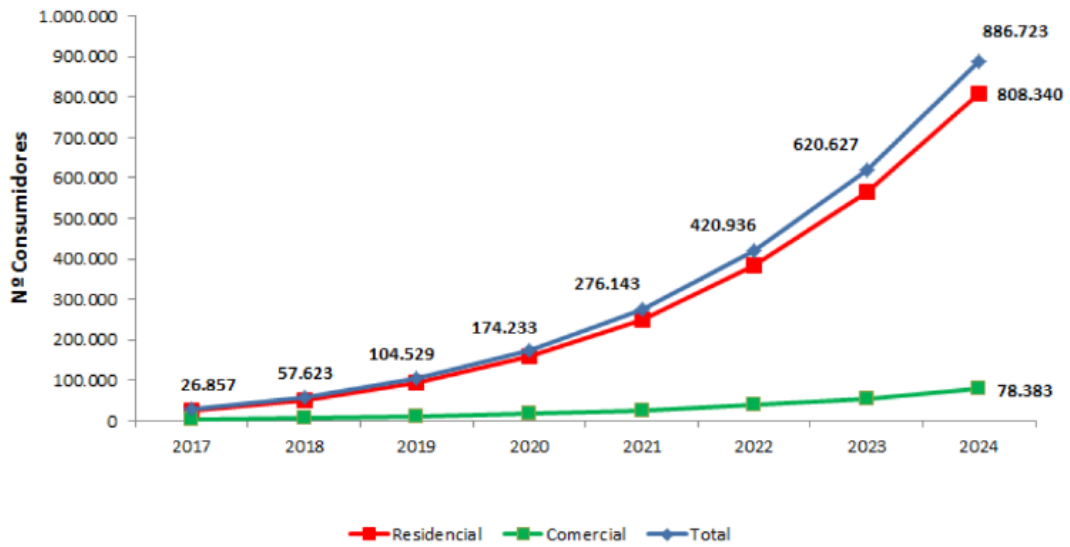
| | |
|---------------------|-----------|
| Responsável / Área: | Endereço: |
| Telefone: () - | E-mail: |

7 – SOLICITANTE:

| | |
|--------------------------------------|--|
| Nome do Cliente ou Procurador Legal: | |
| Telefone: () - | E-mail: |
| Local e data: | Assinatura do Cliente/Responsável Legal: |

ANEXO B

Projeções microgeradores



ANEXO C

Projeções MW

