



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD**

**FACULDADE DE ENGENHARIA - FAEN**

**ENGENHARIA DE ENERGIA**

**VANTAGEM DO USO DE INVERSORES ZERO GRID**

**JEAN ANDRE SAUSEN**

**DOURADOS – MS**

**2023**

**JEAN ANDRE SAUSEN**

**VANTAGEM DO USO DE INVERSORES ZERO GRID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador:

Prof. Dr. Orlando Moreira Junior.

Área de Concentração: 3.04.04.01-0 Geração da Energia Elétrica.

**DOURADOS – MS**

**2023**



### ANEXO G – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 9h dia **06** de Julho de 2023, realizou-se de a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Energia intitulado Vantagem do uso de inversores zero grid, de autoria do(s) graduando(s) JEAN ANDRÉ SAUSEN, como requisito para a aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso. Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho de Conclusão de Curso deve ser:

Aprovado.

Reprovado.

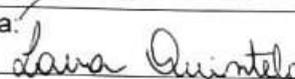
O(s) graduando(s) declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento da disciplina, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Energia da UFGD. O orientador se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelos graduandos para a elaboração da versão final.

#### OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

##### GRADUANDO

Nome: JEAN ANDRÉ SAUSEN

##### BANCA EXAMINADORA

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Nome: Orlando Moreira Júnior         | Assinatura:  |
| Nome: Clivaldo de Oliveira           | Assinatura:  |
| Nome: Laura Beatriz Teodoro Quintela | Assinatura:  |

## Vantagem do uso de inversores zero grid

Jean, A. S1<sup>1</sup>; Orlando, M. J<sup>2</sup>

jean\_6824@gmail.com; orlandojunior@ufgd.edu.br<sup>2</sup>;

**RESUMO** - Este artigo apresenta um estudo de um sistema de geração de energia fotovoltaico, cujo objetivo é avaliar as vantagens de um sistema na categoria ZERO- GRID, e analisar o mesmo, considerando um sistema ON-GRID na categoria GDI e GDII.

**Palavras-chave:** Fotovoltaico, ON-GRID, OFF-GRID, ZERO-GRID.

### **ABSTRACT –**

This article presents a study of a photovoltaic power generation system, whose objective is to analyze the advantages of a system in the ZERO-GRID category, and to analyze it, considering an ON-GRID system in the GDI and GDII categories.

**Keywords:** Photovoltaic, ON-GRID, OFF-GRID, ZERO-GRID.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente conscientização sobre os desafios ambientais e a busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis têm impulsionado a inovação e a adoção de novos modelos de geração e distribuição de energia. Nesse contexto, quatro termos ganham destaque: ZERO-GRID, sistema ON-GRID, GDI e GDII. Esses conceitos representam abordagens distintas para a transição para um futuro energético mais eficiente, resiliente e autossuficiente, segundo GASPARI (2018).

Conforme Souza (2023), o termo ZERO-GRID refere-se a um sistema projetado para operar independentemente da rede

elétrica convencional, reduzindo ou eliminando a dependência da eletricidade fornecida pela grade tradicional. Por meio da utilização de fontes renováveis de energia e armazenamento local, o ZERO-GRID busca promover a sustentabilidade ao minimizar as emissões de carbono e maximizar a resiliência energética.

Por outro lado, o sistema ON-GRID, também conhecido como grid-tied, é uma abordagem que mantém a conexão com a rede elétrica convencional. Nesse modelo, a energia gerada localmente a partir de fontes renováveis é consumida no local, e o excesso é injetado de volta na rede elétrica. Essa interconexão bidirecional permite a redução

Vantagem do uso de inversores zero grid.

de custos de energia e o compartilhamento de energia excedente com a comunidade, além de assegurar uma fonte confiável de eletricidade quando a geração local não é suficiente, segundo PORTAL SOLAR (2022).

A regra de compensação (GDI) é um paradigma em que pequenas fontes de geração de energia são instaladas próximas aos pontos de consumo, diminuindo a dependência de grandes usinas de energia centralizadas. Exemplos de GDI incluem painéis solares em residências, turbinas eólicas em áreas urbanas e sistemas de cogeração em edifícios comerciais. Conforme elucidada Neris (2023), essa abordagem descentralizada promove a eficiência energética, reduz perdas de transmissão e fortalece a resiliência do sistema elétrico.

Por fim, a nova regra de compensação (GDII) representa uma evolução na adoção da GDI. Onde ao contrário da regra de compensação em GDI, GDII adota um novo modelo de cobrança onde o valor do Fio B é acrescido de acordo com a compensação de créditos que forem injetados e armazenados na concessionária.

Neste artigo, exploraremos mais a fundo esses conceitos, analisando suas vantagens, desafios e o impacto potencial na transição energética global. Além disso,

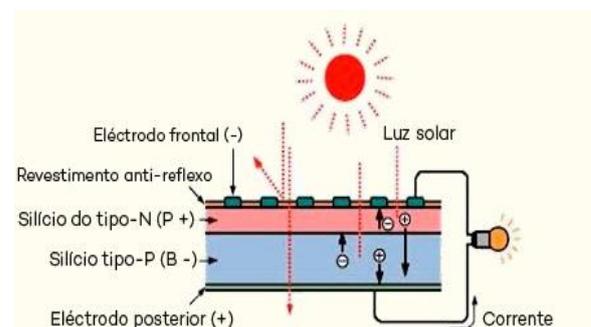
examinaremos exemplos reais de implementação e os avanços tecnológicos que estão moldando o futuro dessas abordagens inovadoras. Ao compreendermos melhor o ZERO-GRID, o sistema ON-GRID, a GDI e a GDII, estaremos mais preparados para aproveitar as oportunidades e enfrentar os desafios da jornada em direção a uma sociedade mais sustentável e resiliente do ponto de vista energético.

## 2 Referencial Teórico

### A. Como funciona um sistema fotovoltaico.

Segundo NEOSOLAR (2023), a energia fotovoltaica opera por meio do efeito fotovoltaico acontece quando a luz solar, através de seus fótons, é absorvida pela célula fotovoltaica, um material semiconductor um dopante Tipo-N, normalmente Silício (P+) e um dopante Tipo- P, sendo Silício, Boro ou Fósforo (B-) que converte a radiação solar em energia elétrica.

**Figura 1-** O Efeito Fotovoltaico.



Fonte: Neosolar (2023).

Vantagem do uso de inversores zero grid.

Ainda segundo NEOSOLAR (2023), esses sistemas fotovoltaicos são compostos por dois componentes principais: os painéis solares, responsáveis por transformar a luz solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico; e os inversores solares, que convertem a corrente contínua (CC) gerada pelos painéis em corrente alternada (CA), possibilitando sua distribuição, uso ou armazenamento.

#### B. Sistema de energia solar ON-GRID.

Como afirma o autor NEOSOLAR (2023), sistema fotovoltaico conectado à rede (on-grid) funciona a partir da captação da luz solar por meio dos painéis solares que captam os fótons emitidos pela radiação solar e por meio de uma ligação química que geram eletricidade em corrente contínua (CC), que passa pelo inversor solar e é convertida em corrente alternada (CA) e é distribuída para o imóvel.

Como funciona o sistema solar conectado à rede, passo a passo:

**Figura 2-** Sistema de Energia Solar ON- GRID.



Fonte: ENERGYBRAS (2023).

1. É feita a captação da luz solar através dos painéis solares fotovoltaicos e, assim, é gerada a energia de corrente contínua (CC);
2. A partir disso, a corrente contínua passa pelo inversor solar conectado à rede e é convertida em eletricidade de corrente alternada (CA);
3. Tornando-se o mesmo tipo de energia oferecida pela distribuidora, uma parte convertida pelo inversor é utilizada pelos aparelhos eletrônicos do imóvel, este tipo de consumo simultâneo a geração é conhecido como autoconsumo;
4. Seu excedente (quando a geração é maior que o autoconsumo) será transferido para a rede elétrica geral (e o proprietário receberá os devidos créditos);
5. Por fim, será realizado o monitoramento a fim de medir a geração de energia solar conforme autor ENERGYBRAS (2023).

Vantagem do uso de inversores zero grid.

### C. Sistema de energia solar OFF-GRID.

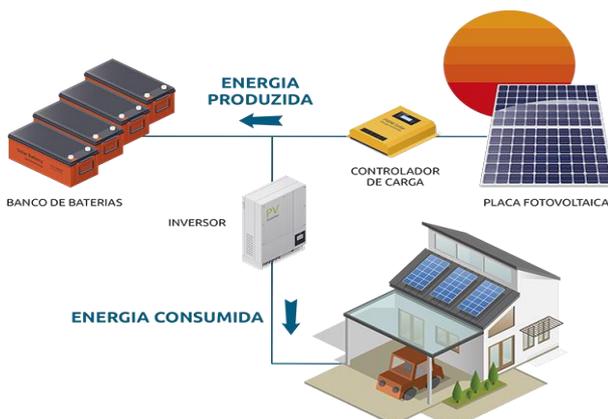
O sistema é chamado de autônomo ou isolado, pois consiste na geração própria de energia e abastecimento por meio de baterias localizadas no sistema.

O sistema não precisa estar conectado a redes de distribuição elétrica para o funcionamento. Em dias nublados ou durante a noite as baterias entram em ação e suprem o local com a energia solar armazenada.

As baterias têm uma função semelhante às concessionárias, por permitirem energia estável e sem interrupções.

De acordo com SOLAR (2022), este sistema é composto por quatro elementos fundamentais, as placas solares, controladores de carga, inversores e baterias.

**Figura 3-** Sistema de Energia Solar OFF- GRID.



Fonte: ECO AQUECEDORES (2022).

1. O Painel Solar reage com a luz do sol e produz energia elétrica (energia fotovoltaica). Os painéis solares, instalados sobre o seu telhado, são conectados uns aos outros e então conectados no seu Inversor Solar.

2. Controlador de carga - O funcionamento básico de um controlador de carga solar (ou regulador de tensão) é relativamente simples. Ele monitora constantemente os valores de tensão e corrente tanto dos painéis quanto da bateria de um sistema de energia solar, reconhecendo as variações que ocorrem nesses valores. Com base nesse monitoramento, o controlador ajusta a energia vinda dos painéis para que a bateria seja recarregada com a tensão e corrente ideais para seu estágio de carga. Assim, a bateria não será sobrecarregada e o sistema fotovoltaico terá o melhor rendimento possível.

3. Baterias - Essencial para o sistema off-grid. São as responsáveis pelo armazenamento da energia a ser utilizada quando não há sol ou quando a geração é menor do que a demanda.

4. Inversor - Responsável por converter a corrente contínua gerada pelos módulos e armazenada pelas baterias em

Vantagem do uso de inversores zero grid.

corrente alternada, que é compatível com a maioria dos equipamentos elétricos disponíveis, conforme elucidado GASPARIN (2022).

#### D. Sistema de energia solar ZERO - GRID.

Conforme SOUZA (2022), trata-se de um sistema inovador que elimina a necessidade de fornecer energia conectada à rede da concessionária. Em vez disso, toda a energia gerada pode ser direcionada para um painel de distribuição específico, como por exemplo, alimentar o sistema de ar-condicionado de um edifício ou realizar diferentes atividades.

O conceito do sistema zero grid se baseia em um inversor inteligente capaz de controlar a geração de energia de acordo com a demanda e também trazer qualidade de energia, uma vez que o sistema controla os níveis de tensão, corrente e frequência. Ao mesmo tempo, impede que a energia produzida pelo sistema fotovoltaico seja injetada na rede elétrica. O objetivo principal é abastecer o autoconsumo.

Uma possibilidade interessante é combinar o sistema zero grid com um sistema conectado à rede elétrica convencional. Dessa forma, é possível aproveitar todo o potencial

de geração de energia sem enviar nenhum excedente para a rede.

Segundo PORTAL SOLAR (2022), esse tipo de sistema é particularmente vantajoso em unidades que não têm a opção de acumular créditos de energia. Além disso, é amplamente utilizado em projetos com alto consumo energético, permitindo atender às necessidades sem alterar os contratos com a concessionária de energia elétrica. Por esse motivo, setores como a indústria e o agronegócio são grandes usuários do sistema grid zero em países onde essa tecnologia é mais comum, como Alemanha e Estados Unidos.

No Brasil, a energia fotovoltaica está se tornando cada vez mais popular, o que nos leva a crer que o sistema zero grid será uma opção técnica viável em breve. Como afirma a VOLT (2022), essa solução eficiente oferece um retorno sobre o investimento em energia gerada, uma vez que não envolve encargos, impostos, tarifas ou taxas.

**Figura 4-** Sistema de Energia Solar OFF- GRID.



Fonte: Aldo (2023).

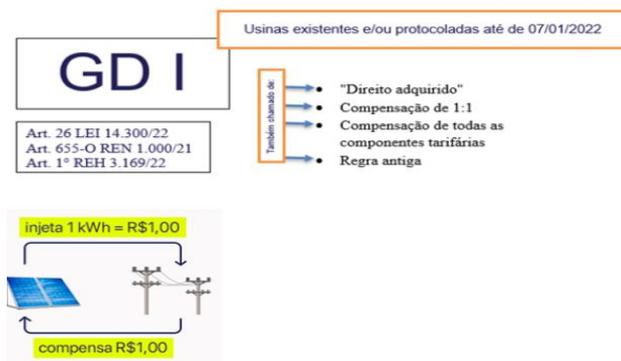
Vantagem do uso de inversores zero grid.

### E. CATEGORIA GDI E GDII.

GDI (Geração Distribuída I) e GDII (Geração Distribuída II) são normas legais definidas pela ANEEL relacionados à geração de energia elétrica.

GDI refere-se ao primeiro marco regulatório estabelecido no Brasil para a geração de energia distribuída. Foi regulamentado pela Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL (2023). Esse marco permitiu que consumidores pudessem gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, como energia solar, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. Ainda de acordo com NERIS (2023), os consumidores podiam utilizar essa energia para consumo próprio e, caso houvesse excedente, poderiam injetá-la na rede elétrica e receber créditos para compensação futura.

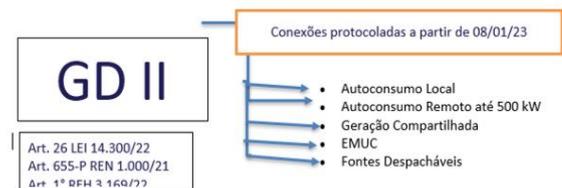
**Figura 5-** Compensação Integral todos os componentes da Tarifa CATEGORIA GDI.



Fonte: Aldo (2023).

Já GDII é uma evolução do marco legal da geração distribuída, estabelecido pela Lei 14.300/22, que estabeleceu as regras gerais de compensação desse grupo de consumidores, posteriormente recebendo a nomenclatura de GD II pela REN 1.059/23, ANEEL (2023). Segundo NERIS (2022), GDII trouxe ajustes e melhorias para promover o desenvolvimento e a expansão da geração distribuída no país. Entre as principais mudanças essa categoria GDII nos trouxe a uma porcentagem de cobrança sobre a TUSD Fio B, ao qual resumidamente traz um valor pago sobre o injetado na rede, o que na categoria GDI não ocorria.

**Figura 6-** Compensação Integral todos os componentes da Tarifa CATEGORIA GDII.



### % de cobrança da TUSD Fio B

- 15% em 2023
- 30% em 2024
- 45% em 2025
- 60% em 2026
- 75% em 2027
- 90% em 2028
- 2029\* – a definir

\*Projetos protocolados entre o 13º e o 18º mês de publicação da Lei pagam 90% do Fio B até 31/12/2030.

Fonte: NERIS (2023).

Esses marcos legais foram importantes para incentivar a adoção de sistemas de

Vantagem do uso de inversores zero grid.

geração de energia renovável pelos consumidores, permitindo que eles se tornem ativos na produção de energia elétrica, reduzindo custos de energia, promovendo a sustentabilidade e contribuindo para o suprimento energético do país.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Coleta de Dados:

3.1.1. Seleção dos locais de estudo: Escolheu-se uma amostra representativa de uma área onde um sistema de gerador fotovoltaico com um inversor Híbrido foi implementado.

3.1.2. Aquisição dos dados de geração de energia: Coletar informações precisas sobre a geração de energia obtendo dados históricos.

#### 3.2 Implementação dos Sistemas:

3.2.1. Geração Distribuída de Energia (GDI): Identificar o sistema de GDI instalado no local de estudo, como painéis solares fotovoltaicos, modelo de inversor e registrar as capacidades de geração de energia do sistema.

3.2.1. Geração Distribuída (GDII): Identificar o sistema de GDII implantado no local de estudo, levando em consideração tecnologias similares às utilizadas na GDI.

Registrar as capacidades de geração de energia de cada sistema.

#### 3.3 Análise e Comparação:

3.3.1. Cálculo das economias de energia: Comparar o consumo de energia antes e após a implementação dos sistemas de GDI e GDII, analisando a redução do consumo proveniente da rede elétrica convencional.

3.3.2. Cálculo dos custos de energia: Comparar as contas de energia antes e após a implementação dos sistemas de GDI e GDII, levando em consideração as tarifas de energia aplicáveis em cada região.

3.3.3. Análise de viabilidade econômica: Avaliar a viabilidade econômica dos sistemas de GDI e GDII com base nas economias de energia gerada por esses modelos de compensação.

#### 3.4 Discussão e Resultados:

3.4.1. Interpretar os resultados obtidos na análise e discuti-los em relação ao uso de inversores ZERO GRID no contexto energético atual.

3.4.2. Avaliar as implicações das diferenças nas contas de energia entre os sistemas de GDI e GDII, considerando fatores como autonomia energética, sustentabilidade, resiliência e impacto ambiental.

Vantagem do uso de inversores zero grid.

3.4.3. Identificar possíveis limitações do estudo e fornecer sugestões para pesquisas futuras.

Ao seguir essa metodologia, é possível comparar as contas de energia entre os sistemas de GDI e GDII, fornecendo insights valiosos sobre a eficiência energética e a viabilidade econômica dessas abordagens de geração distribuída.

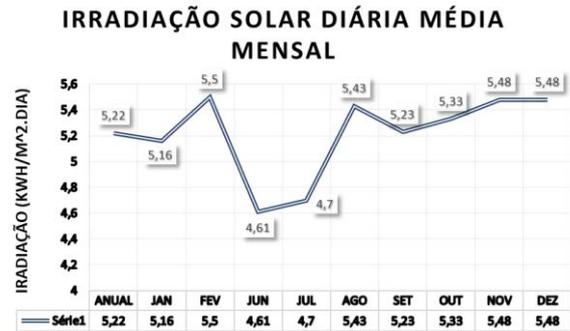
#### 4 Análise e Resultados

O sistema está instalado na cidade de Sidrolândia – MS (20,9005° S - 55,049° O), em uma propriedade rural, com o objetivo de melhorar a qualidade de energia no local que era afetada com a instabilidade da rede.

O sistema zero grid de 5.2kWp conta com 14 painéis Trina de 375W, um inversor Growatt 5kW e um controlador de carga Smart Energy Manager Growatt RS485 de 100A e duas baterias Dyness A48100 48V Lítio 4.8KWH.

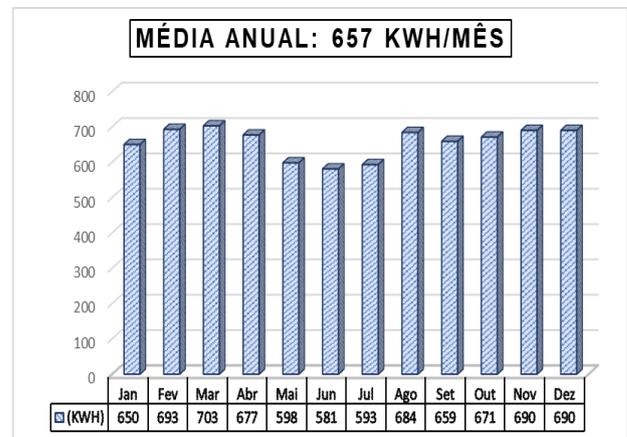
Os valores mensais estimados de geração de energia para as análises foram obtidos pelo Software Luvik que utiliza os dados de irradiação solar diária (Média Anual) do Atlas Brasileiro de Energia Solar, segundo PEREIRA (2017).

Gráfico 1. Cidade Sidrolândia/MS.



Fonte: Adaptado Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017) - LABREN / CCST / INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). PEREIRA (2017).

Gráfico 2. Geração Estimada de Energia.



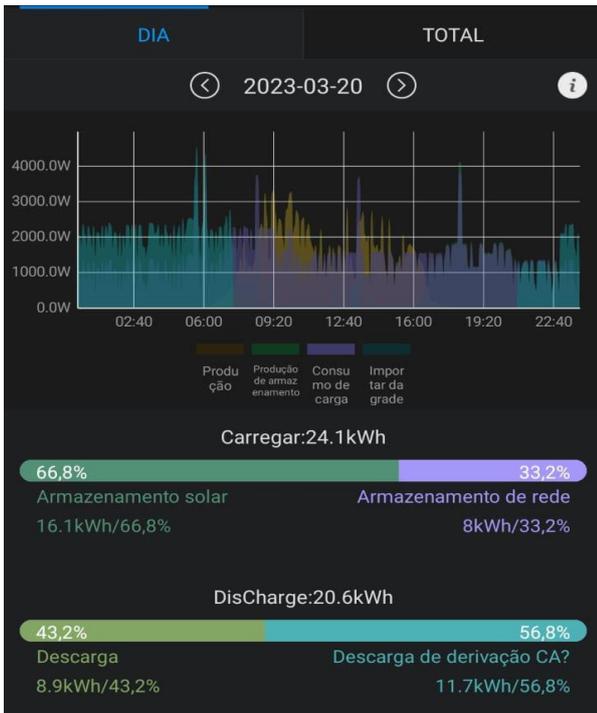
Fonte: Adaptado do Software Luvik (2023).

O local de instalação do inversor é distante do roteador wifi o que resulta em uma amostra de dados de poucos dias, obteve-se os dados do monitoramento do inversor Growatt pelo aplicativo para celular Shine Fhone, obteve-se a geração total do sistema que não perde dados devido a oscilação de wifi e a geração diária em 20/03/2023 um dia que não sofreu perda de conexão com a internet. Com isso podemos fazer a análise do injetado na rede,

Vantagem do uso de inversores zero grid.

autoconsumo e porcentagem armazenada nas baterias.

**Figura 7-** Geração dia 20/03/2023.

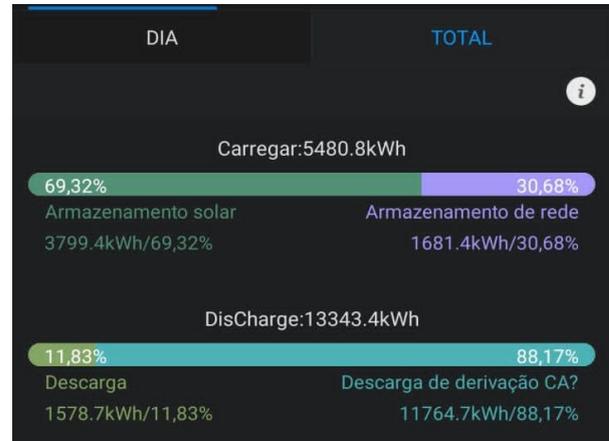


Fonte: Shine Phone (2023).

Utilizando o gráfico 2 com estimativa média mensal de 703 kWh no mês de março, se dividir 31 dias do mês, vamos obter 22.67 kWh de geração média diária, sendo pela análise da figura 7 a média diária monitorada foi de 24.1 kWh onde ocorreu um autoconsumo de 8 kWh o que corresponde a uma parcela de 33.2% e armazenamento de 16.1 kWh o que corresponde a uma parcela de 66.8% da geração diária. Durante o período de não geração, a configuração do sistema permitiu a injeção de 11.7 kWh na rede o que corresponde a uma parcela de 56.8% e armazenou em seu banco de baterias 8.9 kWh

correspondendo a 43.20% da geração e um total de 20.6 kWh de energia injetada na rede da concessionária.

**Figura 8-** Geração total do sistema.



Fonte: Shine Phone (2023).

Com o registro de geração total apontado na figura 8 podemos verificar que o inversor está ativo por 8 meses e 10 dias, levando em conta a média mensal do mês de março e média anual calculado pelo software Luvik. Também podemos observar que o sistema tem uma simultaneidade (percentual de consumo instantâneo) de 69.32%, e a geração total de 5480.8 kWh, e seu consumo junto a rede de 13343.4 kWh maior que a própria geração.

- Conta de Energia modalidade GI.

Na Revisão Tarifária Periódica de 2023 da Energisa Mato Grosso do Sul, segundo a Classificação: MTC-CONVENCIONAL BAIXA TENSÃO / B2 RURAL /PROD.RURAL COM INSC.ESTADUAL afirma:

Vantagem do uso de inversores zero grid.

**Tabela 1.** Tarifas de Aplicação e Base Econômica para o Grupo B. (Parte 1).

| SUBGRUPO | MODALIDADE                 | CLASSE             | SUBCLASSE  |
|----------|----------------------------|--------------------|--|
| B1       | BRANCA                     | RESIDENCIAL        | RESIDENCIAL  |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RESIDENCIAL        | RESIDENCIAL  |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RESIDENCIAL        | BAIXA RENDA  |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RESIDENCIAL        | BAIXA RENDA  |
| B2       | BRANCA                     | RURAL              | NÃO SE APLICA  |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RURAL              | NÃO SE APLICA  |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RURAL              | NÃO SE APLICA  |
|          | BRANCA                     | RURAL              | COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL                   |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RURAL              | COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL                   |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RURAL              | COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL                   |
|          | BRANCA                     | RURAL              | SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO RURAL                   |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | RURAL              | SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO RURAL                   |
| B3       | BRANCA                     | NA                 | NA   |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | NA                 | NA   |
|          | PRÉ-PAGAMENTO CONVENCIONAL | NA                 | NA   |
| B4       | CONVENCIONAL               | ILUMINAÇÃO PÚBLICA | ILUMINAÇÃO PÚBLICA – B4A<br>ILUMINAÇÃO PÚBLICA – B4B |
| B        | GERAÇÃO                    | TIPO 01            | NA   |
|          |                            | TIPO 02            | NA   |

Fonte: ENERGISA (2023).

**Tabela 2.** Tarifas de Aplicação e Base Econômica para o Grupo B. (Parte 2).

| TARIFAS DE APLICAÇÃO |          |         | BASE ECONÔMICA |          |         |
|----------------------|----------|---------|----------------|----------|---------|
| TUSD                 |          | TE      | TUSD           |          | TE      |
| R\$/kW               | R\$/MWh  | R\$/MWh | R\$/kW         | R\$/MWh  | R\$/MWh |
| 0,00                 | 1.168,24 | 472,81  | 0,00           | 1.198,28 | 454,88  |
| 0,00                 | 773,47   | 305,64  | 0,00           | 788,62   | 286,64  |
| 0,00                 | 378,69   | 305,64  | 0,00           | 378,96   | 286,64  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 433,80   | 312,69  | 0,00           | 448,51   | 293,32  |
| 0,00                 | 433,80   | 312,69  | 0,00           | 448,51   | 293,32  |
| 0,00                 | 1.263,14 | 472,81  | 0,00           | 1.296,76 | 454,88  |
| 0,00                 | 830,41   | 305,64  | 0,00           | 847,70   | 286,64  |
| 0,00                 | 397,67   | 305,64  | 0,00           | 398,65   | 286,64  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 1.263,14 | 472,81  | 0,00           | 1.296,76 | 454,88  |
| 0,00                 | 830,41   | 305,64  | 0,00           | 847,70   | 286,64  |
| 0,00                 | 397,67   | 305,64  | 0,00           | 398,65   | 286,64  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 1.263,14 | 472,81  | 0,00           | 1.296,76 | 454,88  |
| 0,00                 | 830,41   | 305,64  | 0,00           | 847,70   | 286,64  |
| 0,00                 | 397,67   | 305,64  | 0,00           | 398,65   | 286,64  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 1.358,04 | 472,81  | 0,00           | 1.395,23 | 454,88  |
| 0,00                 | 887,35   | 305,64  | 0,00           | 906,79   | 286,64  |
| 0,00                 | 416,65   | 305,64  | 0,00           | 418,35   | 286,64  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 560,90   | 319,57  | 0,00           | 568,03   | 300,66  |
| 0,00                 | 308,49   | 175,76  | 0,00           | 312,42   | 165,36  |
| 0,00                 | 336,54   | 191,74  | 0,00           | 340,82   | 180,39  |
| 3,20                 | 0,00     | 0,00    | 3,40           | 0,00     | 0,00    |
| 13,86                | 0,00     | 0,00    | 14,74          | 0,00     | 0,00    |

Fonte: ENERGISA (2023).

- Tarifa da energia (Consumo) segundo a tabela 1 sem imposto:

TUSD: R\$ 560,90 /MWh

TE: R\$ 319,57 /MWh

TOTAL R\$ 880,47 /MWh

Os valores de imposto são fornecidos pelo site da energisa e atualizados na própria fatura do cliente, sendo assim:

**Tabela 3.** Alíquota de tributos:

| Tributos EMS (07/2023) | Alíquota |
|------------------------|----------|
| PIS                    | 1,0845%  |
| COFINS                 | 4,9955%  |
| ICMS                   | 17,0000% |

Fonte: Como é feito o cálculo dos impostos?

– Central de Ajuda Energisa (2023).

- Tarifa da energia (Consumo) com impostos:

R\$1.129,48/MWh.

Levando em consideração a tarifa da Energisa - MS R\$1,129kWh podemos calcular a economia gerada pelo sistema com base na estimativa de geração, também vale ressaltar que na modalidade GI não temos custos adicionais na microgeração.

Vantagem do uso de inversores zero grid.

**Tabela 4.** Estimativa de Economia GDI mês a mês.

| MÊS  | GERAÇÃO (KWH) | ECONOMIA GERADA |
|------|---------------|-----------------|
| Jan  | 650           | R\$ 734,50      |
| Fev  | 693           | R\$ 783,09      |
| Mar  | 703           | R\$ 794,39      |
| Abr  | 677           | R\$ 765,01      |
| Mai  | 598           | R\$ 675,74      |
| Jun  | 581           | R\$ 656,53      |
| Jul  | 593           | R\$ 670,09      |
| Ago  | 684           | R\$ 772,92      |
| Set  | 659           | R\$ 744,67      |
| Out  | 671           | R\$ 758,23      |
| Nov  | 690           | R\$ 779,70      |
| Dez  | 690           | R\$ 779,70      |
| 2023 | 7.889         | R\$ 8.914,57    |

Fonte: Próprio (2023).

Considerando os valores de tarifa e aplicado os tributos, a tabela 4 aponta a economia mês a mês resultando em uma economia de R\$ 8.914.57 no ano de 2023.

**Tabela 5.** Estimativa de Economia GDI.

| MÊS          | GERAÇÃO (KWH) | ECONOMIA GERADA      |
|--------------|---------------|----------------------|
| 2023         | 7.889         | R\$ 8.914,57         |
| 2024         | 7.883,54      | R\$ 9.799,24         |
| 2025         | 7.878,09      | R\$ 10.771,71        |
| 2026         | 7.872,64      | R\$ 11.840,45        |
| 2027         | 7.867,20      | R\$ 13.015,49        |
| 2028         | 7.861,75      | R\$ 14.307,61        |
| <b>TOTAL</b> | <b>47.252</b> | <b>R\$ 68.649,08</b> |

Fonte: Próprio (2023).

Considerando a última revisão tarifaria que onde os valores de tarifa e os tributos estão estipulados até 2028, a tabela 3 aponta a economia ano a ano e também uma economia de R\$ 68.649,08 de 2023 à 2028.

- Conta de Energia modalidade GII.

Na modalidade GDII precisamos levar em conta a normativa no Art. 655-I da Seção

III do Capítulo XI da RN ANEEL Nº 1.000, de 7 de dezembro De 2021 atualizada pela RN 1059/2023, afirma:

“Art. 655-I. No faturamento no grupo B de unidade consumidora participante do SCEE, o consumidor deve pagar à distribuidora a soma das seguintes parcelas:

I - parcela referente à energia ativa consumida da rede de distribuição; e

II - parcela referente à energia ativa injetada na rede de distribuição.

§ 1º A parcela referente à energia ativa consumida da rede de distribuição é o maior valor entre os obtidos a partir do:

I - custo de disponibilidade disposto no art. 291; ou

II - faturamento referente à energia consumida da rede, composto pela soma:

a) da diferença positiva entre o montante de energia ativa consumido da rede e a energia compensada, faturada conforme regras aplicadas aos demais consumidores; e

b) do faturamento do custo de transporte da energia compensada, conforme enquadramento como GD I, GD II e GD III.”

No artigo 655-P da seção na seção IV deste mesmo capítulo, define GD III como:

Art. 655-P. Deve-se considerar as regras dispostas nesse artigo no faturamento da energia elétrica ativa compensada que seja oriunda de unidade consumidora com minigeração que:

Vantagem do uso de inversores zero grid.

I - não esteja enquadrada no art. 655-O; (GD I – DIREITO ADQUIRIDO ATÉ 2045) II - tenha potência instalada de geração acima de 500 kW;

III - não seja enquadrada como central geradora de fonte despachável; e

IV - seja enquadrada na modalidade: a) autoconsumo remoto; ou

b) geração compartilhada em que haja um ou mais beneficiados com percentual igual ou maior a 25% de participação no excedente de energia.

§ 1º Até o prazo estabelecido no § 3º, no faturamento da energia compensada a que se refere o caput, devem ser aplicadas as tarifas homologadas para a unidade consumidora e os descontos tarifários estabelecidos na Resolução Homologatória de tarifas da distribuidora para a GD III.

§ 2º As unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída enquadradas no caput deste artigo são classificadas como GD III para fins de faturamento e aplicação de benefícios tarifários.

§ 3º Aplica-se a regra disposta no art. 655-K a partir de:

I - 2031, para as unidades participantes do SCEE que sejam beneficiadas pela energia gerada por unidade com minigeração distribuída cujo protocolo da

solicitação de orçamento de conexão, nos termos da Seção IX do Capítulo II do Título I, ocorra entre 8 de janeiro de 2023 e 7 de julho de 2023; ou

II - 2029, para as demais unidades.”

Na Revisão Tarifária Periódica de 2023 da Energisa Mato Grosso do Sul, afirma:

**Tabela 6.** Descontos SCEE. (Parte 1).

| SUBGRUPO | MODALIDADE                 | CLASSE             | SUBCLASSE                  |
|----------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| A2       | AZUL                       | NA                 | NA                         |
| A3       | AZUL                       | NA                 | NA                         |
| A3a e A4 | AZUL                       | NA                 | NA                         |
|          | VERDE                      | NA                 | NA                         |
| B1       | BRANCA                     | RESIDENCIAL        | RESIDENCIAL                |
|          | CONVENCIONAL/PRÉ-PAGAMENTO | RESIDENCIAL        | RESIDENCIAL                |
|          | CONVENCIONAL/PRÉ-PAGAMENTO | RESIDENCIAL        | BAIXA RENDA                |
| B2       | BRANCA                     | RURAL              | NA                         |
|          | CONVENCIONAL/PRÉ-PAGAMENTO | RURAL              | RURAL                      |
| B3       | BRANCA                     | NA                 | NA                         |
|          | CONVENCIONAL/PRÉ-PAGAMENTO | NA                 | NA                         |
| B4       | CONVENCIONAL               | ILUMINAÇÃO PÚBLICA | B4a – REDE DE DISTRIBUIÇÃO |
|          |                            |                    | B4b – BULBO DE LÂMPADA     |

Fonte: ENERGISA (2023).

Vantagem do uso de inversores zero grid.

**Tabela 7.** Descontos SCEE. (Parte 2).

| GD I        | GD II                   |      |                         |      |
|-------------|-------------------------|------|-------------------------|------|
|             | 2023                    |      | 2024                    |      |
|             | 08/04/2023 a 31/12/2023 |      | 01/02/2024 a 07/04/2024 |      |
| %TUSD   %TE | %TUSD                   | %TE  | %TUSD                   | %TE  |
| 100%        | 100%                    | 100% | 100%                    | 100% |
| 100%        | 100%                    | 100% | 100%                    | 100% |
| 100%        | 100%                    | 100% | 100%                    | 100% |
| 100%        | 100%                    | 100% | 100%                    | 100% |
| 100%        | 100%                    | 100% | 100%                    | 100% |
| 100%        | 100%                    | 100% | 100%                    | 100% |
| 100%        | 88,06%                  | 100% | 76,12%                  | 100% |
| 100%        | 100%                    | 100% | 100%                    | 100% |
| 100%        | 88,82%                  | 100% | 77,65%                  | 100% |
| 100%        | 89,87%                  | 100% | 79,74%                  | 100% |
| 100%        | 93,10%                  | 100% | 86,21%                  | 100% |
| 100%        | 91,05%                  | 100% | 82,09%                  | 100% |
| 100%        | 88,42%                  | 100% | 76,85%                  | 100% |
| 100%        | 88,67%                  | 100% | 77,34%                  | 100% |
| 100%        | 89,66%                  | 100% | 79,32%                  | 100% |
| 100%        | 92,80%                  | 100% | 85,60%                  | 100% |
| 100%        | 91,05%                  | 100% | 82,09%                  | 100% |
| 100%        | 88,54%                  | 100% | 77,07%                  | 100% |
| 100%        | 89,47%                  | 100% | 78,95%                  | 100% |
| 100%        | 92,53%                  | 100% | 85,05%                  | 100% |
| 100%        | 91,05%                  | 100% | 82,09%                  | 100% |
| 100%        | 91,05%                  | 100% | 82,09%                  | 100% |
| 100%        | 91,05%                  | 100% | 82,09%                  | 100% |

Fonte: ENERGISA (2023).

Valoração do crédito (Consumo compensado) segundo a tabela 7 sem imposto:

2023 - 8.95 % da TUSD: 50,200

2024 - 17,91% da TUSD: 10,05

Os valores de 2025 a 2028 foram estimativas apontada com base no percentual fornecidos pela ANEEL e apontados segundo NERIS.

**Tabela 8.** Valores FIO B.

| Ano  | Percentual Fio B | Valor Fio B (kWh/mês) | TARIFA (R\$) * |
|------|------------------|-----------------------|----------------|
| 2023 | 15%              | R\$ 0,0502            | R\$ 1,13       |
| 2024 | 30%              | R\$ 0,1005            | R\$ 1,24       |
| 2025 | 45%              | R\$ 0,2298            | R\$ 1,37       |
| 2026 | 60%              | R\$ 0,3064            | R\$ 1,50       |
| 2027 | 75%              | R\$ 0,3830            | R\$ 1,65       |
| 2028 | 90%              | R\$ 0,4596            | R\$ 1,82       |

Fonte: Próprio (2023).

Com as porcentagens e os valores de Fio B definidos e apontados pela tabela 8 podemos calcular a economia mensal do sistema tendo em vista a porcentagem de injetado na rede e posteriormente compensado na fatura do cliente é de 30%.

**Tabela 9.** Estimativa de economia GDII

em 2023.

| MÊS  | GERAÇÃO (kWh) | INJETADO NA REDE (kWh) | VALOR FIO B(kWh) | ECONOMIA     |
|------|---------------|------------------------|------------------|--------------|
| Jan  | 650           | 195                    | R\$ 32,63        | R\$ 701,87   |
| Fev  | 693           | 207,9                  | R\$ 34,79        | R\$ 748,30   |
| Mar  | 703           | 210,9                  | R\$ 35,29        | R\$ 759,10   |
| Abr  | 677           | 203,1                  | R\$ 33,99        | R\$ 731,02   |
| Mai  | 598           | 179,4                  | R\$ 30,02        | R\$ 645,72   |
| Jun  | 581           | 174,3                  | R\$ 29,17        | R\$ 627,36   |
| Jul  | 593           | 177,9                  | R\$ 29,77        | R\$ 640,32   |
| Ago  | 684           | 205,2                  | R\$ 34,34        | R\$ 738,58   |
| Set  | 659           | 197,7                  | R\$ 33,08        | R\$ 711,59   |
| Out  | 671           | 201,3                  | R\$ 33,68        | R\$ 724,55   |
| Nov  | 690           | 207                    | R\$ 34,64        | R\$ 745,06   |
| Dez  | 690           | 207                    | R\$ 34,64        | R\$ 745,06   |
| 2023 | 7.889,00      | 2.367                  | R\$ 396,03       | R\$ 8.518,54 |

Fonte: Próprio (2023).

Aplicando os valores de geração estipulados pelo Gráfico 2 e também os valores de fio obtidos pela tabela 8 podemos estimar uma economia no ano de 2023 de R\$ 8.518,54.

**Tabela 10.** Estimativa de economia GDII

de 2023 a 2028.

| MÊS   | GERAÇÃO (kWh) | INJETADO NA REDE (kWh) | VALOR FIO B (kWh) | ECONOMIA GERADA |
|-------|---------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| 2023  | 7.889         | 2.367                  | R\$ 396,03        | R\$ 8.518,54    |
| 2024  | 7.883,54      | 2.365                  | R\$ 791,96        | R\$ 9.007,29    |
| 2025  | 7.878,09      | 2.363                  | R\$ 1.810,47      | R\$ 8.961,25    |
| 2026  | 7.872,64      | 2.362                  | R\$ 2.412,29      | R\$ 9.428,17    |
| 2027  | 7.867,20      | 2.360                  | R\$ 3.013,27      | R\$ 10.002,22   |
| 2028  | 7.861,75      | 2.359                  | R\$ 3.613,43      | R\$ 10.694,18   |
| TOTAL | 47.252        | 14.176                 | R\$ 12.037,45     | R\$ 56.611,63   |

Fonte: Próprio (2023).

Vantagem do uso de inversores zero grid.

Tendo os valores de tarifa e fio B definidos e aplicados pela Energisa MS de 2023 a 2024, se fez necessário uma estimativa de valores das tarifas de 2025 a 2028 aplicando uma porcentagem de 10% de inflação energética. Assim definimos uma economia de R\$ 55.987,48 no período de 2023 a 2028.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os geradores zero grid na modalidade GII têm trazido inúmeras vantagens para consumidores e para o setor energético como um todo. Segundo COLARES (2022), o inversor zero-grid é capaz de fornecer uma melhor qualidade de energia, uma vez que o sistema controla 100% a injeção de energia seguindo rigorosamente os níveis de tensão, corrente e frequência. A análise comparativa com uso de sistemas on grid entre as modalidades GDI e GDII de 2023 até 2028 apontadas nas tabelas 5 sobre o sistema GDI apresentou uma economia de R\$ 68.649,08 e a tabela 10 sobre o sistema GDII apresentou uma economia de R\$ 56.611,63 resultando em uma diferença de R\$ 12.037,45 entre as modalidades. Essa diferença entre as duas modalidades (GDI e GDII) fornece indícios de que a modalidade GDI trará uma economia maior durante sua vida útil, já que não há custos com a injeção de energia na rede (fio B) nessa modalidade. Após a edição da Resolução Normativa RN

1059/2023, apresentada no tópico das Discussões e Resultados, a melhor opção para diminuir o valor da energia injetada na rede seria com o uso de inversores zero grid, uma vez que esta modalidade conta com banco de baterias que pode controlar o uso da energia gerada pelo sistema fotovoltaico, gerenciando o uso imediato de energia no local, o que será armazenado no banco de baterias e o que será enviado à rede da concessionária. Como sugestão de continuação deste artigo sugiro a edição de valores de tarifa e fio B de 2025 a 2028 após as próximas revisões tarifárias definidas pela ENERGISA MS.

## REFERÊNCIAS

ALDO, **Aldo Solar**. Disponível em: <<https://www.aldo.com.br/produto/222133-3/gerador-de-energia-solar-growatt-zero-grid-metalica-perfil-55cm-romagnole-aldo-solar-zero-grid-gf-141kwp-jinko-tiger-neo-mono-470w-mic-15kw-1mppt-mono-220v>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

**ANEEL** - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 482 e 687, atualizada em 07/02/2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 13 ago. 2023.

Vantagem do uso de inversores zero grid.

ANEEL, **Aneel et al. Concessionária de Distribuição.** 2023. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes\\_lifera\\_y/tarifa/](https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_lifera_y/tarifa/). Acesso em: 13 jul. 2023.

COLARES, M. V. R. **Estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos off-grid.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 21 mar. 2022. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/15140>. Acesso em 05 ago. 2023.

**Como é feito o cálculo dos impostos? – Central de Ajuda Energisa.** Disponível em: <https://ajuda.energisa.com.br/pergunta/como-e-feito-o-calculo-dos-impostos/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

ECO AQUECEDORES, **Energia Solar Fotovoltaica Off Grid - ECO Aquecedores - Soluções em energia solar.** Disponível em: <https://www.ecoaquecedores.com.br/energia-solar-fotovoltaica-off-grid>. Acesso em: 13 jul. 2023.

ENERGIA, C. **Energia solar bate recordes de geração e torna-se segunda maior fonte na matriz elétrica em 2023.** Disponível em: <https://panorama.comerc.com.br/energia-solar-bate-recordes-de-geracao>. Acesso em: 15 jul. 2023.

ENERGIA, S. **Sistema Grid Zero, Um Novo Horizonte De Fornecimento Energético Para Grandes Consumidores.** Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/sistema-grid-zero>. Acesso em: 13 jul. 2023.

ENERGISA. **Tarifas de aplicação e base Econômica para o grupo B.** Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>. Acesso em 14 ago. 2023.

ENERGYBRAS. **Sistema de energia solar grid tie.** Disponível em: <http://www.energybras.com.br/energia-solar/sistema-energia-solar-grid-tie>. Acesso em: 13 jul. 2023.

GASPARI F. P. **Sistemas off-grid garantem energia independente da rede elétrica.** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/sistemas-off-grid-garantem-energia-independente-da-rede-eletrica/17329>. Acesso em: 3 ago. 2023.

NEOSOLAR, **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes | Neosolar.** Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 15 jul. 2023.

NERIS, A. **Conheça a explicação de Joiris, do Energês, sobre GD I, GD II e GD III.**

ALDO.BLOG. 23 mar. 2023. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/gd-i-gd-ii-e-gd-iii>. Acesso em: 9 jul. 2023.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PORTAL SOLAR. **Como Funciona a Energia Solar?** Portal Solar. 2 maio 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html>. Acesso em: 15 jul. 2023.

PORTAL SOLAR, **Sistema de energia solar on-grid (conectado à rede) | Tudo sobre energia solar.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-solar-conectado-a-rede-on-grid>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

PORTAL SOLAR, **Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de->

[sistemas-fotovoltaicos](#)>. Acesso em: 22 jul. 2023.

SOLAR, R. DO C. **Sistema off-grid, como funciona?** Disponível em: <https://canalsolar.com.br/sistema-off-grid-como-funciona>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

SOUZA, J. P. **Grid-Zero - Como funciona - suas aplicações e homologação na distribuidora de energia elétrica.** Disponível em: <https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/grid-zero---como-funciona---suas-aplicacoes-e-homologacao-na-distribuidora-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 13 jul. 2023

VOLTZ **Sistema Grid Zero: você sabe como funciona? Entenda!** Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/sistema-grid-zero/>>. Acesso em 5 ago.2023.