

## ANÁLISE DO IMPACTO DA GDFV. ESTUDO DE CASO: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO NO IFG – CAMPUS ITUMBIARA

**Maria Clara S. Borges<sup>1</sup> (EG), Olívio Carlos N. Souto<sup>1</sup> (PQ), Sérgio B. Silva<sup>1</sup> (PQ)**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Goiás, *Câmpus Itumbiara*.

**Área do Conhecimento: Engenharias/ Engenharia Elétrica/ Transmissão e distribuição de energia elétrica.**

### Resumo

*O emprego de geradores fotovoltaicos conectados ao sistema de distribuição de energia tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos. No Brasil, sua existência está em pleno crescimento em função das novas regulamentações estabelecidas pelas concessionárias de energia, com o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica. De acordo com Resolução no 687 de 24/11/2015, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR's) podem ser classificados em função da capacidade de produção de energia, desta forma tem-se a microgeração com potência instalada até 75 kW, a minigeração com potência gerada acima de 75 kW até 5 MW e as usinas de geração com potência acima de 5 MW. Este novo cenário do sistema elétrico, introduzido pela Resolução Normativa no 482/2012 da ANEEL, trouxe às distribuidoras de energia um novo panorama para as atividades de operação e manutenção de suas redes e ativos, principalmente a bidirecionalidade do fluxo de potência na rede. Os impactos técnicos devem ser, portanto, previstos e analisados, sobretudo nas redes de distribuição, para garantir os padrões mínimos de qualidade da energia elétrica (QEE) no ponto de consumo e evitar o comprometimento das demais cargas alimentadas pelo respectivo ramal de distribuição. O IFG- Itumbiara foi contemplado com um sistema fotovoltaico com potência de 70 kWp e com ampliação prevista de 170 kWp, totalizando 240 kWp conectado ao sistema de distribuição primário da concessionária local. Dentro deste contexto, este projeto de pesquisa tem por objetivo avaliar os impactos que podem ocorrer no alimentador que atende às instalações supra citadas, no tocante aos itens que caracterizam uma rede elétrica cuja qualidade da energia elétrica atende aos limites impostos pela legislação atual, no que se diz a geração distribuída (GD), tais como: níveis de tensão, desequilíbrio, efeito flicker em função da variabilidade da produção fotovoltaica, perdas de energia, distorções harmônicas, entre outros.*

**Palavras-chave:** GD; QEE; SFCR's.

### Introdução

A energia solar é a fonte de energia nova que mais cresce em todo o mundo, ultrapassando o crescimento de todas as outras formas de geração de energia pela primeira vez e os principais especialistas saudaram uma "nova era". A energia solar é uma parte fundamental e crescente da transformação energética global. Cada vez mais, as energias renováveis tornaram-se a primeira escolha para expandir e modernizar os sistemas de energia em todo o mundo. <sup>[4]</sup>

#### 1. IEA

A IEA, previu que a energia solar dominaria o crescimento das energias renováveis, e espera-se que em 5 anos, a capacidade global seja maior do que a atual capacidade de Índia e Japão juntos. Em suas pesquisas, constatou que as energias renováveis estão se tornando cada vez mais comparáveis aos combustíveis fósseis no preço, com projetos eólicos e solares estabelecendo preços baixos recordes em leilões do governo. <sup>[4]</sup>

#### 2. A energia solar no Brasil

O Brasil é um dos países que têm uma incidência solar de 5,4 quilowatt-hora/metro quadrado – mais do que Estados Unidos, China e Alemanha, por exemplo. No entanto, em termos de capacidade instalada de geração fotovoltaica, o Brasil tem apenas um gigawatts. A China, por exemplo, tem 130 gigawatts. Em 2016, o número de microgeradores de energia solar cresceu 407% em relação ao ano anterior, segundo dados da Aneel. A expansão acentuada aconteceu

principalmente em residências (80%). O crescimento se dá pelo barateamento dos painéis, e isso ocorre por haver várias companhias do setor estarem investindo na área. <sup>[1]</sup> Um bom exemplo é a distribuidora Celesc. Com o Projeto Bônus Fotovoltaico, a empresa contemplou 1250 residências no estado de Santa Catarina com um subsídio parcial para a instalação de sistemas fotovoltaicos.

### **3. Impacto na rede**

Percebe-se que pequenas gerações utilizando fontes renováveis podem contribuir para o aumento da oferta de eletricidade causando menores impactos ambientais e reduzindo os valores dos investimentos necessários. Contudo, a instalação não pode ser feita sem a realização de estudos prévios, pois podem causar impactos quando utilizadas em larga escala. Desta forma é indispensável a realização de uma análise técnica da conexão de geração distribuída (GD) aos ramais de distribuição. <sup>[3]</sup> Alguns destes impactos são: Inversão do fluxo de potência; Elevação de tensão; Sobrecorrente.

### **4. Qualidade de Energia Elétrica (QEE)**

Esses sistemas GD também atuam como geradores de distúrbios no ponto de vista da qualidade de energia elétrica (QEE). O conceito de QEE pode ser definido como o grau de qualquer desvio dos valores nominais da magnitude e frequência da tensão, ou, ainda, como o grau em que tanto a utilização, quanto a entrega de energia elétrica, afeta o desempenho de equipamentos elétricos. <sup>[3]</sup> Cabe às concessionárias de energia elétrica fiscalizar se as cogerações fotovoltaicas conectadas à rede de distribuição atendem aos requisitos mínimos determinados por norma de regulação da QEE. Alguns desses problemas são: Desequilíbrios; Harmônicos; Transitórios impulsivos.

O objetivo deste estudo de caso é verificar o comportamento da energia elétrica no que tange aos tópicos mencionados ao longo deste texto.

## **Material e Métodos**

Para a realização da análise fez-se um estudo dos seguintes tópicos: Funcionamento dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede<sup>[3] [2]</sup> (onde foram abordados o funcionamento e construção das células fotovoltaicas, dos sistemas fotovoltaicos e sistemas fotovoltaicos conectados à rede, além dos módulos fotovoltaicos e os inversores); E qualidade de energia elétrica (QEE) <sup>[3] [2]</sup> onde foi estudado alguns impactos que podem ser gerados na rede, suas consequências assim como suas causas (pode-se citar queda de tensão, pico e desequilíbrio de tensão, ruídos e o principal distorções harmônicos, um dos focos da análise feita).

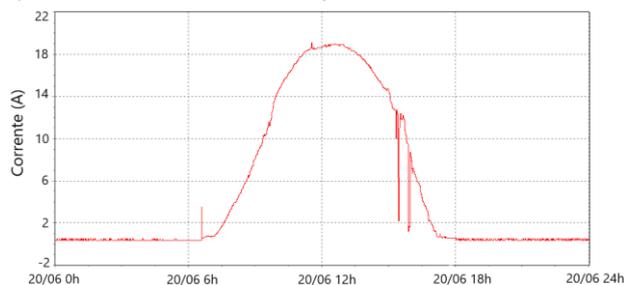
Para dar prosseguimento à análise, medições foram feitas no sistema de geração fotovoltaica instalado no IFG. Neste momento a ênfase é em relação às distorções harmônicas de corrente e tensão na saída de um inversor fotovoltaico trifásico de potência 20 kW. As medições foram realizadas no período compreendido entre o dia 18 de junho de 2018 a 25 do mesmo mês.

## **Resultados e Discussão**

### **1. Medições feitas na fase A referentes ao comportamento da corrente e tensão**

Para ilustrar o comportamento das principais variáveis, escolheu-se o dia 20/06/2018 (quarta-feira) por ser um dia de movimento na instituição de ensino. Inicialmente tem-se o comportamento da corrente injetada pelo sistema fotovoltaico no ponto de conexão. Nota-se que o valor máximo registrado no dia foi no momento de pico (momento onde há mais incidência de Sol). (Ver figura 1).

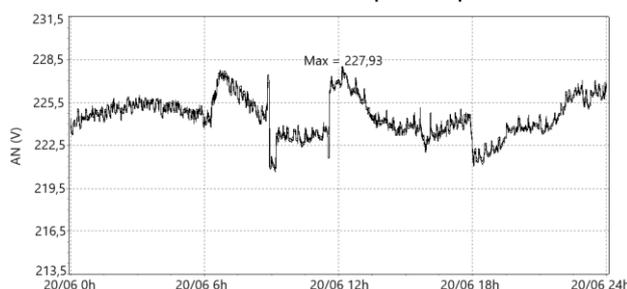
**Figura 1 -** Comportamento da corrente injetada na fase A durante o dia 20/06/18.



Fonte: Autor

Durante todo o período de medição (19 a 25/06/18) notou-se que o valor máximo de tensão registrado foi no dia 20/06 (Ver figura 2).

**Figura 2 -** Valor máximo de tensão na fase A para o período ocorreu no dia 20/06.



Fonte: Autor

## 2. Desequilíbrio de tensões

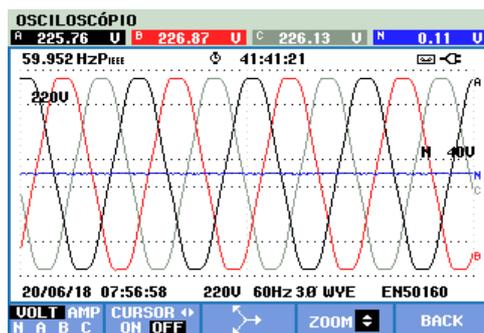
Quando existe uma diferença nos valores das amplitudes das tensões de fase de um sistema, ou uma defasagem diferente de  $120^\circ$  entre elas, é dito que há um desequilíbrio de tensão no sistema. De acordo com um histograma de uma medição realizada, pôde-se observar que o valor máximo mensurado de desequilíbrio foi de 1,75%, ocorrido no dia 21/06/2018 às 14:50 h. Este valor está dentro do permitido pela legislação, a qual define que o desequilíbrio de tensão em sistemas com tensão nominal abaixo de 1 kV deve ser no máximo 3%, de acordo com o Prodist.

## 3. Distorções harmônicas de tensão e corrente

Considerando o período de medição observa-se que a distorção harmônica total de tensão atingiu o valor máximo de 4,5% conforme pôde ser visualizado em um histograma plotado. Em 95% do tempo de medição a distorção harmônica total de tensão foi da ordem de 3,9% considerando a fase A. Para as demais fases os valores se repetem.

Para o dia 20/06 registrou-se as formas de onda das tensões trifásicas no barramento de conexão do sistema fotovoltaico. Conforme observa-se o horário de registro foi no início da manhã. (Ver figura 3)

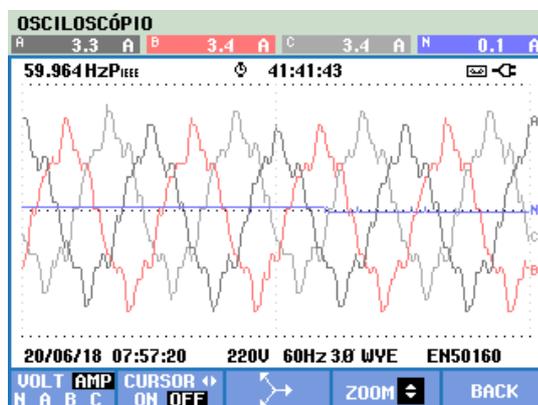
**Figura 3 -** Tensões trifásicas no barramento de conexões do SF.



Fonte: Autor

As correntes também foram registradas neste momento as quais podem ser vistas na figura que segue. Pode-se observar que as correntes encontram-se distorcidas, o que posteriormente será mostrado que se trata de um fenômeno causado pelo horário de registro (pouca incidência do Sol). (Ver figura 4)

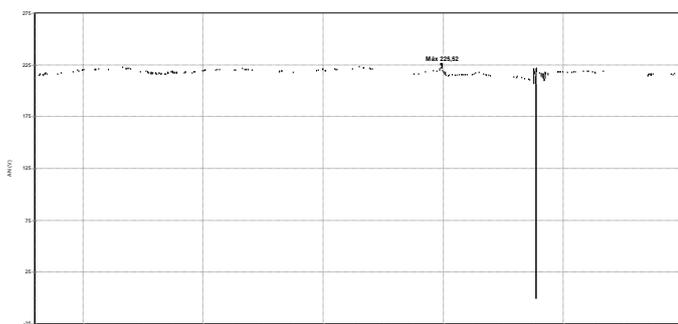
**Figura 4 - Correntes no barramento de conexões do SF.**



Fonte: Autor

Considerando o período de medição o valor eficaz da tensão da fase A é apresentado na figura 5. O momento onde houve queda de tensão brusca próximo de zero, se caracterizam por uma variação de tensão de curta duração (VTCD) (superior a 3 segundos e inferior a 3 min.) chamada Interrupção Temporária de Tensão. (ITT).

**Figura 5 - Valor eficaz da tensão na fase A .**



Fonte: Autor

No início da noite do dia 10/06/2018 pode-se observar uma subtensão nos níveis medidos. Fez-se um quadro resumo onde se apresentou as estatísticas referentes a fase A. observou-se que no dia 10 às 18h28 ocorreu uma interrupção de tensão. A duração deste evento foi da ordem de pouco mais de um minuto com subsequente recuperação gradual. Observou-se também que os níveis de desequilíbrio foram baixos.

## Conclusões

O trabalho apresenta um caso específico para a rede elétrica do IFG – Campus Itumbiara, de modo que a mesma ao longo de sua existência aumentou consideravelmente a demanda por energia elétrica. Com isso, tal estudo teve o objetivo de demonstrar a situação atual da mesma, e uma possível melhoria da qualidade de energia fornecida.

Deve-se sempre levar em consideração que a melhoria da energia fornecida ao consumidor final só é válida quando se tem conhecimento do sistema e suas cargas, além da adequada localização e um correto dimensionamento das instalações de geradores. Ainda,

considerando a geração fotovoltaica, a mesma pode variar ao longo do dia, o que pode acarretar em alguns problemas e conseqüentemente uma menor qualidade de energia elétrica entregue.

### Agradecimentos

Agradecimentos ao núcleo Nupsol, ao IFG – Câmpus Itumbiara e ao prof. Dr. Olívio Carlos N. Souto pela oportunidade da realização deste.

### Referências Bibliográficas

- [1] BRASIL, Amcham. *Energia sola cresce 407% em um ano no Brasil impulsionada por painéis em residências*. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br>>. Acesso em 03 de jul. 2018
- [2] Pinho, J. T.; Galdino, M. A. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. CEPEL - CRESESB, Rio de Janeiro: 2014.
- [3] QUEIROZ, Taís Machado. *Análise dos indicadores de qualidade da energia em um sistema de geração fotovoltaico do IFMG Câmpus Formiga*. Disponível em: <<https://www.formiga.ifmg.edu.br/>>. Acesso em 20 de jul. 2018
- [4] VAUGHAN, Adam. *Time to shine: Solar power is fastest-growing source of new energy*. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/>>. Acesso em 22 de maio de 2018