

MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE: ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA

Gregory Luid Souza Santiago – luidsantiago@gmail.com

Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella Guerra – fkv@ufersa.edu.br

Marcelo Roberto Bastos Guerra Vale – marceloguerra@ufersa.edu.br

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-graduação em Sistemas de Comunicação e Automação

Resumo. Este artigo apresenta a análise do impacto gerado na qualidade de energia pela instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) instalado na UFRSA, localizado em Mossoró/RN. Através da avaliação dos principais parâmetros de qualidade de energia gerados pelo SFCR verificou-se que a instalação de um sistema fotovoltaico distribuído conectado em baixa tensão provoca pequenas alterações em alguns parâmetros, tais como: elevação na tensão de regime permanente, redução do fator de potência da instalação e acréscimo no valor da taxa de distorção harmônica total de corrente. No trabalho em questão, todas as variações constatadas não ultrapassaram os limites estabelecidos pelas normas vigentes. Constatou-se, ainda, que a instalação do SFCR provocou redução diária de até 38% na energia ativa média consumida, considerando a fase na qual o sistema está interconectado.

Palavras-chave: Geração Distribuída. Energia Solar Fotovoltaica. Medição de Energia Elétrica.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de energia solar vem crescendo de forma substancial no mundo inteiro. Parte disso, deve-se ao fato do recurso solar ser uma fonte renovável de energia e possuir um grande potencial de aproveitamento em quase todas as regiões do planeta. Dentre as possibilidades de utilização desta forma de energia abundante, a que vem ganhando destaque mundial é a energia solar fotovoltaica. Segundo a Associação Europeia da Indústria Fotovoltaica (EPIA, 2015), a capacidade instalada mundial de sistemas fotovoltaicos alcançou 229,3 GWp no ano de 2015, sendo que mais de 95% destes sistemas são Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica – SFCR. O grande crescimento observado deve-se em parte aos programas de incentivo à fonte solar fotovoltaica, desenvolvida em países como Alemanha, Espanha, Japão, Estados Unidos, entre outros.

Internacionalmente, verifica-se o benefício alcançado pela adoção de políticas públicas na promoção das energias renováveis, constatado pelo expressivo crescimento da energia solar fotovoltaica. Na China, por exemplo, no ano de 2013 houve um crescimento de 340% em relação a 2012, saltando de 3,5 para 11,8GW, tornando-se o país com maior potência instalada em sistemas fotovoltaicos, e, no ano de 2015, alcançou a marca de 43,5GW, correspondente a 19% de toda a capacidade instalada em energia solar fotovoltaica no mundo (EPIA, 2015)

O Brasil, por sua vez, possui um valor muito baixo de potência instalada em sistemas fotovoltaicos, quando comparado com os países do topo do ranking, como, por exemplo, China, Alemanha, Estados Unidos, entre outros. No entanto, estima-se que o maior crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil nos próximos anos seja através da geração distribuída, através da regulação de micro e minigeradores conectados à rede. Isto deve-se ao fato da implementação da Resolução Normativa (REN) Nº 482/2012 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, recentemente alterada para a REN Nº 687/2015, que estabelece as condições para que sistemas de geração distribuídos, de até 5MW, tenham acesso ao sistema de distribuição, injetando na rede a energia elétrica excedente gerada, através do sistema de compensação de energia (ANEEL, 2015).

Outro aspecto importante a ser analisado no crescimento de uma tecnologia relativamente nova no Brasil é com relação aos requerimentos técnicos de funcionamento do SFCR, no que tange à qualidade de energia, segurança e proteção. Diversos trabalhos desenvolvidos no Brasil e no mundo mostram dificuldade técnicas encontradas com relação ao funcionamento de SFCR, principalmente com relação à adequação do sistema à rede elétrica conectada. Sendo assim, este trabalho busca realizar um estudo de qualidade de energia para um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição, verificando os principais problemas de conexão e funcionamento de um SFCR na região semiárida do Rio Grande do Norte, mais especificamente, na Cidade de Mossoró.

A motivação para realização deste estudo de qualidade de energia está na possibilidade de identificação e correção de problemas de qualidade de energia que possam surgir na conexão do SFCR com a rede elétrica de distribuição.

As próximas seções deste artigo estarão organizadas da seguinte maneira: na seção 2 serão abordados os principais conceitos de sistemas de micro e minigeração distribuída e sistema de compensação de energia. Na seção 3 serão apresentados os principais aspectos de qualidade de energia que um sistema de geração distribuída deve obedecer. A seção 4 descreverá os métodos utilizados para a análise de qualidade de energia do SFCR. A seção 5 apresentará os resultados das medições e análises dos parâmetros de qualidade de energia. Por fim, na seção 6 estarão as considerações finais.

2. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (MICRO E MINIGERAÇÃO) E SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA

Sistemas de geração distribuída podem ser definidos como o uso, de modo integrado ou isolado, de fontes de energia elétrica de pequeno porte por concessionárias, consumidores e/ou terceiros, gerando eletricidade para o sistema elétrico ou unidades consumidoras específicas. Se diferencia do que é conhecido como geração centralizada (tipo de sistemas de geração mais utilizado no mundo), em que centrais de geração de grande porte, em geral distantes dos centros de consumo, transferem eletricidade através de longas estruturas de transmissão e distribuição de energia para os consumidores (Torres, 2015).

As principais tecnologias utilizadas nos sistemas de geração distribuída são os motores à combustão interna, turbinas a gás, células à combustível, pequenas centrais hidrelétricas (PCH), aerogeradores e sistemas fotovoltaicos (Rodríguez, 2002). Normalmente, estes sistemas são interconectados à rede elétrica de distribuição (em baixa, média ou alta tensão, dependendo da capacidade do sistema) e injetam energia elétrica nesta rede, assim como, caso haja consumo em períodos que não há geração, a rede elétrica disponibilizará esta demanda.

No intuito de fomentar o uso de fontes alternativas de energia em sistemas distribuídos e desenvolver este mercado no Brasil, a ANEEL criou a Resolução Normativa (REN) N° 482/2012, que foi alterada para a Resolução Normativa N° 687/2015, que dentre os objetivos está o de estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2014). Daí, surgem dois termos, que são eles: microgeração e minigeração distribuída.

Conforme a REN 687/2015 (ANEEL, 2015): Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

A partir da conexão de um sistema de geração distribuída à rede, este poderá participar do sistema de compensação de energia. Segundo ANEEL, (2015), “sistema de compensação de energia elétrica é um sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa.”

Para contabilização da energia elétrica consumida e/ou injetada na rede elétrica de distribuição deve ser utilizado um sistema de medição que registre de forma separada o consumo e a injeção de eletricidade na rede. Para isso, podem ser utilizados dois medidores unidirecionais (um para a energia gerada e outro para a consumida) ou um medidor bidirecional. A Fig. 1 ilustra um típico sistema de geração distribuída com um medidor bidirecional.



Figura 1 – Sistema de micro ou minigeração fotovoltaico conectado à rede, com sistema de medição bidirecional.

Assim, ao final de cada ciclo de faturamento, a concessionária realiza o balanço entre a energia consumida e a injetada, sendo faturada para a unidade consumidora a diferença, respeitando-se o valor mínimo referente ao custo de disponibilidade. Nos casos em que a energia exportada à rede de distribuição for superior à consumida no final de um ciclo de faturamento, o excedente de energia será contabilizado como crédito em energia ativa, que pode ser utilizado para compensar o consumo em ciclos posteriores, num prazo máximo de 60 meses (ANEEL, 2015).

Neste sentido, sistemas de energia solar fotovoltaico desta natureza devem seguir a padronização e requisitos criados por esta resolução para que possam ser conectados à rede elétrica de distribuição da concessionária local. É necessária a elaboração da solicitação de acesso, que se trata de um requerimento composto pelo projeto do SFCR e sua conexão à rede elétrica, além uma lista de documentos e informações solicitadas pela concessionária. Dentre estes

requisitos exigidos, estão os padrões de qualidade de energia que o sistema deve obedecer para que sua conexão à rede de distribuição seja efetivada e mantida.

3. ASPECTOS DE QUALIDADE DE ENERGIA PARA CONEXÃO DE UM SFCR À REDE

Todo sistema de micro ou minigeração conectado à rede deve obedecer alguns critérios de qualidade de energia, que são regidos pelo Módulo 8 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição) da ANEEL. As concessionárias de energia elétrica, por sua vez, são responsáveis por analisar se os sistemas a serem conectados em seus sistemas de distribuição estão seguindo os critérios exigidos.

No caso deste trabalho, analisou-se a Norma VR01.01-00.12 – Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição em Baixa Tensão da COSERN, pois o SFCR estudado encontra-se conectado à rede de distribuição desta concessionária. Sendo assim, serão listados a seguir os requisitos exigidos para conexão de um sistema de microgeração, conforme COSERN (2016).

3.1 Tensão em regime permanente

A tensão elétrica da rede de distribuição deve operar dentro dos limites de operação dispostos na Tab. 1. O sistema de geração distribuída deve ser capaz de perceber as condições anormais da tensão elétrica e desligar o sistema, cessando o fornecimento de energia enquanto durar a anormalidade.

Tabela 1 – Resposta as condições anormais de tensão (COSERN, 2016).

TENSÃO NO PONTO DE CONEXÃO (% EM RELAÇÃO À TENSÃO NOMINAL)	TEMPO MÁXIMO DE DESLIGAMENTO
$V < 80\%$	0,4S
$80\% \leq V \leq 110\%$	REGIME NORMAL DE OPERAÇÃO
$V > 110\%$	0,2S

3.2 Frequência

Os níveis aceitáveis de frequência dependem do tipo de conexão do sistema à rede no que diz respeito à existência ou não de inversores. No trabalho em questão, o sistema analisado possui conexão à rede através de um inversor de 3kW. Dessa forma, os limites aqui descritos serão para esses tipos de sistemas de geração distribuída.

Para que não haja desconexão ou perda de potência gerada pelo sistema de geração distribuída, a frequência da rede elétrica deve operar entre os limites de 57,5 a 60,5 Hz.

3.3 Fator de potência

As faixas de valores de fator de potência que um sistema de geração distribuída deve ser capaz de operar depende de sua potência instalada. Vale salientar que esse critério vale somente quando a potência injetada na rede é superior a 20% da potência nominal. A Tab. 2 mostra os limites estabelecidos para sistemas de microgeração, (até 75kW de potência nominal) pois é o tipo de sistema analisado no presente trabalho.

Tabela 2 – Limites para o fator de potência em sistemas de microgeração (COSERN, 2016).

POTÊNCIA NOMINAL DO SISTEMA DE MICROGERAÇÃO (kW)	FAIXA ACEITÁVEL DO FATOR DE POTÊNCIA
$P \leq 3$	0,98 INDUTIVO A 0,98 CAPACITIVO
$3 < P \leq 6$	0,95 INDUTIVO A 0,95 CAPACITIVO
$P > 6$	0,90 INDUTIVO A 0,90 CAPACITIVO

3.4 Harmônicos

Com relação à distorção harmônica na forma de onda da tensão e da corrente elétrica, analisou-se dois parâmetros importantes na qualidade de energia, que são eles: Taxa de distorção harmônica total de tensão (THDV) e a Taxa de distorção harmônica total de corrente (THDI). Para estes parâmetros, os limites estabelecidos são 8% e 5%, respectivamente. É importante frisar que o limite de 5% para o THDI deve ser avaliado quando o sistema está operando na potência nominal.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Descrição do SFCR instalado na UFERSA – Mossoró/RN

O sistema estudado no presente trabalho trata-se de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) monofásico, que possui 3kW de potência nominal. A planta fotovoltaica possui como principais equipamentos quatorze (14) módulos fotovoltaicos, um inversor, quadro de comando e proteção e o sistema de medição bidirecional.

Os módulos utilizados no sistema fotovoltaico são da Yingli Solar, modelo YL245P - 29b, de 245W, interligados em série, com objetivo de obter tensão nominal de 525V, conforme ilustrado na Fig 2.



Figura 2 – Módulos fotovoltaicos YL245P - 29b, Yingli Solar.

Com o objetivo de converter a energia elétrica gerada pelo painel fotovoltaico, em corrente contínua, para corrente alternada, de forma a sincronizar com a rede elétrica convencional e a grande maioria dos equipamentos eletroeletrônicos, é utilizado o inversor Sunny Boy 3000HFUS, da SMA. Em seguida, a saída do inversor é conectada a um disjuntor de 25A para realizar a proteção e comando do sistema fotovoltaico (vide Fig. 3). A conexão do SFCR com a rede de distribuição de energia elétrica da concessionária é realizada no QDT (Quadro de Distribuição Térreo) no pavimento térreo do CITED, sendo interligado na fase S do disjuntor geral de 80A deste quadro, que, por sua vez, é conectado ao QGBT (quadro geral de baixa tensão) do prédio do CITED.



Figura 3 – Inversor e disjuntor de proteção do SFCR.

Logo em seguida, tem-se um transformador de distribuição aéreo para alimentação elétrica do prédio, localizado próximo à entrada do CITED. Por fim, este transformador está conectado ao sistema de distribuição de energia da UFERSA. Na subestação de energia elétrica do campus leste da UFERSA, está instalado, pela concessionária de energia local, no caso, a Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN), um medidor de energia elétrica bidirecional, com objetivo de realizar a compensação de energia elétrica.

4.2 Procedimento de medição dos dados de geração do SFCR e da rede elétrica

Com o intuito de dispor de dados para realização da análise da energia elétrica gerada pelo SFCR instalado, serão realizadas medições no ponto de conexão do sistema fotovoltaico conectado à rede monofásico com a rede elétrica, com o objetivo de quantificar os parâmetros de geração do SFCR. Para isso, será utilizado um analisador de energia elétrica trifásico, modelo ET-5061C, da marca Minipa, mostrado na Fig. 4.



Figura 4 – Analisador de energia ET-5061C (Minipa, 2015).

Após medição dos parâmetros de geração do sistema fotovoltaico, será realizada a medição dos parâmetros da rede elétrica de baixa tensão do prédio CITED, onde está instalado o sistema fotovoltaico. Vale salientar que serão realizadas medições com o SFCR desligado, objetivando verificar o comportamento da rede elétrica sem influência do sistema, e com o SFCR ligado, com o intuito de avaliar o impacto da inserção da microgeração na rede elétrica. O analisador será instalado no barramento de alimentação principal do prédio, localizado no hall de entrada.

Os parâmetros medidos serão os seguintes:

- Tensão fase-neutro;
- Corrente;
- Frequência;
- Potência ativa, reativa e aparente;
- Energia ativa, reativa e aparente;
- Fator de potência;
- Harmônicos de tensão e corrente;
- Taxa de distorção harmônica.

5. RESULTADOS

5.1 Análise da qualidade de energia gerada pelo SFCR

Inicialmente foram realizadas medições dos parâmetros de geração de energia elétrica no ponto de conexão entre o inversor e a rede elétrica do prédio CITED (mostrado na Fig. 5), local onde o SFCR está instalado.



Figura 5 – Medição dos parâmetros elétricos de geração do SFCR na saída do inversor.

Decorridos cinco meses de medição, período compreendido entre Agosto e Dezembro de 2015, foram coletados os dados e calculados os valores médios diários para cada parâmetro.

Analisando o parâmetro tensão fase-neutro, percebeu-se que a tensão elétrica fase-neutro apresentou comportamento satisfatório em relação aos limites especificados pela legislação, com valores bem próximos da tensão nominal. O maior desvio padrão para este parâmetro foi de 1,87 V, ocorrido no mês de Agosto, que apresentou o valor médio que mais se distancia da tensão nominal, 221,21V. A Fig. 6 mostra o comportamento da tensão no mês de Agosto.

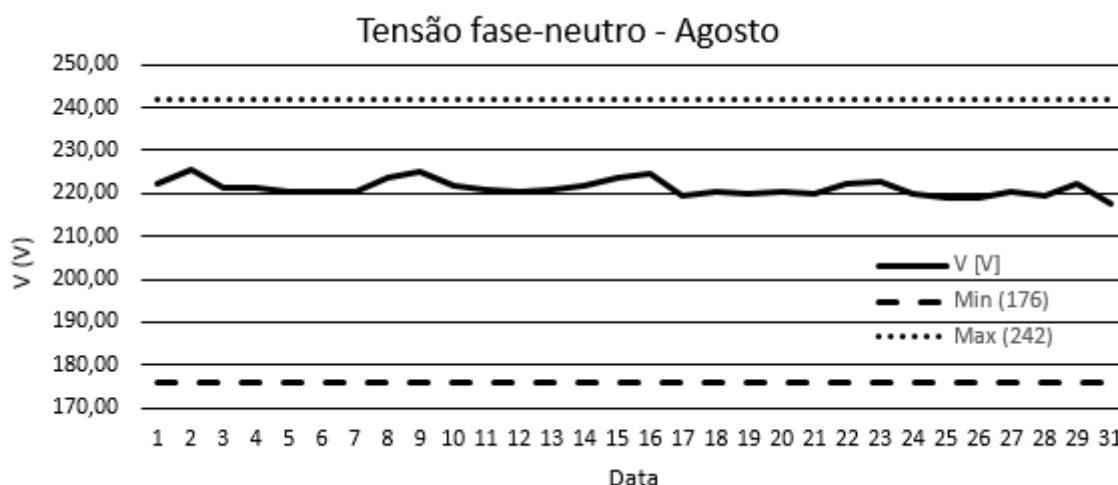


Figura 6 – Tensão elétrica fase-neutro, Agosto/2015.

Com relação à frequência, analisando os dados medidos, verificou-se que não houveram variações de frequência da rede além dos valores permitidos.

Analisando o comportamento do fator de potência, pode-se concluir que o inversor possui um elevado fator de potência, apresentando valores com poucas variações em torno de 0,99, valor este próximo ao valor ótimo, que é quando o fator de potência é unitário. Verificou-se ainda que o maior desvio padrão alcançado na média mensal foi de 0,0029, o que confirma a estabilidade do fator de potência do sistema nos momentos requeridos pela legislação.

Com relação a distorção harmônica de tensão, é possível concluir que o sistema fotovoltaico estudado não apresenta anomalias, apresentando valores médios da ordem de 2%, que representa apenas 1/4 do valor máximo estabelecido, conforme ilustrado na Fig. 7.

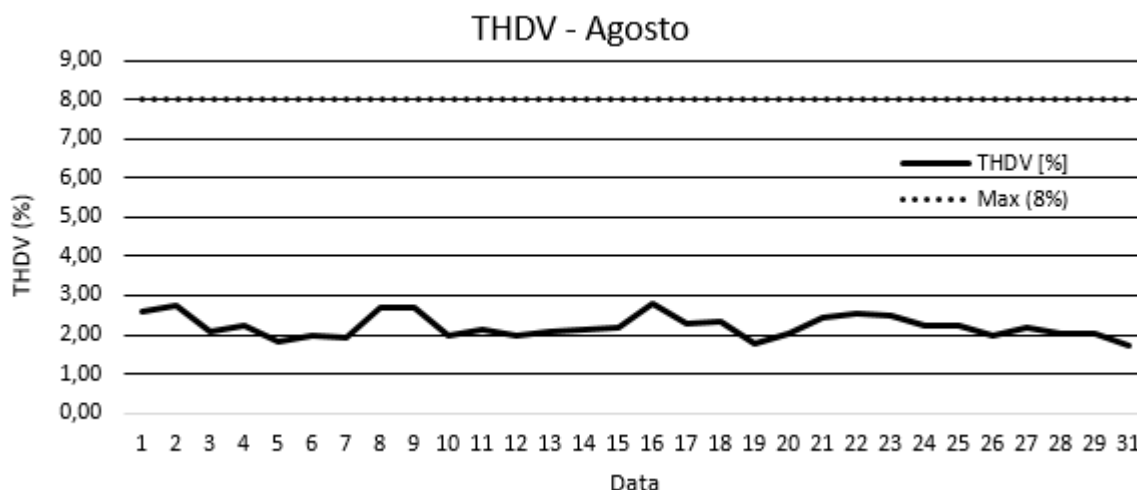


Figura 7 – Taxa de distorção harmônica total de tensão, Agosto/2015.

Analisando a taxa de distorção harmônica total da corrente elétrica injetada pelo inversor conclui-se que, considerando os requisitos especificados em norma, o inversor não injeta na rede elétrica mais que 5% de THDI (vide Fig. 8). Portanto, o sistema fotovoltaico atende às normas também para este parâmetro.

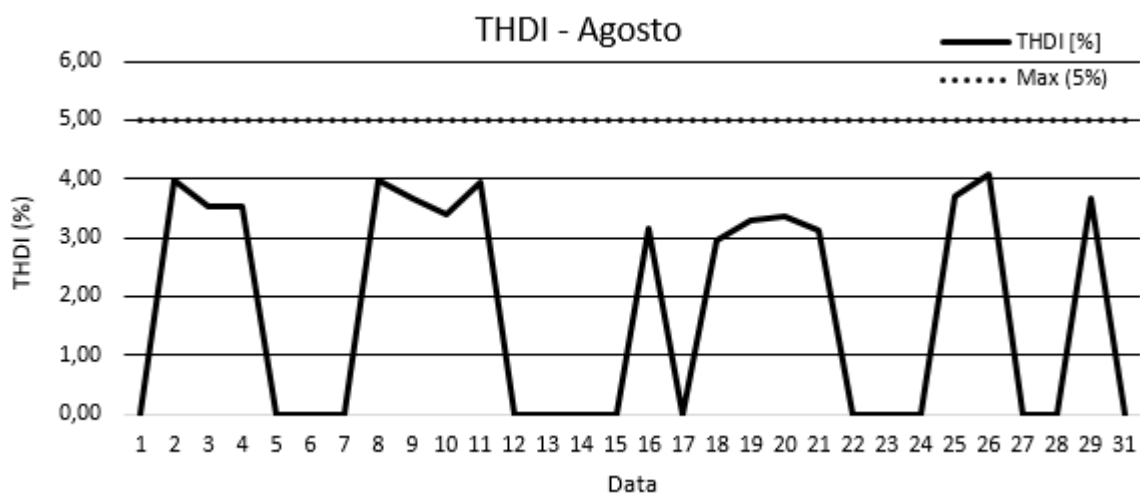


Figura 8 – Taxa de distorção harmônica total de corrente, Agosto/2015.

5.1 Análise do impacto da inserção o SFRC na rede elétrica

Nos meses de Março a Maio de 2016, foram realizadas medições dos parâmetros elétricos no quadro geral de baixa tensão (QGBT) do prédio CITED, com o objetivo de avaliar o impacto causado pela inserção da microgeração distribuída tratada neste trabalho. Para isto, o analisador de energia elétrica foi instalado no QGBT, como mostrado na Fig. 9. No mês de Março foram coletados dados com o SFRC desligado e nos meses seguintes, a saber, Abril e Maio, o sistema fotovoltaico foi religado, de forma que torna-se possível comparar os dados medidos com e sem injeção de potência pelo SFRC.

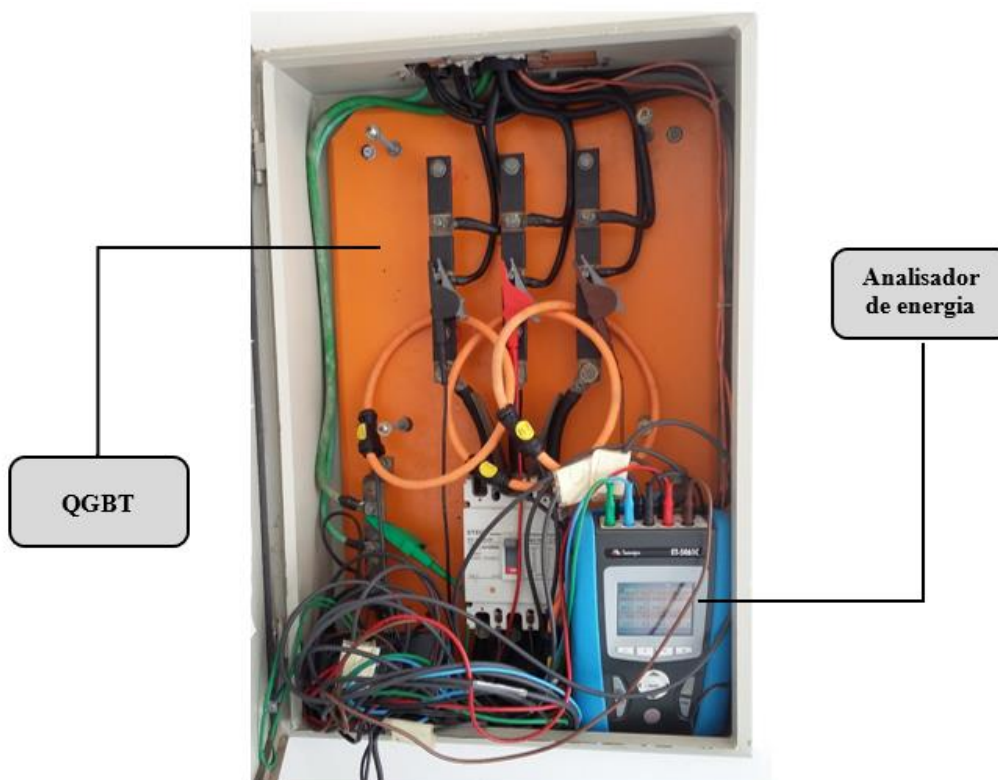


Figura 9 – Medição de parâmetros elétricos trifásicos da rede elétrica do CITED.

Desta forma, após aquisição e análise dos dados coletados pelo analisador de energia elétrica, tornou-se possível avaliar o impacto da inserção do SFRC nos parâmetros elétricos da rede do prédio. Vale salientar que foram analisados os parâmetros da fase S, por se tratar da fase em que o SFRC está conectado

Com relação à tensão elétrica, é possível concluir que a inserção da microgeração gerou um acréscimo em seu valor eficaz de até 1,38% (vide Fig. 10). No entanto, verifica-se que esta leve sobretensão ocasionada pelo SFRC não é prejudicial à rede elétrica, pois os valores mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos nas normas vigentes.

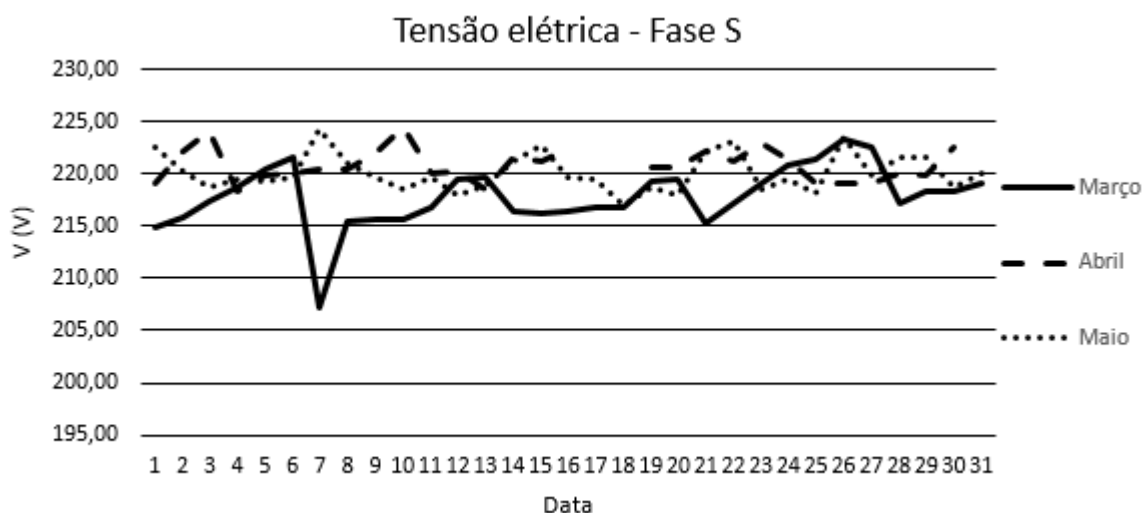


Figura 10 – Comparação entre valores com o SFCR desligado e ligado da tensão elétrica – fase S.

O fator de potência indutivo da fase S apresentou uma redução em seu valor médio, saindo de 0,94 em Março para 0,89 nos meses de Abril e Maio. Mesmo com esta variação, que poderia ser considerada prejudicial para a rede elétrica, o fator de potência trifásico (considerado na medição e faturamento pela concessionária) se manteve acima do limite mínimo exigido pelas normas (0,92), apresentando os valores médios de 0,92 e 0,95 em Abril e Maio, respectivamente, como mostra a Fig. 11.

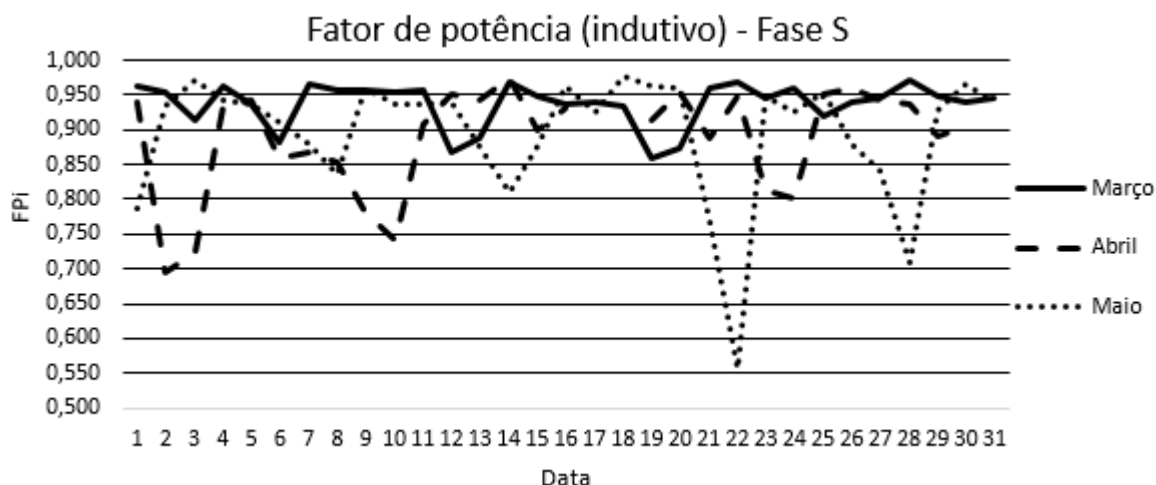


Figura 11 – Comparação entre valores com o SFCR desligado e ligado do fator de potência da rede – fase S.

Outro parâmetro que sofreu alterações significativas foi a taxa de distorção harmônica de corrente – THDI, com aumento de até 94% em relação ao percentual percebido sem a influência do SFCR, como pode ser percebido na Fig. 12.

Vale salientar que a rede elétrica do prédio já apresenta valores de THDI considerados altos, da ordem 14%, valores prejudiciais para a rede elétrica, no aspecto da qualidade de energia. Percebe-se que este crescimento no valor médio da THDI ocorre principalmente devido aos altos valores registrados no início da manhã, entre 6:00 e 8:00 horas, momentos em que a radiação solar está baixa e o sistema fotovoltaico está com injeção de baixa potência na rede elétrica. Como já detalhado, a análise deste parâmetro para inversores deve ser considerada quando este equipamento estiver trabalhando em sua potência nominal, e as análises mostradas no referido item revelaram que o inversor satisfaz as condições estabelecidas em norma para a THDI. Portanto, pode-se concluir que o SFCR não contribui negativamente em relação a este parâmetro de qualidade de energia diante dos requisitos estabelecidos por COSERN (2016).

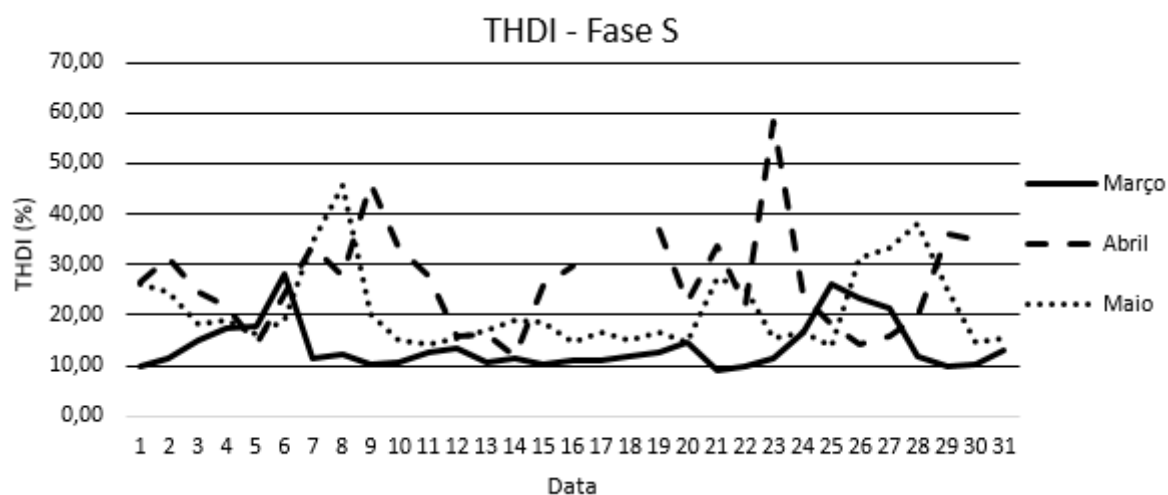


Figura 12 – Comparação entre valores com o SFCR desligado e ligado da taxa de distorção harmônica de corrente– fase S.

Os demais parâmetros, a saber, tensão neutro-terra, frequência e taxa de distorção harmônica de tensão – THDV, não apresentaram variações relevantes de um mês para o outro que pudessem ser consideradas como influência da inserção do sistema fotovoltaico na rede elétrica do prédio.

6. CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que, de modo geral, a instalação de um sistema de microgeração fotovoltaica produz impacto na rede elétrica onde está conectado, mesmo que na maioria dos casos o impacto seja mínimo.

Foi possível verificar que a inserção da microgeração gerou um acréscimo de tensão de até 1,38%, mesmo mantendo-se dentro dos limites estabelecidos nas normas vigentes.

Com relação ao fator de potência pode-se concluir que o inversor possui um elevado fator de potência, apresentando valores com poucas variações em torno de 0,99, valor este próximo ao valor ótimo, que é quando o fator de potência é unitário, quando medido no ponto de conexão do inversor.

Outro importante parâmetro analisado que sofreu alteração foi a taxa de distorção harmônica total de corrente (THDI). Verificou-se que a legislação regula que o limite deste parâmetro é de 5%, no entanto, apenas quando o sistema de geração está operando em sua potência nominal. Através das medições realizadas, constatou-se o SFCR em estudo satisfaz os critérios estabelecidos, apresentando uma THDI entre 3 e 4% quando a potência ultrapassou 90% da potência nominal. Porém, a ser realizada a análise deste parâmetro no impacto da inserção do SFCR na rede elétrica, ocorreu uma grande variação na THDI, com aumento de até 94% em relação ao percentual de 14% percebido sem a influência do SFCR. Este crescimento ocorre principalmente no início da manhã, quando o sistema fotovoltaico está com injeção de baixa potência na rede elétrica. Assim, torna-se essencial uma análise mais profunda neste parâmetro, a fim de verificar estratégias de redução nestes valores.

O impacto da instalação do sistema fotovoltaico na energia consumida pelo prédio foi perceptível, apresentando redução diária média de cerca de 40% no mês de Abril e 10% em maio, enquanto esperava-se uma economia diária em torno de 21%. No entanto, estes índices podem variar conforme a variação da demanda ativa do prédio.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2014. 28p.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687. Brasília: ANEEL, 2015. 26p.
- COSERN. Companhia Energética do Rio Grande do Norte. Conexão de microgeradores ao sistema de distribuição em baixa tensão – VR01.01-00.12. COSERN, 3ªed., 2016.
- EPIA. European Photovoltaic Industry Association. Global Market Outlook for photovoltaics. 2016-2020. EPIA, 2015.
- MINIPA. Analisador de energia ET-5061C, 2015. Disponível em: <http://www.minipa.com.br>. Acesso em: 18 jun. 2015.
- Rodriguez, C. R. C., 2002. Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas.

Torres, R.G., 2015. Desenvolvimento de metodologia para avaliação do potencial de utilização de sistemas de energia solar fotovoltaicas em meios urbanos, Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOLAR GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION: ENERGY QUALITY ANALYSIS

Abstract. *This paper presents to analyze the impact generated in energy quality by the installation of a grid-connected photovoltaic system (GCPV) installed in UFERSA, located in Mossoró/RN. Through the evaluation of the main parameters of energy quality generated by the GCPV, it was verified that the installation of a distributed photovoltaic system connected at low voltage causes small changes in some parameters, such as elevation in the steady state voltage, reduction of the power factor of the installation and increase in the value of the total harmonic distortion rate of current. In the work in question, all variations found did not exceed the limits established by the current regulations. It was also verified that the installation of the GCPV caused a daily reduction of up to 38% in the average active energy consumed, considering the phase in which the system is interconnected.*

Key words: *Distributed generation. Photovoltaic Solar Energy. Measurement of electrical energy.*