

ESTRATÉGIA DE CONTROLE LOCAL VOLT/VAR EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO INTELIGENTES POR INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Leonardo Ramires Vargas¹

Henrique Silveira Eichkoff²

Ana Paula Carboni De Mello³

Resumo:

Neste trabalho é apresentado um método de controle volt/var para ser implementado em inversores associados à inserção de geração distribuída (GD) fotovoltaica à rede de distribuição elétrica e, tem como objetivo, demonstrar o efeito positivo que essa prática pode exercer sobre as tensões do sistema, durante o regime de funcionamento dos painéis. Para o estudo foi utilizado e modificado, pela inserção de 8 geradores fotovoltaicos, um sistema teste base de 34 barras disponibilizado pela IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) a partir dos softwares OpenDSS e MATLAB® para a simulação. Os resultados obtidos apresentam uma mudança no perfil de potência reativa fornecida à rede de distribuição, elevação das tensões nas barras quando próximas do nível inferior definido - 0,93 pu - e atenuação da tensão quando essa passa a subir muito acima desse limite. Os resultados exibem uma contribuição positiva que a realização dessa prática pode exercer sobre a qualidade de energia do sistema: uma vez que inversores são estritamente necessários na conexão da GD à rede, sua capacidade de trabalhar exercendo ambas funções - conexão e controle - resulta em economia e otimização do sistema.

Palavras-chave: Inversores, geração distribuída, smart-grids, controle volt/var, qualidade de energia.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ESTRATÉGIA DE CONTROLE LOCAL VOLT/VAR EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO INTELIGENTES POR INVERSORES FOTOVOLTAICOS

¹ Aluno de graduação. leonardo.vargas29@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. henriquekoff@gmail.com. Co-autor

³ Docente. anamello@unipampa.edu.br. Orientador

ESTRATÉGIA DE CONTROLE LOCAL VOLT/VAR EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO INTELIGENTES POR INVERSORES FOTOVOLTAICOS

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, devido ao avanço tecnológico, ocorreu um grande crescimento da utilização de técnicas alternativas de geração de energia elétrica, sendo uma delas a geração distribuída (GD). A GD consiste basicamente na inserção de fontes renováveis de energia, sobretudo eólica e solar, localizadas próxima do sistema de distribuição (ACKERMANN, 2001).

Incorporada com novas alternativas, como a flexibilização do mercado de eletricidade e a geração de energia renovável, a implementação da GD apresenta, também novos desafios. O emprego da GD dá-se principalmente por parte dos próprios usuários, o que significa a inserção de elementos altamente impactantes e voláteis na etapa mais próxima do consumidor final de energia elétrica (PEPERMANS *et al.*, 2003).

Dessa forma, para a manutenção dos níveis adequados de tensão e qualidade de energia para o consumidor final, o sistema deve ser adaptado para comportar as mudanças exercidas pelo emprego dessa tecnologia. Nesse trabalho é apresentada a análise de um sistema de distribuição IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 34 barras e tem como objetivo demonstrar a capacidade da GD de agir sobre a tensão e a potência reativa do sistema, por meio do controle do inversor que realiza a conexão da geração com a rede elétrica e da técnica de controle volt/var (VVC).

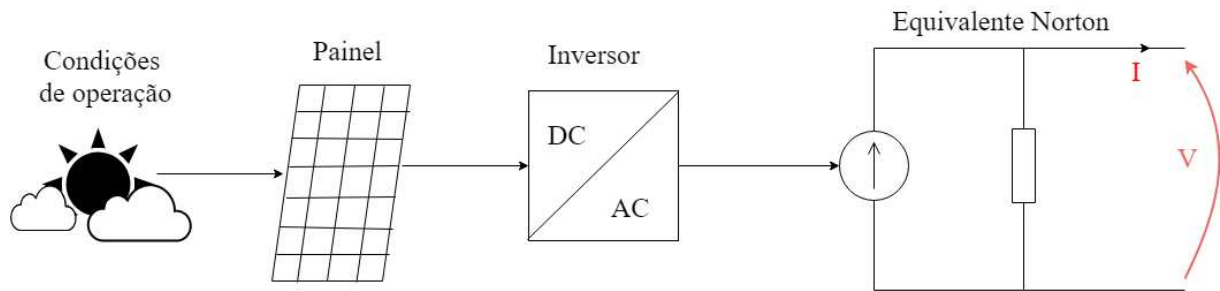
2 METODOLOGIA

O controle de tensão e potência reativa é uma das técnicas mais importantes e almejadas para sistemas de distribuição inteligentes, considerando-se o desenvolvimento de novas tecnologias de comunicação capazes de monitorar e verificar o seu funcionamento (MELLO, 2018). Nesse contexto, diversos equipamentos são capazes de atuar sobre esses fatores do sistema, como bancos de capacitores, transformadores de comutação sob carga, reguladores de tensão, compensadores estáticos de reativos e equipamentos modernos baseados em eletrônica de potência, como os inversores de frequência utilizados na GD.

Para o estudo desenvolvido nesse trabalho, foi utilizado e modificado um sistema de 34 barras padrão fornecido pela IEEE a partir do programa de fluxo de potência OpenDSS e do software MATLAB®.

O *software* OpenDss é utilizado principalmente para o estudo de sistemas elétricos de distribuição, apresentando grande funcionalidade ao lidar com a inserção de GD na rede. Para a representação da GD foi utilizado o elemento *PVSystem* do OpenDSS, o qual modela um painel fotovoltaico na rede seguindo o apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo da função PVSystem adotada pelo *software* OpenDSS.

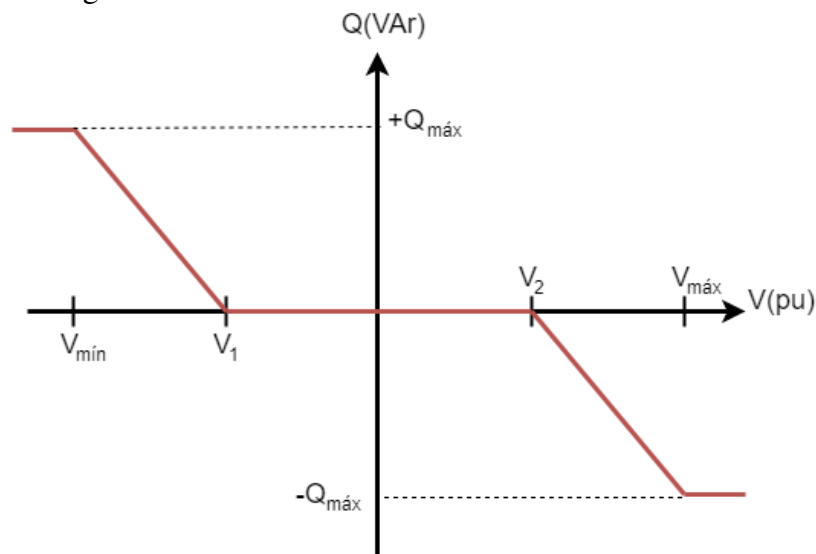


Fonte: Adaptado de Radatz, P., 2018.

Para o correto funcionamento do modelo são especificadas curvas de irradiação, temperatura, eficiência do inversor e os parâmetros gerais ao OpenDSS e, para o controle do inversor que conecta o painel à rede, foi utilizado o elemento InvControl.

Por meio do InvControl é possível alterar a característica estática do inversor para um perfil dinâmico do ponto de vista da rede elétrica, através de uma lógica de controle. No caso desse trabalho é proposta a análise de uma metodologia de controle local volt/var, de acordo com o apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Metodologia de controle volt/var do inversor.

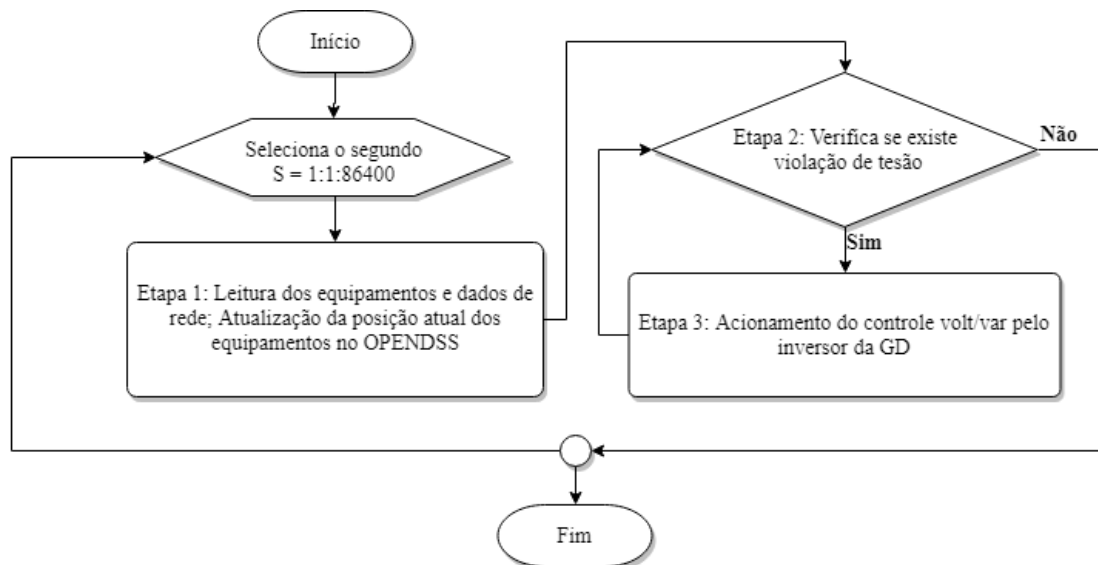


Fonte: Adaptado de Eichkoff, H., 2018.

O inversor pode fornecer ou absorver potência reativa da rede conforme a curva fornecida ao mesmo e a característica de tensão na barra que ele é conectado. Assim, quando a tensão na barra começa a se aproximar dos valores críticos inferiores, o inversor passa a progressivamente injetar potência reativa na mesma, de forma a compensar essa falta. Analogamente, o oposto ocorre quando as tensões passam a se aproximar do seu limite crítico superior: potência reativa é absorvida pelo inversor, compensando a sobretensão.

Esse sistema é implementado realizando uma varredura segundo a segunda na rede e se comporta conforme o ciclo descrito na Figura 3. Os limites para violação de tensão, superior e inferior, respectivamente implementados, foram 1,05 e 0,93 pu.

Figura 3 – Fluxograma da sequência de funcionamento do algoritmo proposto para o controle volt/var.

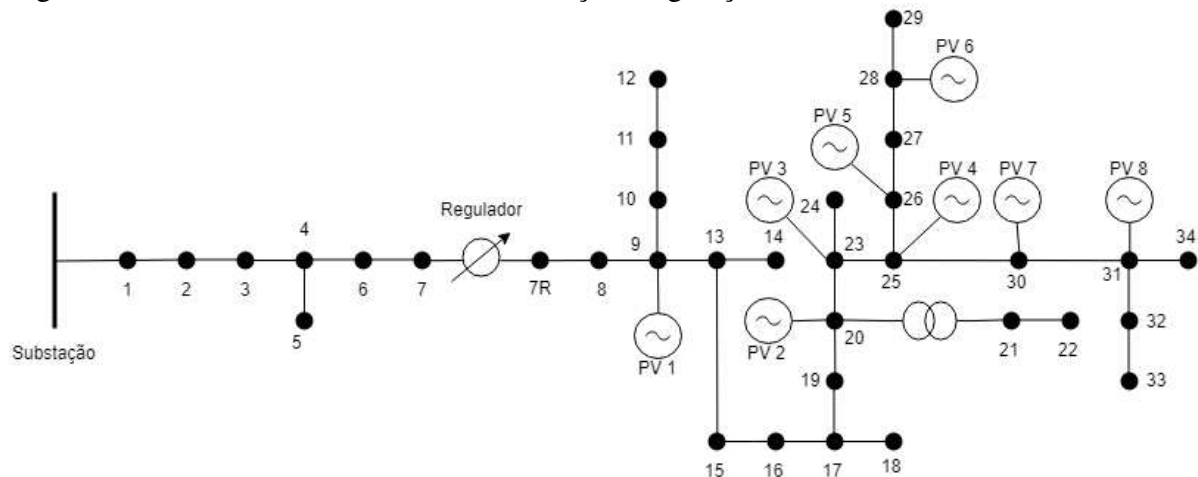


Fonte: do autor, 2018.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados considerou-se uma rede 34 barras longa, contendo perfis de carga residencial e industrial, com dois bancos de capacitores trifásicos e dois monofásicos, um regulador de tensão e com a inserção de GD fotovoltaica conforme o apresentado na Figura 4. Os PVs possuem potência trifásica nominal de 300kVA.

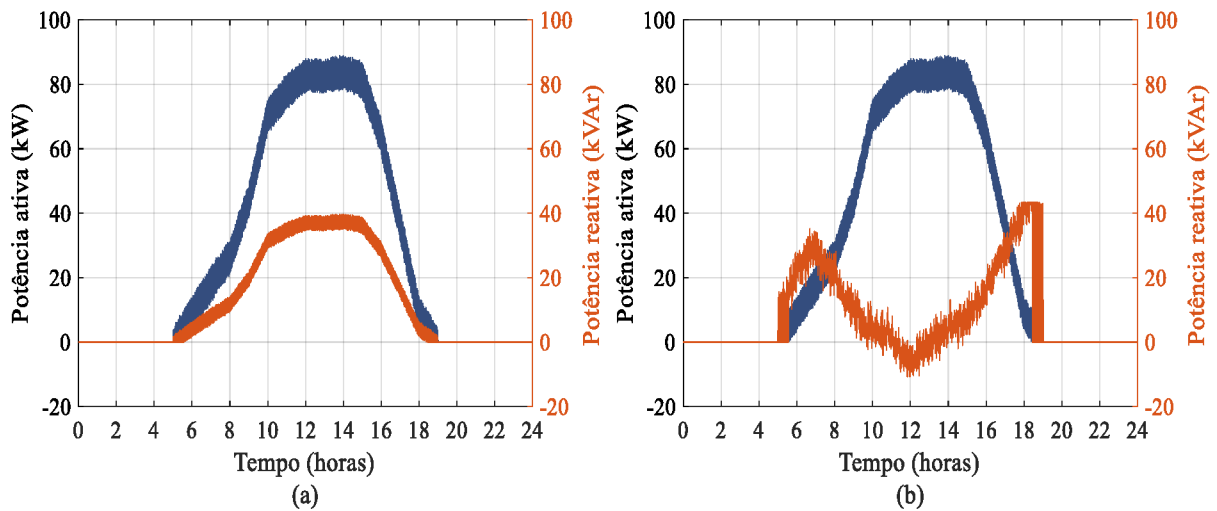
Figura 4 – Sistema teste 34 barras com inserção de geração distribuída fotovoltaica.



Fonte: do autor, 2018.

A fim de avaliar o efeito que o controle volt/var dos inversores exerce sobre o sistema foi selecionada a barra 28 para visualização detalhada do comportamento antes e depois do controle. Dessa forma, na Figura 5 é apresentado o perfil de potência ativa e reativa na saída do *PVSystem* conectado nessa barra. O perfil das fases é equilibrado e elas sobrepõem-se.

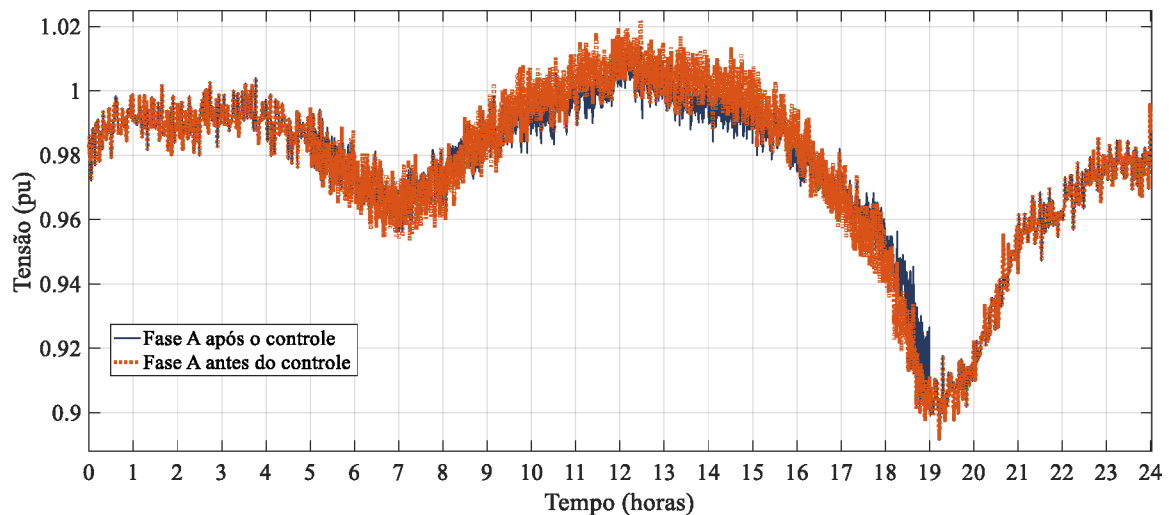
Figura 5 – Potência ativa e reativa na saída do PVSystem (a) Antes do controle VVC (b) Depois do controle VVC.



Fonte: do autor, 2018.

A consequência da alteração no perfil de potência reativa pelo inversor pode ser visualizada diretamente na tensão sobre a barra, conforme a Figura 6. É possível observar que a região de influência do controle condiz com a de fornecimento de potência pelo painel, além de a atuação do inversor elevar a tensão sobre a barra nas horas em que a mesma se aproxima do limite inferior definido, 0,93 pu, e atenuar a elevação de tensão na medida que a mesma sobe.

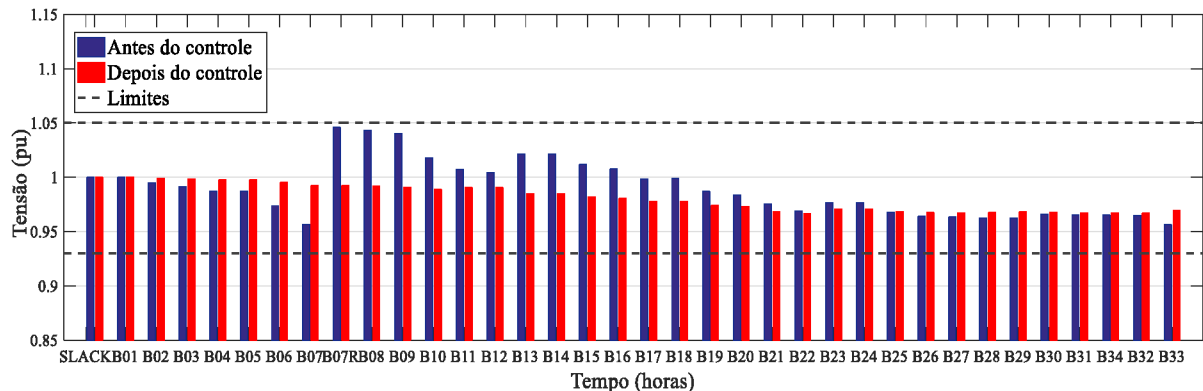
Figura 6 – Perfil de tensões na fase A da barra 28 antes e após o controle volt/var.



Fonte: do autor, 2018.

Um efeito semelhante ocorre sobre todas as barras do sistema, sobretudo as mais próximas do fim da rede. A Figura 7 apresenta as tensões na fase A de cada barra, antes e depois do controle VVC, em um horário próximo das 18 horas. Na saída do regulador a tensão sai bastante elevada, sendo atenuada pela ação dos inversores, que tentam manter a tensão em torno de 1 pu ao longo de toda a extensão da rede de distribuição.

Figura 7 – Tensão na fase A às 18 horas em todas as barras do sistema.



Fonte: do autor, 2018.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresentou uma estratégia para o uso de inversores fotovoltaicos no controle volt/var em um sistema de distribuição. Analisando os resultados, foi possível constatar a contribuição positiva dessa prática ao sistema, considerando-se a manutenção da tensão nas barras dentro de níveis ideais durante o funcionamento dos painéis.

Ao levar-se em conta o fato de que o uso de inversores é necessário para o acoplamento da GD ao sistema, sua capacidade de funcionar exercendo ambas funções – conexão e controle - pode representar um benefício ao sistema, possivelmente economizando na aquisição de equipamentos como bancos de capacitores, e diminuindo a instabilidade causada pela ligação da geração distribuída à rede de distribuição.

Para trabalhos futuros pretende-se implementar essa estratégia de controle local em conjunto de outras técnicas, sobretudo o controle hierárquico dos equipamentos do sistema.

REFERÊNCIAS

MELLO, A. **Estratégia de controle volt/var coordenado para sistemas de distribuição inteligentes**. 2018. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

PEPERMANS, G; DRIESEN, J; HAESELDONCKX, D; BELMANS, R; D’HAESELEER, W; Distributed generation: definition, benefits and issues. **Energy Policy**, Lovaina, Bélgica. v. 33, n. 6, p. 787-798, novembro. 2003.

EICHKOFF, H. **Análise da geração distribuída para o controle de tensão e potência reativa em sistemas modernos de distribuição**. 2018. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2018.

RADATZ, P. Elemento PVSsystem. In: ENCONTRO DO GRUPO DE USUÁRIOS DO OPENDSS BRASIL, 1., 2017.

ACKERMANN, T; ANDERSSON, G; SÖDER, L. Distributed generation: a definition. **Electric Power Systems Research**, Estocolmo, Suécia. v. 57, n. 3, p. 195-204, maio. 2001.