

ANÁLISE QUANTITATIVA DO IMPACTO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Grupo de Estudo de Operação de Sistemas Elétricos – GOP

Autores:

Paulo Henrique V. Garcia

Henrique Perretto

Juliano da Silva Pereira

Raphael Augusto S Benedito



1. INTRODUÇÃO

Operação de Grandes Redes Elétricas

- Continuidade
- Qualidade
- Economia



Fenômenos de Instabilidade

- Rotórica (sincronismo)
- Frequência
- Tensão

Estabilidade de Tensão => é a capacidade de um sistema manter o equilíbrio entre a carga demandada e o fornecimento de energia mesmo após um distúrbio, mantendo aceitável as tensões de todas as barras em condições normais de operação.

Como melhorar a Segurança de Grandes Redes Elétricas no contexto de Análise de Estabilidade de Tensão ?

1. INTRODUÇÃO

Geração Distribuída (GD):

- pequeno ponto de geração próximo a cargas e longe de grandes centros geradores
- pode ser um fator que auxilie na melhora da segurança da rede, com possível aumento da margem de carregamento do sistema.



Objetivo deste trabalho

conhecer os possíveis benefícios e efeitos quantitativos da inserção de Geração Distribuída na Estabilidade de Tensão de Sistemas de Potência

Como faremos tal análise?

Através de simulações do Fluxo de Potência Continuado (ANAREDE do CEPEL)

1.1 Fluxo de Potência Continuado

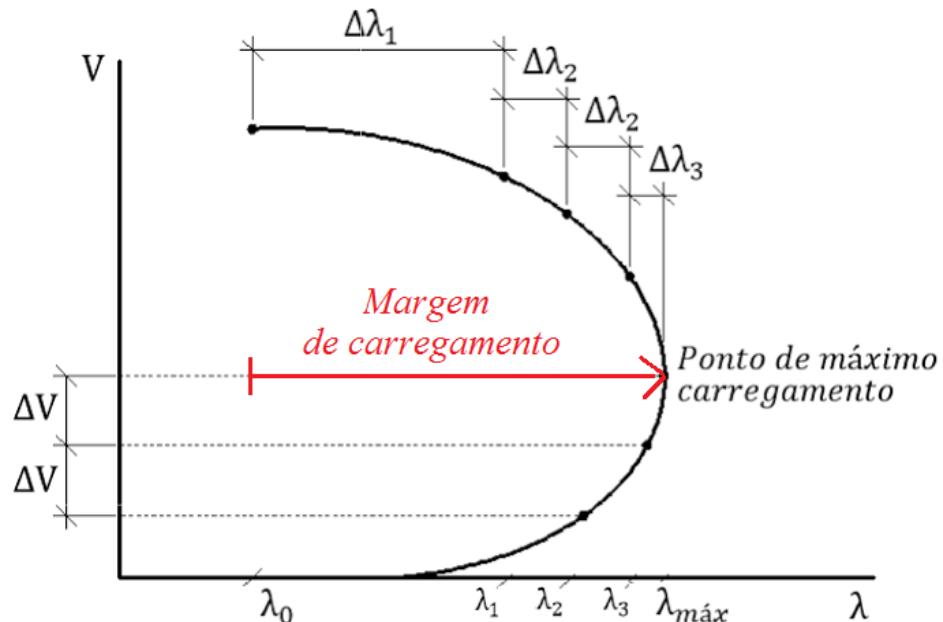


FIGURA 1 – Obtenção da curva λV ou PV por Fluxo de Potência Continuado

- Características gerais:**
- Aumento gradual de carga ou decréscimo de uma tensão eficaz;
 - Fornece estimativas satisfatórias e rápidas do ponto de colapso

- Os limites de geradores síncronos influenciam significativamente a estabilidade de tensão
- Principalmente, devido à capacidade limitada de troca de reativo entre gerador e rede

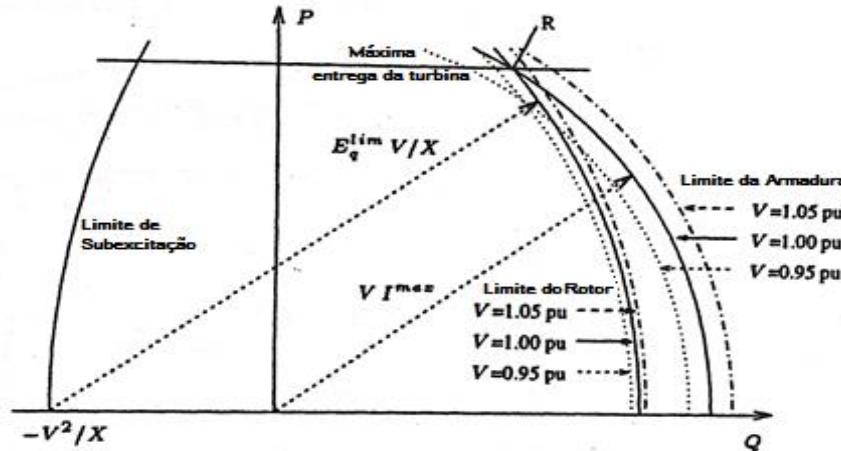


FIGURA 2 – Curva de Capabilidade típica de um Gerador Síncrono

2. Delimitação e Hipóteses deste Estudo

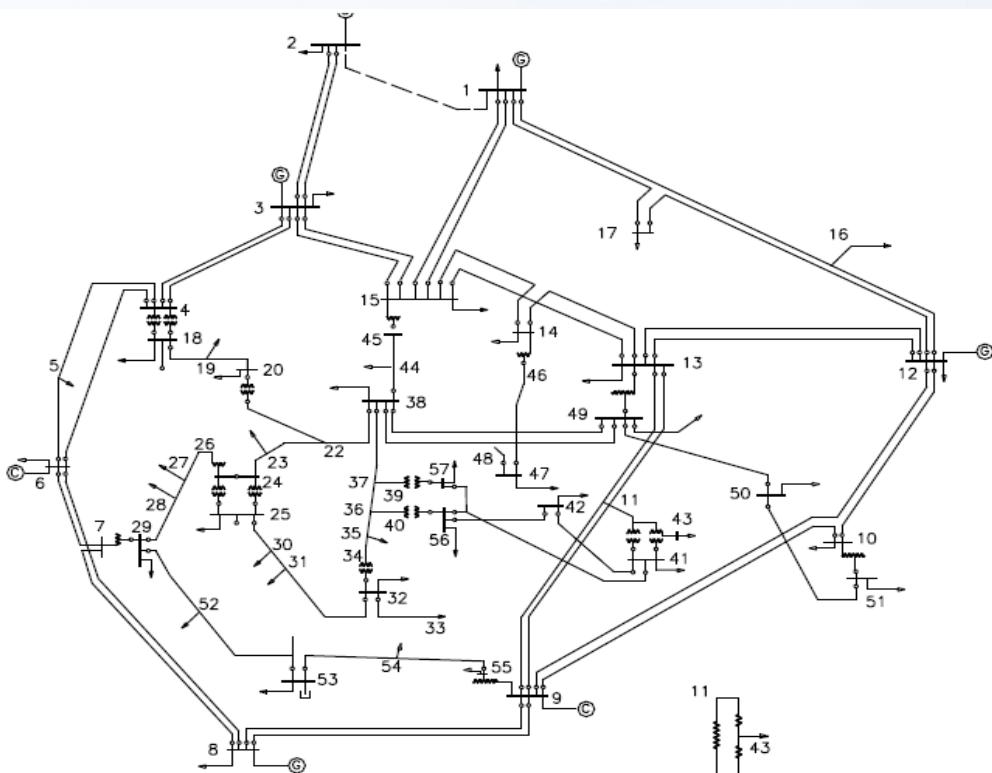


FIGURA 3 – Diagrama unifilar do Sistema de 57 Barras do IEEE

Tabela 1 – Fatores de participação das maiores UGs

| Gerador | Fator de Participação |
|--------------|-----------------------|
| Gerador B-1 | 13,88% |
| Gerador B-3 | 4,31% |
| Gerador B-8 | 48,44% |
| Gerador B-12 | 33,37% |

2.1 Inserção das Gerações Distribuídas

- 1º Passo: identificação das barras mais sensíveis (críticas)
- 2º Passo: para cada barra sensível, uma nova barra adjacente (tipo PQ) é inserida ao sistema como GD
- 3º Passo: inseri-se uma linha (por ex. de sub-transmissão) entre a GD e a barra

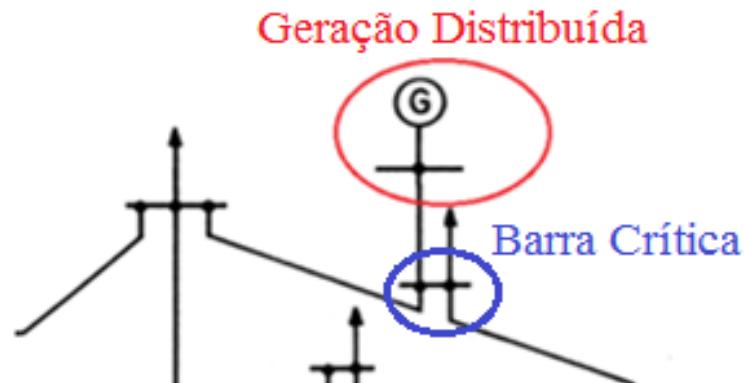


FIGURA 4 – Inserção de GD no Sistema de Transmissão

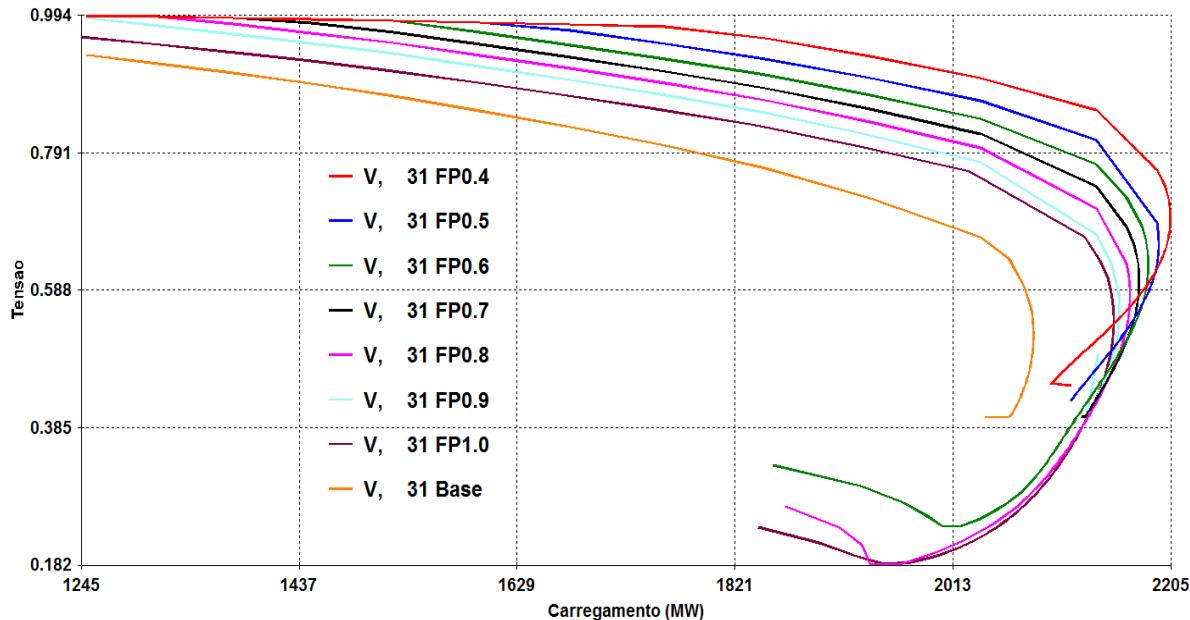
- i) UGs de pequeno porte não contribuem com o redespacho de geração ativa;
- ii) Fatores de participação de carga iguais para as barras do sistema;
- iii) As **gerações distribuídas (GDs)** são consideradas **barras de carga**
 - * injetando potência ativa e reativa à rede com valores fixos
 - * fator de potência constante
- iv) Para cada simulação do Fluxo Continuado, a **potência da GD é fixa**, ou seja, as **GDs não contribuem com redespacho de geração**
- v) Para cada GD, são estudados vários casos de Fluxo Continuado considerando **diferentes valores de injeção de potência reativa**

TABELA 2 – Valores das Potências Ativa e Reativa Injetadas pelas GDs

| Nome do Caso | GD conectada à Barra 31 | | | GD conectada à Barra 32 | | | GD conectada à Barra 33 | | |
|--------------------|-------------------------|--------|----------|-------------------------|--------|----------|-------------------------|--------|----------|
| | FP | P (MW) | Q (Mvar) | FP | P (MW) | Q (Mvar) | FP | P (MW) | Q (Mvar) |
| Base | | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,0 |
| FP 1 | 1,0 | 5,8 | 0,00 | 1,0 | 1,6 | 0,00 | 1,0 | 3,8 | 0,00 |
| FP 0,9 | 0,9 | 5,8 | 2,81 | 0,9 | 1,6 | 0,77 | 0,9 | 3,8 | 1,84 |
| FP 0,8 | 0,8 | 5,8 | 4,35 | 0,8 | 1,6 | 1,20 | 0,8 | 3,8 | 2,85 |
| FP 0,7 | 0,7 | 5,8 | 5,92 | 0,7 | 1,6 | 1,63 | 0,7 | 3,8 | 3,88 |
| FP 0,6 | 0,6 | 5,8 | 7,73 | 0,6 | 1,6 | 2,13 | 0,6 | 3,8 | 5,07 |
| FP 0,5 | 0,5 | 5,8 | 10,05 | 0,5 | 1,6 | 2,77 | 0,5 | 3,8 | 6,58 |
| FP 0,4 | 0,4 | 5,8 | 13,29 | 0,4 | 1,6 | 3,67 | 0,4 | 3,8 | 8,71 |

3. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Cenário 1: Análise da Inserção de GD na Barra 31



Aumento da margem em
relação ao caso Base

| Caso | Aumento |
|--------|---------|
| FP 1.0 | 3,40% |
| FP 0.9 | 3,64% |
| FP 0.4 | 5,79% |

FIGURA 5 – Curvas PxV com a Inserção de GD na Barra 31

3. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Cenário 2: Análise da Inserção de GD na Barra 32

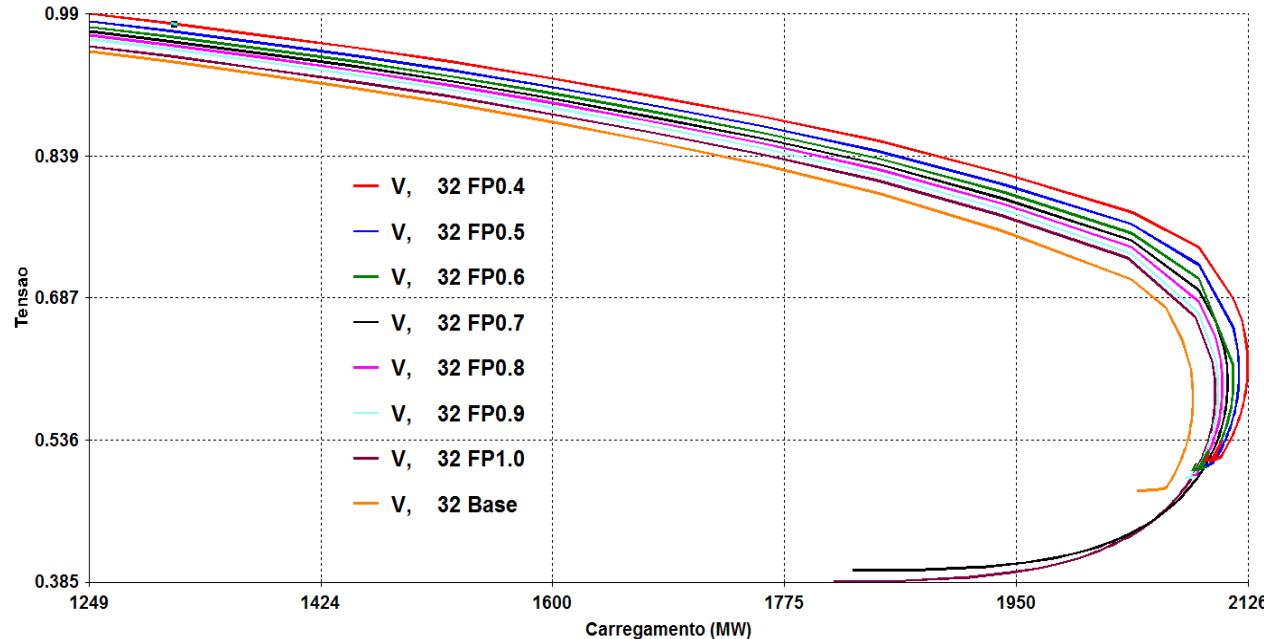
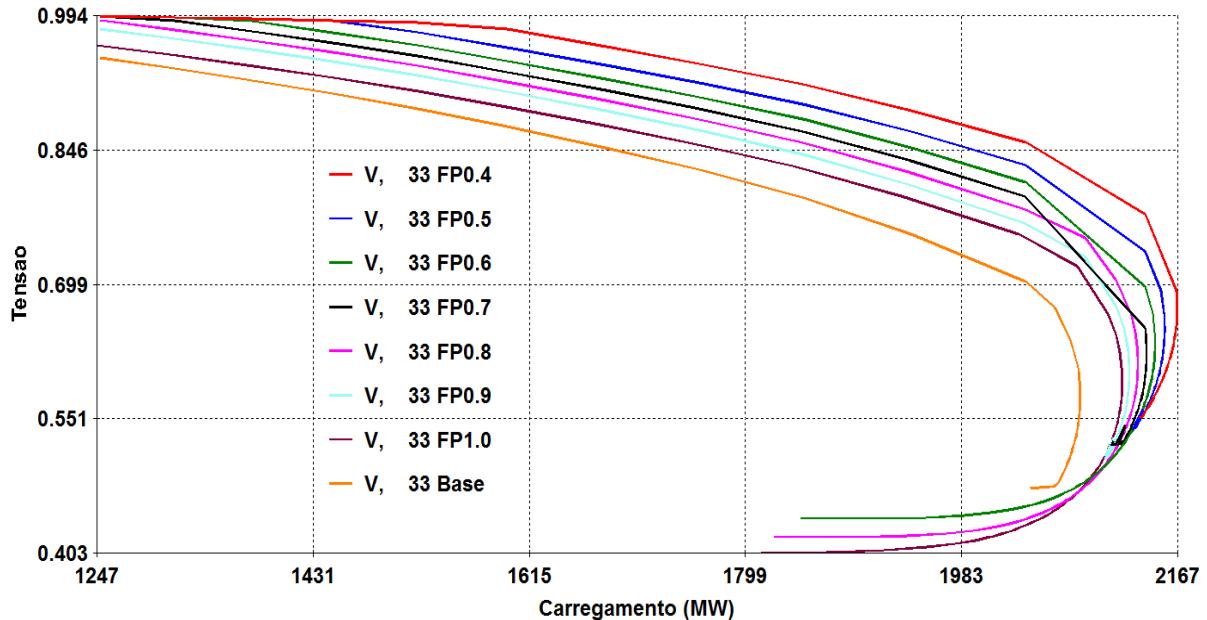


FIGURA 6 – Curvas PxV com a Inserção de GD na Barra 32

3. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Cenário 3: Análise da Inserção de GD na Barra 33



Aumento da margem em
relação ao caso Base

| Caso | Aumento |
|--------|---------|
| FP 1.0 | 1,72% |
| FP 0.9 | 2,01% |
| FP 0.4 | 3,96% |

FIGURA 7 – Curvas PxV com a Inserção de GD na Barra 33

3. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Cenário 4: Inserção Simultânea das 3 GDs com FP de 0,9

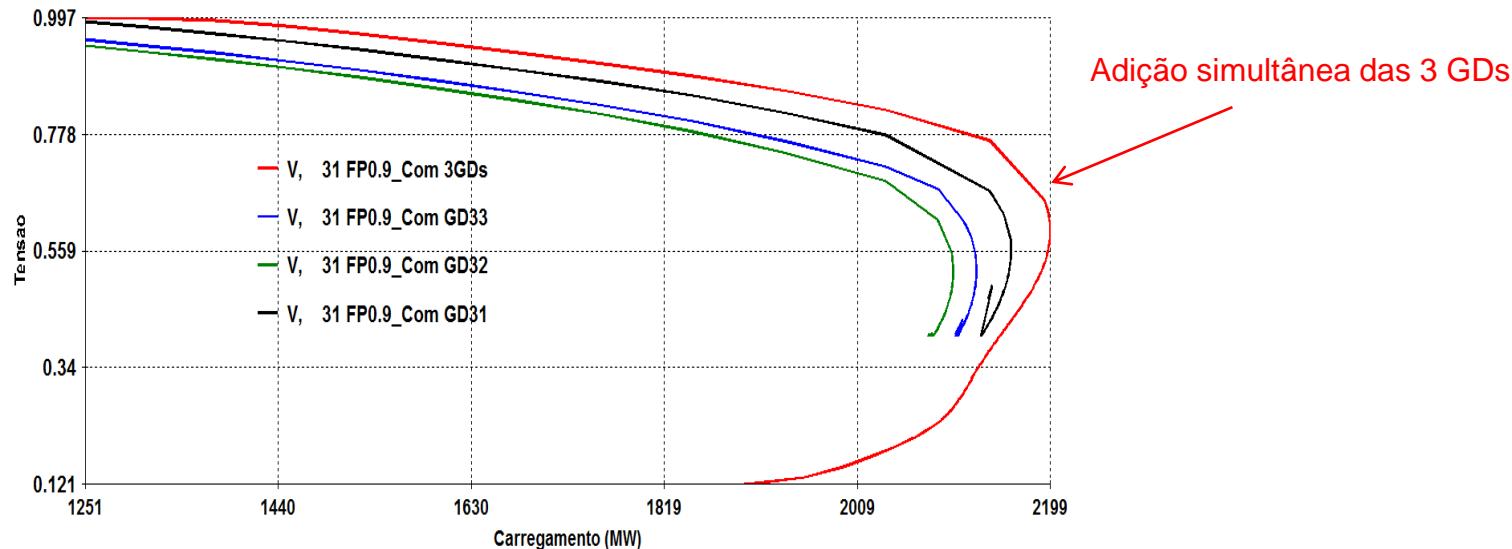


FIGURA 7 – Curvas PxV com a Inserção de GD na Barra 33

4. CONCLUSÃO

- Observou-se que a adição de Geração Distribuída em barras críticas (mais sensíveis) pode aumentar significativamente a margem de estabilidade de tensão do sistema;
- Tal aumento está diretamente relacionado com dois aspectos:
 - i) A capacidade dos geradores distribuídos em injetar potência reativa na rede;
 - ii) Alívio do fluxo de potência ativa nas linhas de transmissão devido à contribuição de potência ativa dos geradores distribuídos.
- Este estudo proporcionou um melhor entendimento dos possíveis benefícios ao se adicionar geração distribuída na rede elétrica, mesmo com despacho fixo de potência ativa e reativa, isto é, sem controle de despacho pelo operador do sistema

Prof. Dr. R Aphael Augusto de S. Benedito
PPGSE-DAELT-UTFPR
Campus Curitiba



(41) 3310 4626
(41) 99246 8432



(41) 99246 8432



raphaelbenedito@utfpr.edu.br
raphael_usp@hotmail.com



<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/raphaelbenedito>