

8

Simulação B - Sistema-Teste de 70 Barras

8.1

Introdução

As simulações realizadas nesta seção utilizam o sistema-teste de 70 barras que foi apresentado em [22], por Baran e Wu (1989). Seu diagrama unifilar é apresentado na Figura 8.1 e a numeração das barras é diferente do sistema original, por conveniência. As bases utilizadas são 10 MVA e 12,66 kV e a tensão na subestação (barra 1) é 1 pu. O tap do transformador é 0,96, referido ao lado de alta. O sistema-teste possui uma demanda total de 3803 kW e 2698 kvar, como pode ser observado na Tabela 8.1 e na Figura 8.2, que apresentam o ponto de operação do caso-base e uma visão geral da distribuição das cargas pelo sistema. Neste ponto de operação tem-se perdas de 204,50 kW e 92,94 kvar.

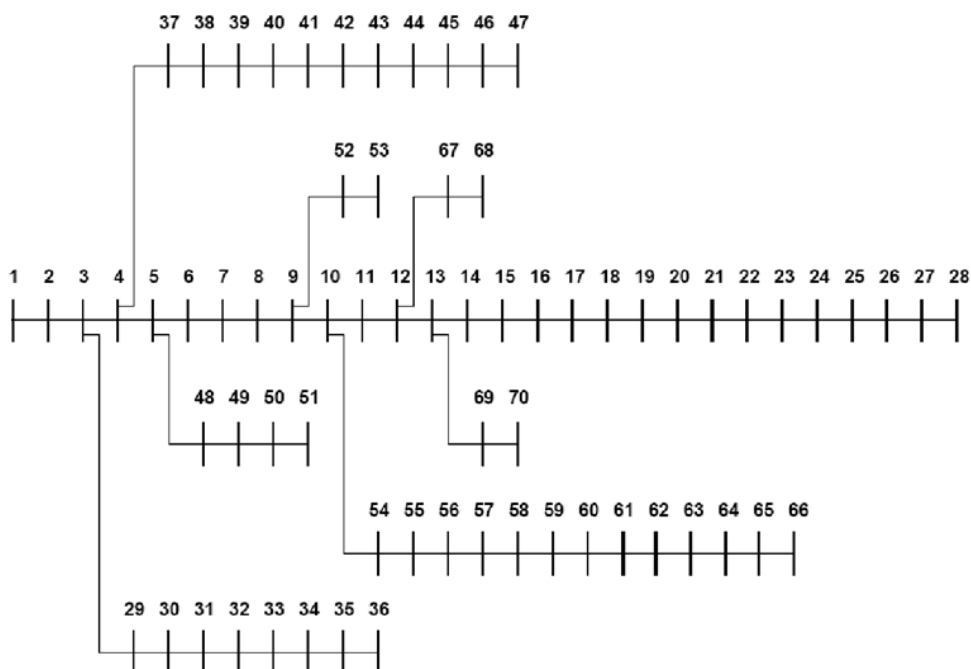


Figura 8.1– Diagrama Unifilar do Sistema-Teste de 70 Barras

Tabela 8.1 – Ponto de Operação do Caso-Base (Sistema-Teste de 70 Barras)

Barra	V [pu]	θ [°]	Pg [kW]	Qg [kvar]	Pd [kW]	Qd [kvar]	Barra	V [pu]	θ [°]	Pg [kW]	Qg [kvar]	Pd [kW]	Qd [kvar]
1	1,0000	0,0000	4007,5052	2790,9446	0,0000	0,0000	36	1,0407	0,0105	0,0000	0,0000	6,0000	4,0000
2	1,0416	-0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	37	1,0416	-0,0028	0,0000	0,0000	26,0000	19,0000
3	1,0416	-0,0022	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	38	1,0414	-0,0086	0,0000	0,0000	26,0000	19,0000
4	1,0416	-0,0023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	39	1,0413	-0,0109	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	1,0415	-0,0054	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	40	1,0412	-0,0115	0,0000	0,0000	24,0000	17,0000
6	1,0407	-0,0169	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	41	1,0412	-0,0115	0,0000	0,0000	24,0000	17,0000
7	1,0322	0,0460	0,0000	0,0000	3,0000	2,0000	42	1,0406	-0,0217	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
8	1,0233	0,1125	0,0000	0,0000	40,0000	30,0000	43	1,0403	-0,0260	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9	1,0212	0,1284	0,0000	0,0000	75,0000	54,0000	44	1,0402	-0,0266	0,0000	0,0000	6,0000	4,0000
10	1,0201	0,1366	0,0000	0,0000	30,0000	22,0000	45	1,0402	-0,0267	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	1,0153	0,2150	0,0000	0,0000	28,0000	19,0000	46	1,0401	-0,0284	0,0000	0,0000	39,0000	26,0000
12	1,0143	0,2323	0,0000	0,0000	145,0000	104,0000	47	1,0401	-0,0284	0,0000	0,0000	39,0000	26,0000
13	1,0113	0,2812	0,0000	0,0000	145,0000	104,0000	48	1,0415	-0,0071	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	1,0085	0,3245	0,0000	0,0000	8,0000	6,0000	49	1,0403	-0,0484	0,0000	0,0000	79,0000	56,0000
15	1,0057	0,3673	0,0000	0,0000	8,0000	6,0000	50	1,0366	-0,1766	0,0000	0,0000	385,0000	275,0000
16	1,0029	0,4097	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	51	1,0360	-0,1949	0,0000	0,0000	385,0000	275,0000
17	1,0024	0,4176	0,0000	0,0000	46,0000	30,0000	52	1,0212	0,1287	0,0000	0,0000	41,0000	28,0000
18	1,0016	0,4307	0,0000	0,0000	60,0000	35,0000	53	1,0212	0,1289	0,0000	0,0000	4,0000	3,0000
19	1,0016	0,4308	0,0000	0,0000	60,0000	35,0000	54	1,0175	0,1569	0,0000	0,0000	4,0000	4,0000
20	1,0011	0,4387	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	55	1,0144	0,1805	0,0000	0,0000	26,0000	19,0000
21	1,0008	0,4438	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	56	1,0101	0,2132	0,0000	0,0000	24,0000	17,0000
22	1,0004	0,4520	0,0000	0,0000	114,0000	81,0000	57	1,0060	0,2454	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
23	1,0004	0,4521	0,0000	0,0000	5,0000	4,0000	58	0,9846	0,6076	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
24	1,0003	0,4533	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	59	0,9741	0,7920	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25	1,0002	0,4560	0,0000	0,0000	28,0000	20,0000	60	0,9700	0,8656	0,0000	0,0000	100,0000	72,0000
26	1,0000	0,4589	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	61	0,9652	0,9605	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
27	0,9999	0,4601	0,0000	0,0000	14,0000	10,0000	62	0,9582	1,0232	0,0000	0,0000	1244,0000	888,0000
28	0,9999	0,4604	0,0000	0,0000	14,0000	10,0000	63	0,9579	1,0256	0,0000	0,0000	32,0000	23,0000
29	1,0416	-0,0014	0,0000	0,0000	26,0000	19,0000	64	0,9575	1,0289	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
30	1,0416	-0,0038	0,0000	0,0000	26,0000	19,0000	65	0,9557	1,0451	0,0000	0,0000	227,0000	162,0000
31	1,0414	-0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	66	0,9552	1,0500	0,0000	0,0000	59,0000	42,0000
32	1,0414	-0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	67	1,0142	0,2334	0,0000	0,0000	18,0000	13,0000
33	1,0413	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	68	1,0142	0,2334	0,0000	0,0000	18,0000	13,0000
34	1,0411	0,0042	0,0000	0,0000	14,0000	10,0000	69	1,0109	0,2868	0,0000	0,0000	28,0000	20,0000
35	1,0407	0,0095	0,0000	0,0000	20,0000	14,0000	70	1,0109	0,2868	0,0000	0,0000	28,0000	20,0000
			Total		4007,5052	2790,9446					3803,0000	2698,0000	

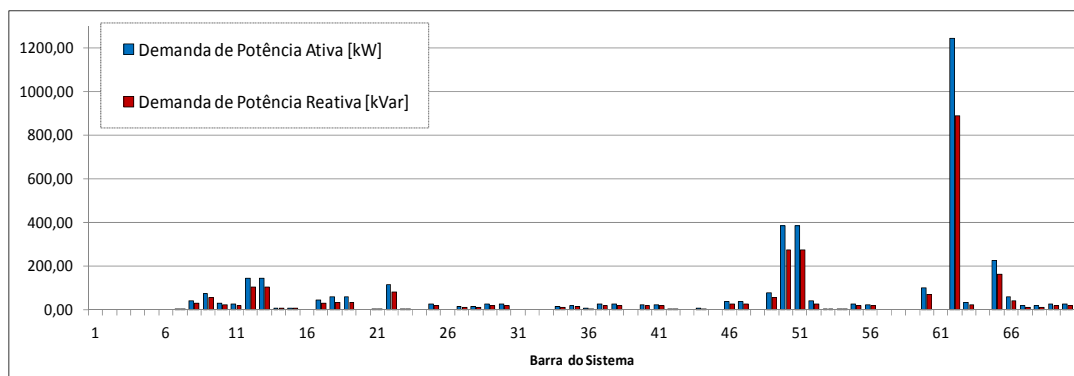


Figura 8.2- Distribuição das Cargas pelo Sistema-Teste de 70 Barras

As simulações contidas nesta seção utilizam-se da mesma modelagem e métodos de análise aplicados ao sistema-teste de 34 barras. Insere-se um gerador distribuído na barra 25 e analisam-se os impactos da sua integração à

rede no que diz respeito à máxima carga, à estabilidade de tensão, e aos limites de tensão.

Assim como foi feito anteriormente, as simulações realizadas iniciam no ponto de operação do caso-base e são identificadas ao longo do texto pela numeração 1S, 1C, 2S e 2C como mostra a Tabela 8.2. As simulações 1S e 1C são realizadas com a demanda constante e igual a do caso-base. As simulações 2S e 2C são realizadas aplicando-se incrementos na carga do caso-base até atingir o ponto de máximo, onde o módulo de Fluxo de Potência Continuado não encontra soluções. A letra que acompanha o número identifica se a simulação foi realizada sem controle (S) ou com controle (C) de tensão por parte do gerador distribuído inserido.

Tabela 8.2 – Identificação das Simulações com o Sistema-Teste de 70 Barras

Simulações	
1S	Carregamento Constante e Barra 25 <u>sem</u> Controle de Tensão
1C	Carregamento Constante e Barra 25 <u>com</u> Controle de Tensão
2S	Aumento do Carregamento e Barra 25 <u>sem</u> Controle de Tensão
2C	Aumento do Carregamento e Barra 25 <u>com</u> Controle de Tensão

8.2

Simulação 1S - Inclusão de Gerador Distribuído na Barra 25 sem Controle de Tensão e Carregamento do Sistema Constante

No ponto de operação do caso-base, foi inserido um gerador na barra 25 sem controle de tensão e operando com fator de potência unitário. A simulação consiste em resolver sucessivos problemas de fluxo de potência onde a geração de potência ativa da barra 25 é gradualmente aumentada até assumir toda geração do sistema com o carregamento constante. Ao final, a geração de potência ativa da barra 1 é próxima de zero. Para o algoritmo de fluxo de potência, a barra 1 é do tipo $V\theta$ e as demais são barras do tipo PQ .

Na Figura 8.3, exibem-se os fatores de participação dos dois geradores no eixo principal e, no eixo secundário, suas respectivas gerações de potência ativa e geração de potência reativa da barra 1. A simulação termina na Configuração

46, onde a geração de potência ativa da barra 1 é -0,9 kW, indicando que o gerador distribuído fornece potência para a rede, o que não é desejado. Nesta configuração, a potência gerada pelo gerador distribuído da barra 25 é maior que a geração total do caso-base e, portanto, conclui-se que houve aumento das perdas, uma vez que a demanda do sistema permaneceu constante ao longo da simulação.

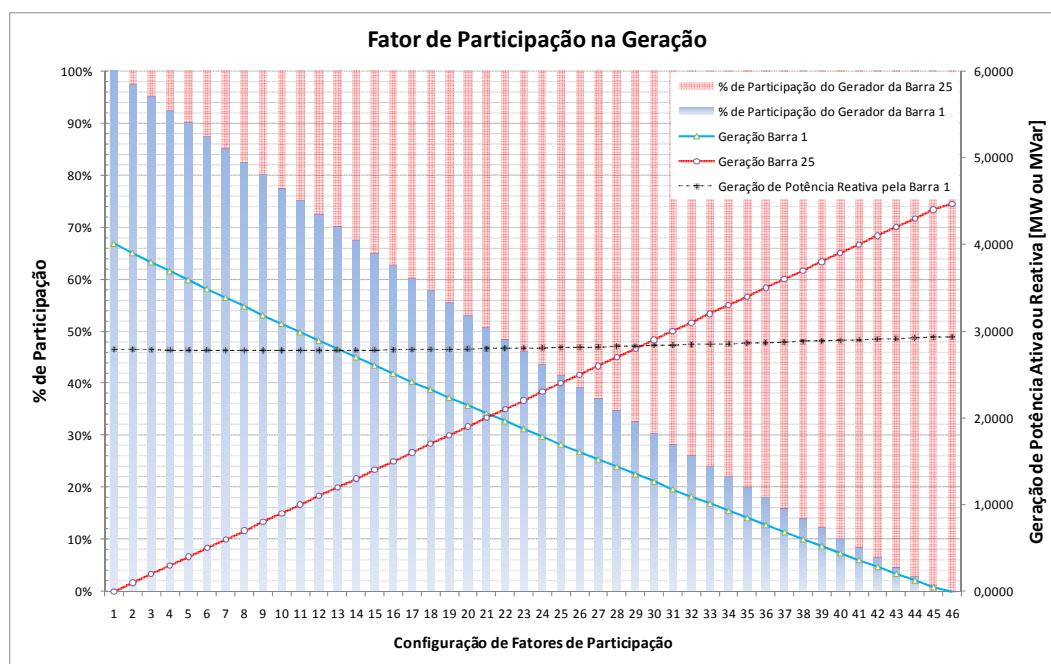


Figura 8.3 - Fatores de Participação e Geração de Potência Ativa e Reativa na Simulação 1S

No perfil de tensão, exibido na Figura 8.4, é demonstrado que ocorrem violações de tensão, acima de 1,05 pu, para configurações de fatores de participação posteriores a Configuração 11. Neste caso, a geração de potência ativa estaria limitada a 1000 kW, o que representa 26% da demanda do sistema. A potência máxima gerada, sem restrição na tensão, foi de 4466 kW, como pode ser observado na Figura 8.3, porém, a tensão alta torna inadequada a operação nessas condições.

Na Figura 8.5, pode-se perceber que as perdas de potência ativa do sistema diminuem até a Configuração 8, obtendo-se uma redução de 22,9 kW, ou 11,2%, com relação as perdas do caso-base. Em seguida, inicia-se uma sequência de aumentos que elevam as perdas do caso-base em 227,5%, de 204,5 kW para 669,8 kW na Configuração 46. Considerando-se a Configuração 11, limite sem que ocorram violações na tensão, seria obtida uma redução de 204,5 kW para

185,5 kW, ou 9,3%, quando relacionadas com as perdas do caso-base e representariam 4,7% da geração do sistema.

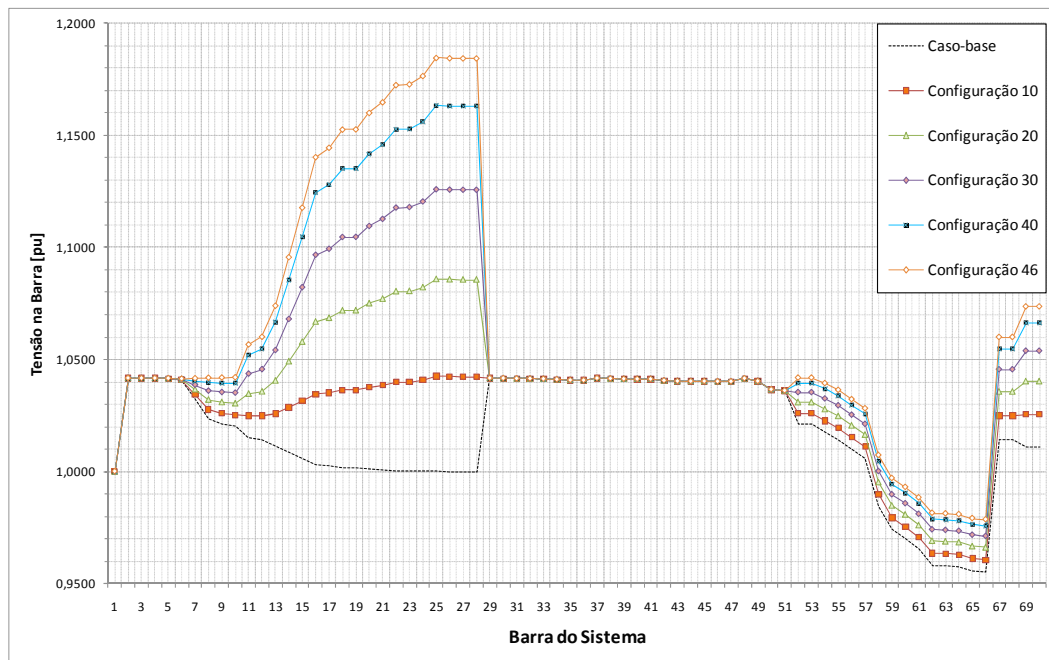


Figura 8.4 - Perfil de Tensão do Sistema na Simulação 1S

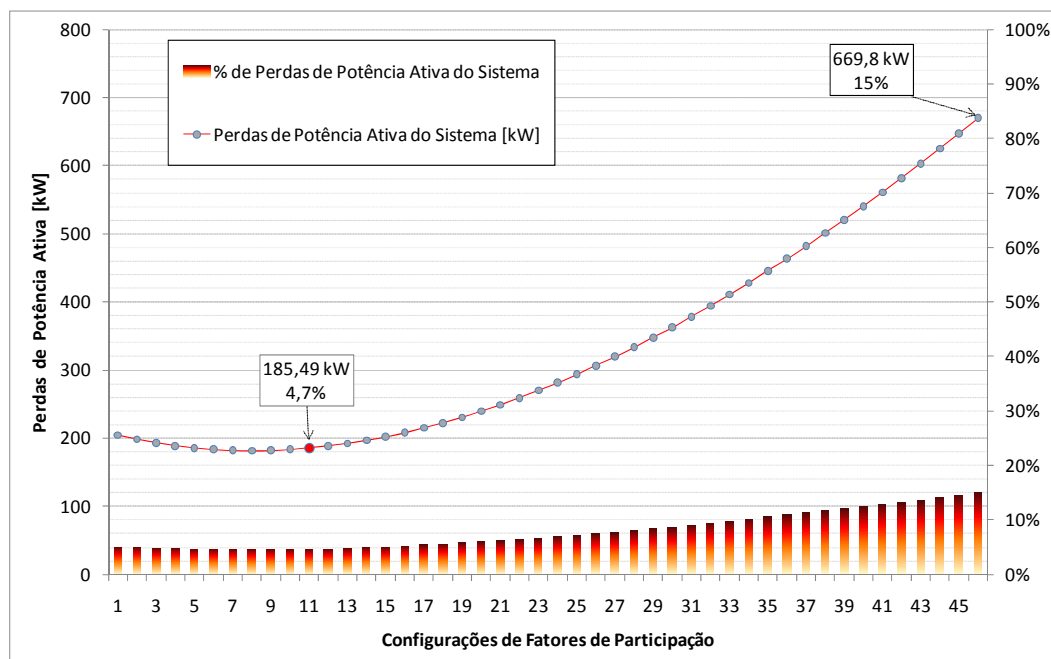


Figura 8.5 - Perdas de Potência Ativa do Sistema na Simulação 1S

Pode-se observar, na Figura 8.6, que os índices de estabilidade de tensão variam pouco ao se transferir potência da subestação para o gerador distribuído.

Percebe-se que a margem de potência da barra 25 piora, assim como o ângulo β , mas não se identifica ponto de operação na parte inferior da curva para fator de potência constante no plano SV .

Em pontos de operação sem violação de tensão, as barras que apresentaram piores índices foram a barra 25 e a barra 62, na Configuração 11, com:

$$M_{25} = 95,5\% \text{ e } M_{62} = 94\%; \beta_{25} = 91,7^\circ \text{ e } \beta_{62} = 96,3^\circ.$$

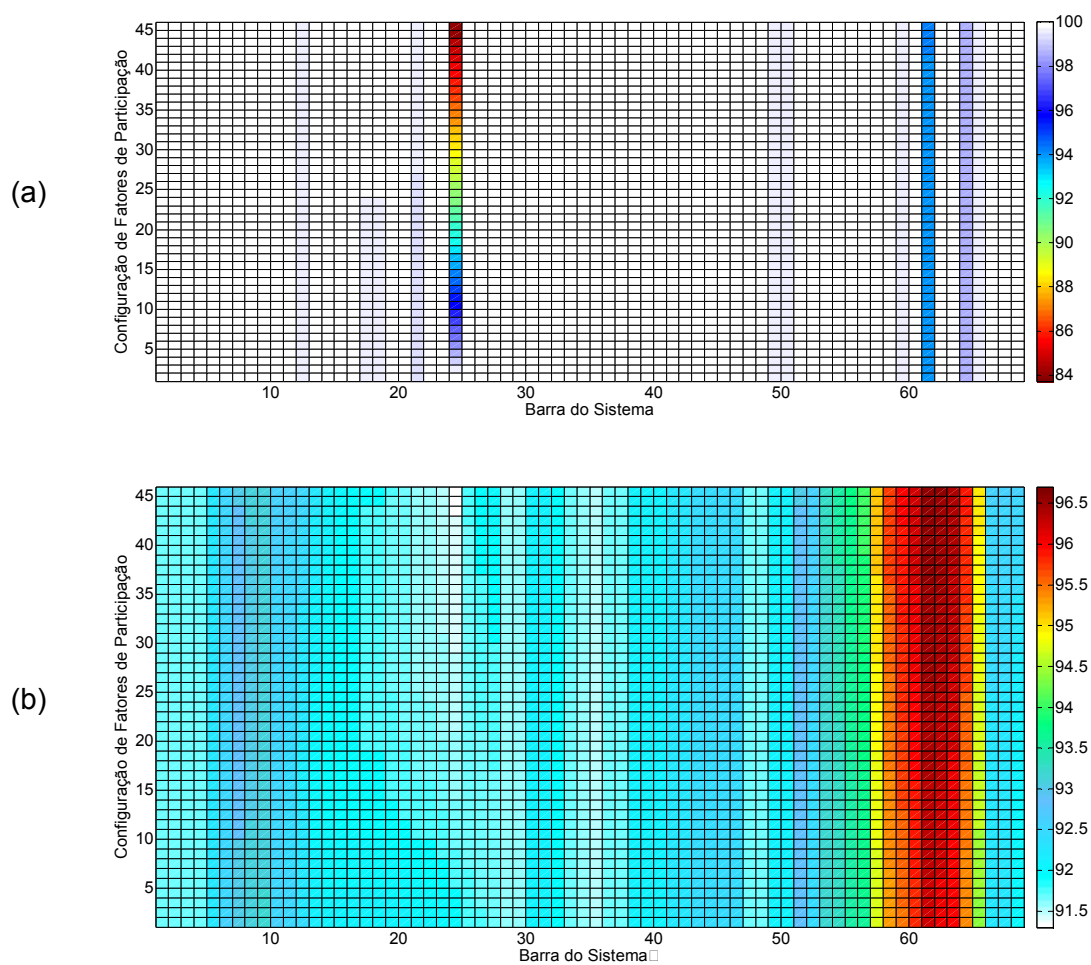


Figura 8.6 - (a) Margem de Potência e (b) Ângulo β por Barra e Caso de Carregamento

8.3

Simulação 1C - Inclusão de Gerador Distribuído na Barra 25 com Controle de Tensão e Carregamento do Sistema Constante

Na presente simulação utiliza-se das mesmas premissas da anterior. Porém, faz-se a tensão do gerador distribuído, inserido na barra 25, constante e igual ao valor do caso-base. Sua geração / absorção de potência reativa é ilimitada. Para o algoritmo do fluxo de potência a barra 1 é do tipo $V\theta$, a barra 25 é do tipo PV e as demais barras são do tipo PQ . A partir do ponto de operação do caso-base, Tabela 8.1, aumenta-se a geração de potência ativa do gerador da barra 23, como pode ser observado na Figura 8.7. A demanda do sistema permanece constante e igual a do caso-base.

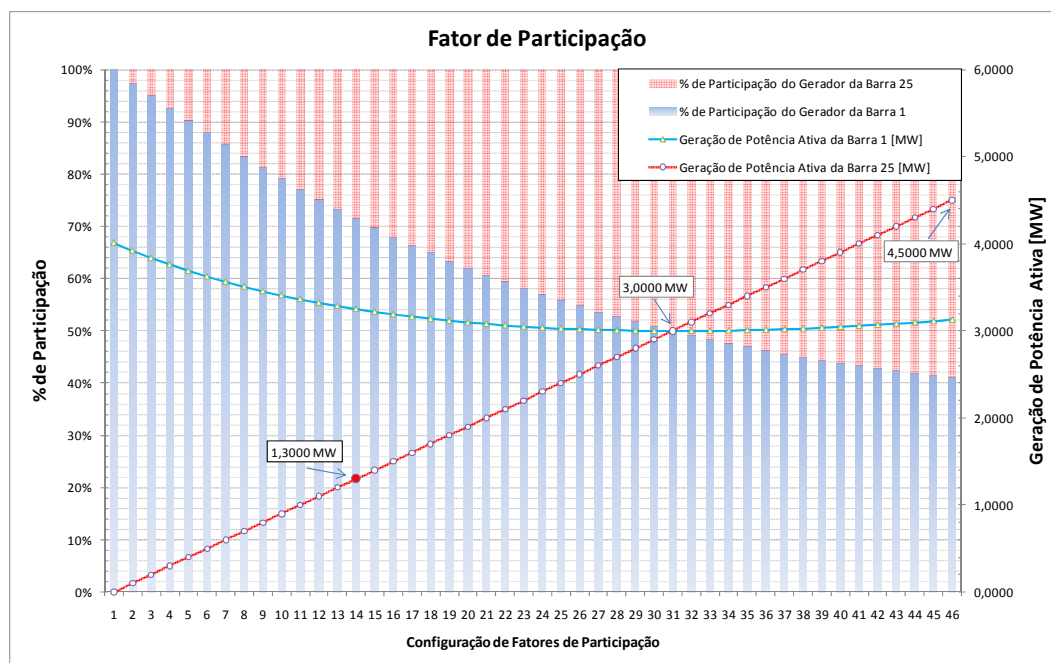


Figura 8.7 - Fatores de Participação e Geração de Potência Ativa na Simulação 1C

A simulação termina no ponto onde se percebe que o gerador da barra 1 pára de reduzir sua geração de potência ativa e começa a aumentar para atender as perdas. Portanto, nesta simulação, de forma diferente de sua semelhante com o sistema-teste de 34 barras, não se conseguiu que a potência ativa gerada pela barra 1 fosse nula. Isto se deve ao aumento das perdas que são de responsabilidade do gerador da barra 1.

Na Figura 8.8, observa-se o perfil de tensão do sistema. Considerando-se as violações na tensão, a operação do sistema estaria restrita até a Configuração 14. Neste ponto de operação o gerador da barra 25 gera 1300 kW, representando um ganho de 30% com relação à Simulação 1S.

Pode-se perceber que as barras que tem desvios maiores com relação às tensões do caso-base são as barras que contém cargas como a região compreendida entre as barras 6 e 21, assim como a região entre as barras 49 e 66. Como as tensões das barras 1 e 25 são fixas, a única maneira de se transmitir potência é através da redução nos módulos das tensões e pela abertura angular, como pode ser observado na Figura 8.8.

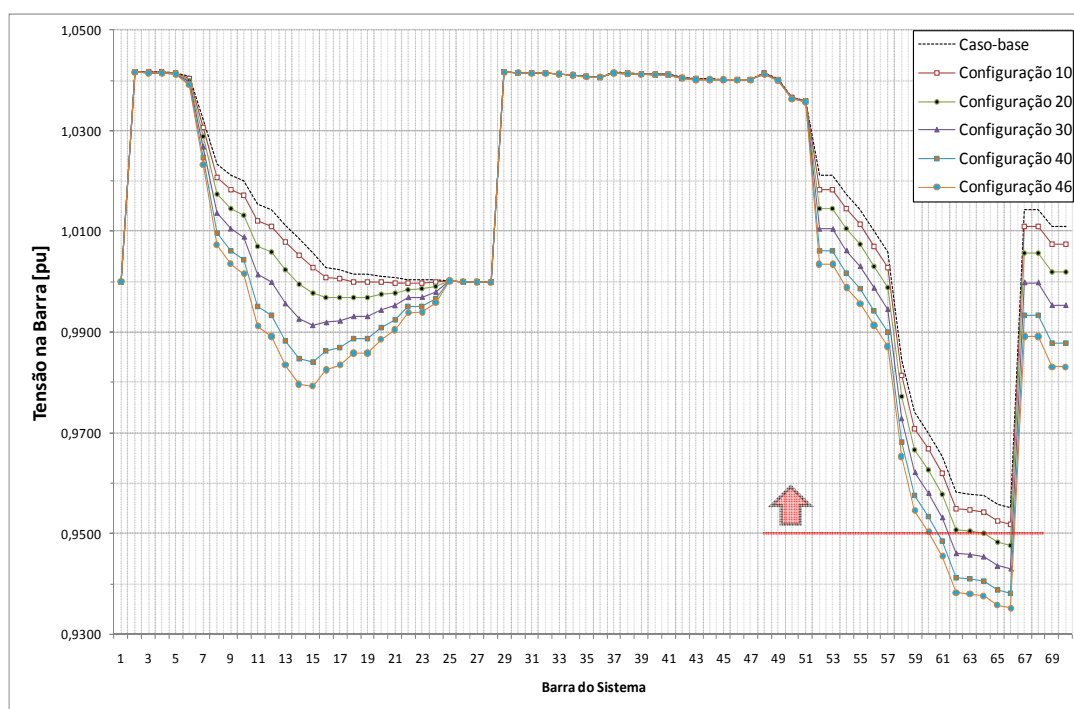


Figura 8.8 - Perfil de Tensão do Sistema na Simulação 1C

As perdas no sistema aumentam ao se transferir a potência gerada para o gerador da barra 25. Na Figura 8.9, podem-se observar os valores das perdas de potência ativa em kW e em porcentagem do total de potência ativa gerada.

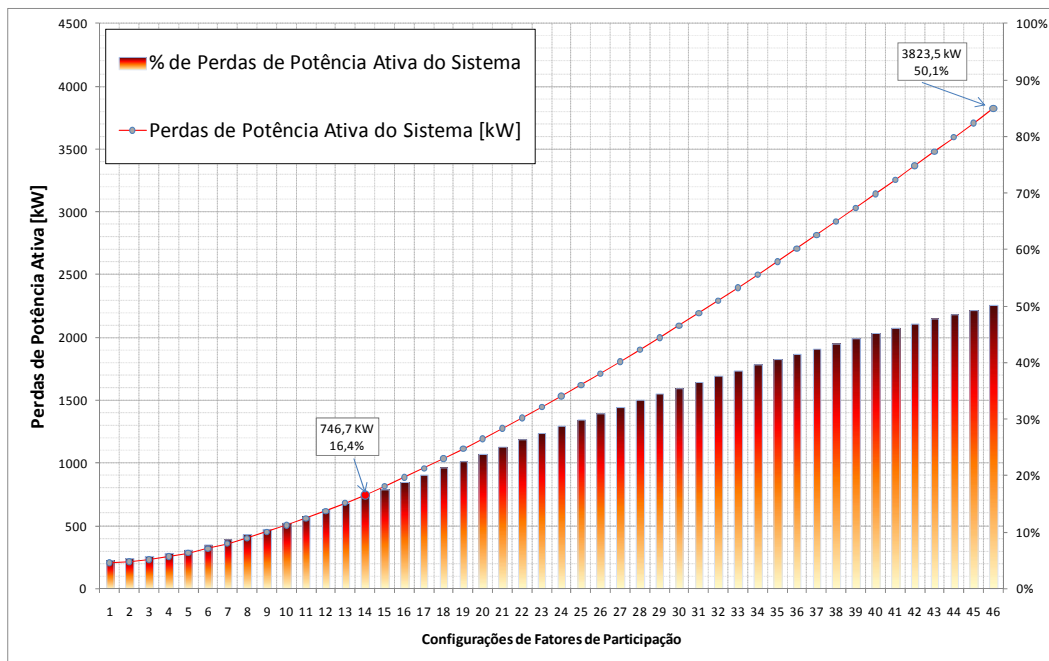


Figura 8.9 - Perdas de Potência Ativa do Sistema na Simulação 1C

Se forem considerados pontos de operação onde não há violações na tensão, podem-se obter perdas máximas de 746,7 kW na Configuração 14, o que representa 16,4% da potência ativa gerada pelo sistema e um aumento de 265% com relação às perdas do caso-base. Comparando-se com as perdas da Simulação 1S, tem-se um aumento de 303%, ou 561,2 kW, para um ganho de 300 kW de aumento na geração de potência ativa na barra 25.

Os índices de estabilidade de tensão apresentam comportamento semelhante ao encontrado na simulação correlata, realizada com o sistema-teste de 34 barras. Nota-se, pela Figura 8.10, que a margem de potência, para a barra do gerador distribuído, é reduzida com o aumento de sua geração. A entrada do gerador causa uma brusca variação na redução do valor do ângulo β , para algumas barras, indicando uma melhora nas condições de estabilidade de tensão, mesmo com a tensão quase sem variação. Para a barra 25, o ângulo β aumenta como era esperado.

Não são encontrados problemas de estabilidade de tensão. Os piores índices identificados, para pontos de operação sem violação de tensão, ocorreram para as barras 25 e 62, novamente. Tem-se, para a Configuração 14: $M_{25} = 83,8\%$ e $M_{62} = 94\%$; $\beta_{25} = 105,4^\circ$ e $\beta_{62} = 93,2^\circ$.

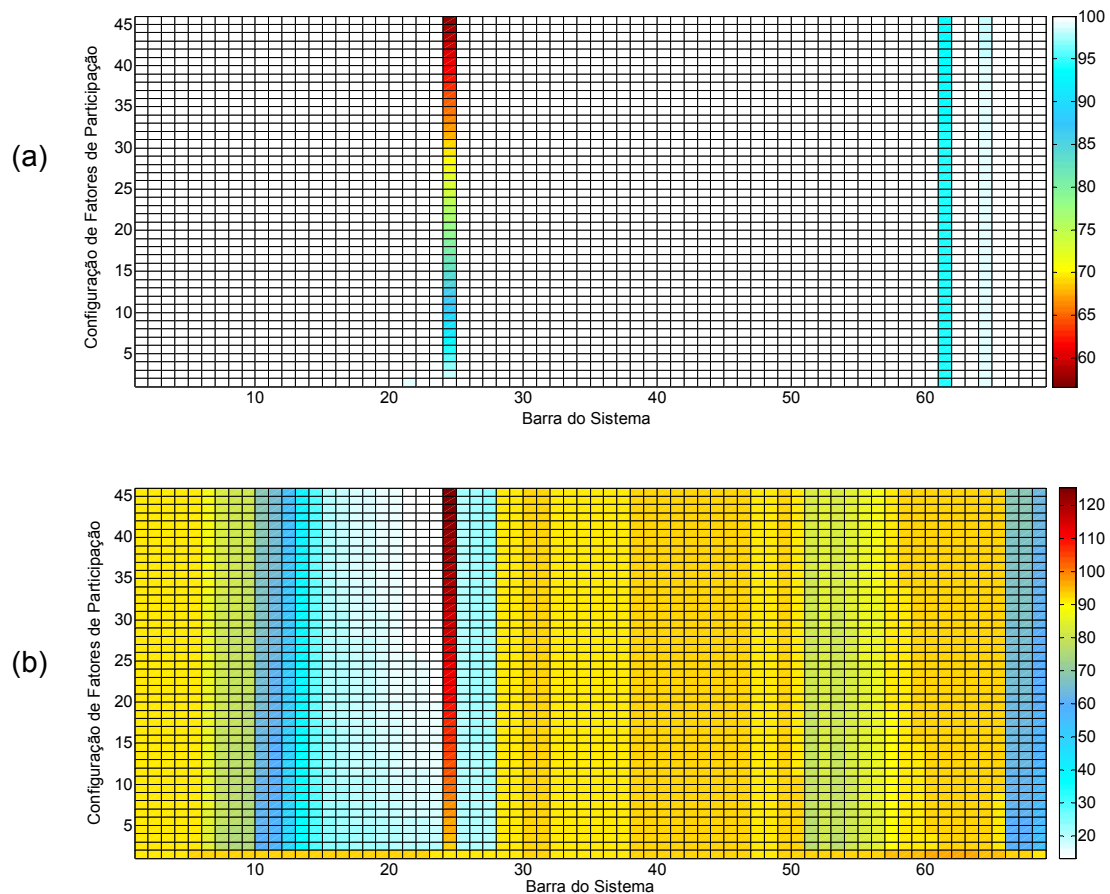


Figura 8.10 - (a) Margem de Potência e (b) Ângulo β por Barra e Caso de Carregamento

8.4

Simulação 2S - Inclusão de Gerador Distribuído na Barra 25 sem Controle de Tensão e Aumento do Carregamento do Sistema

A presente simulação consiste em resolver sucessivos fluxos de potência onde o carregamento do sistema é aumentado com fator de potência constante. O caso-base é o mesmo das seções anteriores e é exibido na Tabela 8.1. Para o algoritmo do fluxo de potência a barra 1 é do tipo PV , a barra 25 é do tipo $Q\theta$ e as demais barras são do tipo PQ . Para cada incremento na carga, o balanço de potência ativa do sistema será restabelecido pelo gerador da barra 25 (100% de fator de participação) e o balanço de potência reativa será de responsabilidade do gerador da barra 1. O gerador da barra 25 opera com fator de potência unitário e não possui capacidade de variar sua potência reativa e, portanto, não pode atuar no controle de sua tensão terminal.

Na Figura 8.11, exibe-se o perfil de tensão. Percebe-se que a operação do gerador distribuído, nestas condições, é limitada devido a violações de tensão a partir do Caso 8, onde a geração de potência ativa da barra 25 é 290,8 kW.

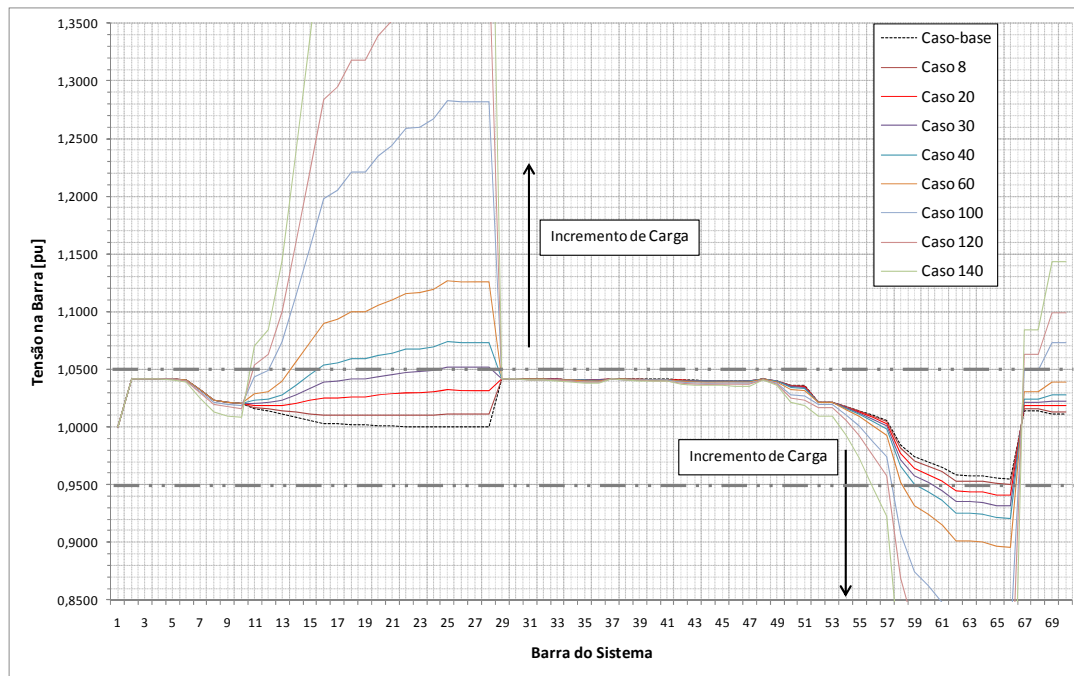


Figura 8.11 - Perfil de Tensão do Sistema na Simulação 2S

Quando se comparam os resultados desta simulação com a Simulação 2S, realizada com o sistema-teste de 34 barras, com as mesmas características, observam-se resultados diferentes. Na simulação com o sistema-teste de 34 barras, a máxima potência que podia ser gerada pelo gerador distribuído, foi de 1290,4 kW, 443,7% superior que nesta. Portanto, conclui-se que cada situação deve ser analisada separadamente, pois os impactos da inserção da geração distribuída à rede dependem de diversos fatores que são característicos de cada sistema. A comparação torna-se inadequada.

As perdas de potência ativa aumentam devido à geração da barra 25, como pode ser observado na Figura 8.12. Considerando-se que a máxima potência gerada pelo gerador distribuído é limitada por tensão baixa, as perdas máximas registradas ocorrem para o Caso 8 e são de 221,0 kW, 8,1% maiores que as do caso-base e 5,1% de toda geração do sistema. Portanto, “perdas” não é um limitante na tomada de decisão, para esta região de operação. Porém, se a

carga continuar aumentando este modo de operação se tornará inadequado, do ponto de vista econômico.

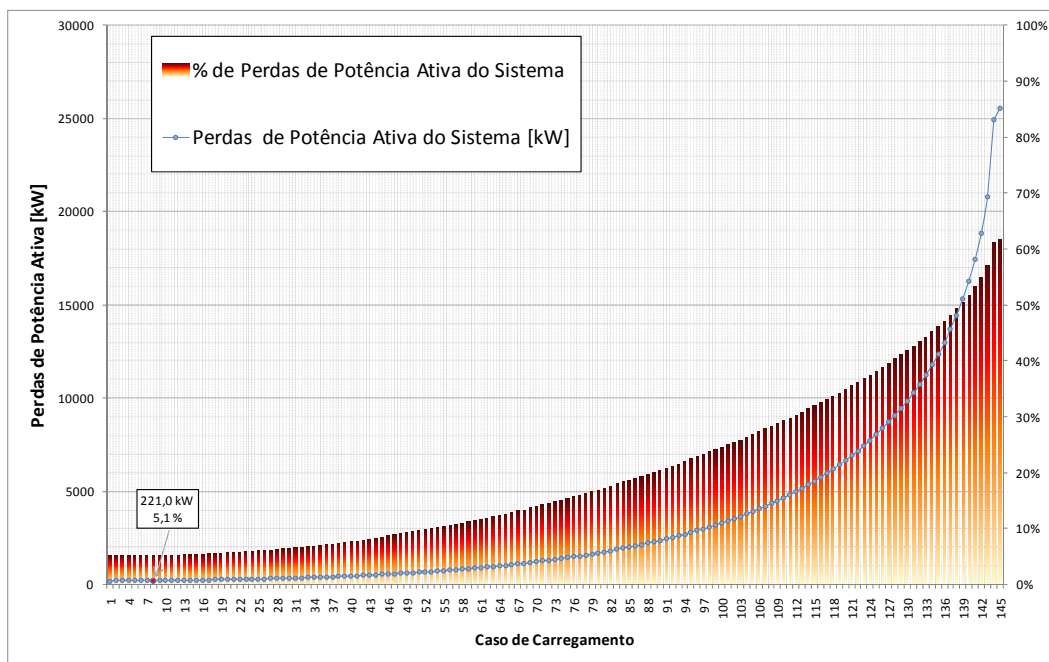


Figura 8.12 - Perdas de Potência Ativa do Sistema na Simulação 2S

Na Figura 8.13, pode-se observar o índice margem de potência e o ângulo β , para cada caso de carregamento do sistema e barra. Pode-se inferir que não há problemas de estabilidade de tensão, exceto nos dois últimos casos de carregamento, Casos 144 e 145, onde se apresentam índices negativos.

Considerando-se somente os pontos de operação onde não há violação de tensão, tem-se os índices para as barras 25 e 62, no ponto de operação correspondente ao Caso 8: $M_{25} = 98,7\%$ e $M_{62} = 93,4\%$; $\beta_{25} = 91,9^\circ$ e $\beta_{62} = 96,6^\circ$.

Comparando-se com o caso de mesmas características no sistema-teste de 34 barras percebe-se comportamento semelhante quanto à evolução dos índices de estabilidade de tensão. Ambos não apresentaram impactos sob esta perspectiva de análise.

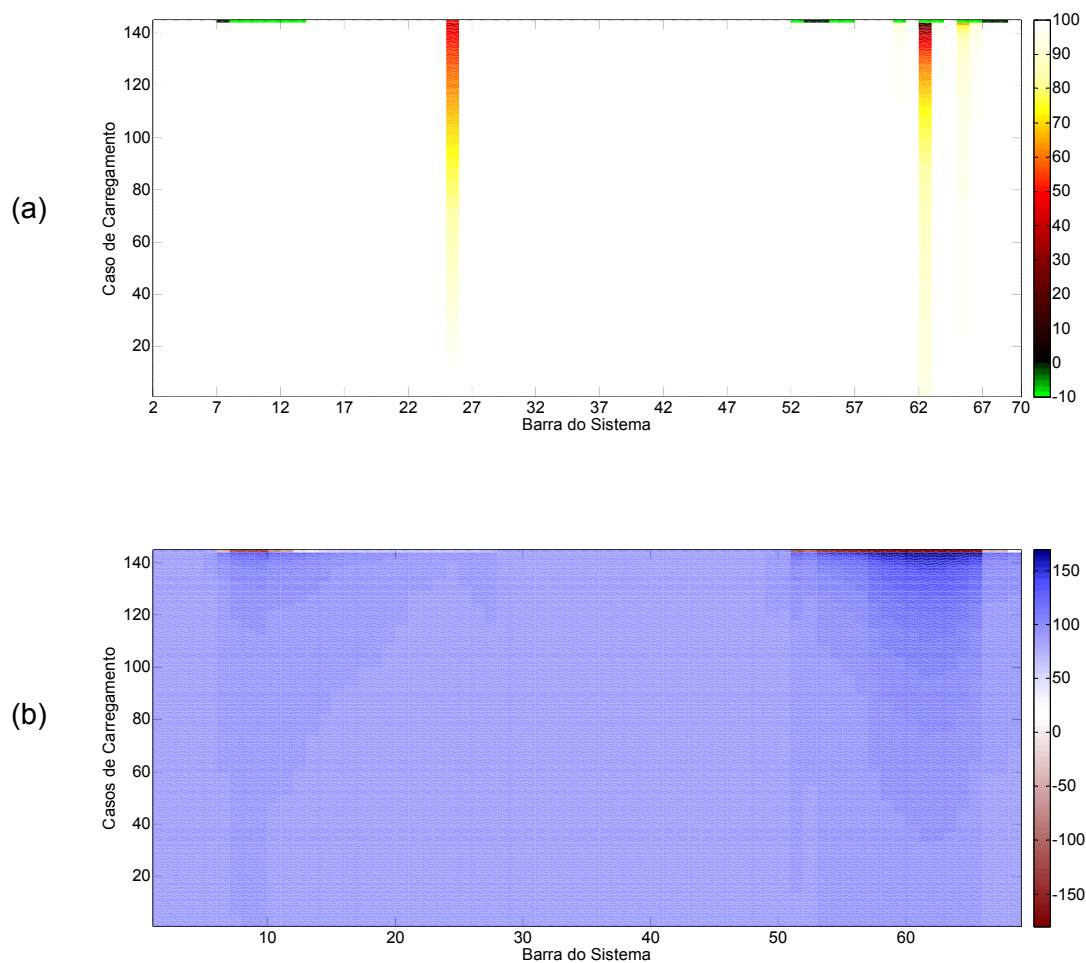


Figura 8.13 - (a) Margem de Potência e (b) Ângulo β por Barra e Caso de Carregamento

8.5

Simulação 2C - Inclusão de Gerador Distribuído na Barra 25 com Controle de Tensão e Aumento do Carregamento do Sistema

A presente simulação consiste em resolver sucessivos fluxos de potência, onde o carregamento do sistema é aumentado com fator de potência constante. O caso-base é o mesmo das seções anteriores e é exibido na Tabela 8.1. Para o algoritmo do fluxo de potência a barra 1 é do tipo PV , a barra 25 é do tipo $V\theta$ e as demais barras são do tipo PQ . Para cada incremento na carga, o balanço de potência ativa do sistema é restabelecido pelo gerador da barra 25 (100% de fator de participação) e o balanço de potência reativa será de responsabilidade dos geradores das barras 1 e 25. O gerador da barra 25 opera com controle de

sua tensão terminal e, portanto, tem capacidade (infinita) de variar sua potência reativa gerada / absorvida.

Na Figura 8.14, pode-se observar o perfil de tensão do sistema. Mesmo com controle de tensão na barra 25 há violações na tensão a partir do Caso 6, onde a geração de potência ativa da barra 25 é de 241,7 kW. Comparando-se com a Simulação 2S, onde se atingiu 290,8 kW, este valor é 17% inferior.

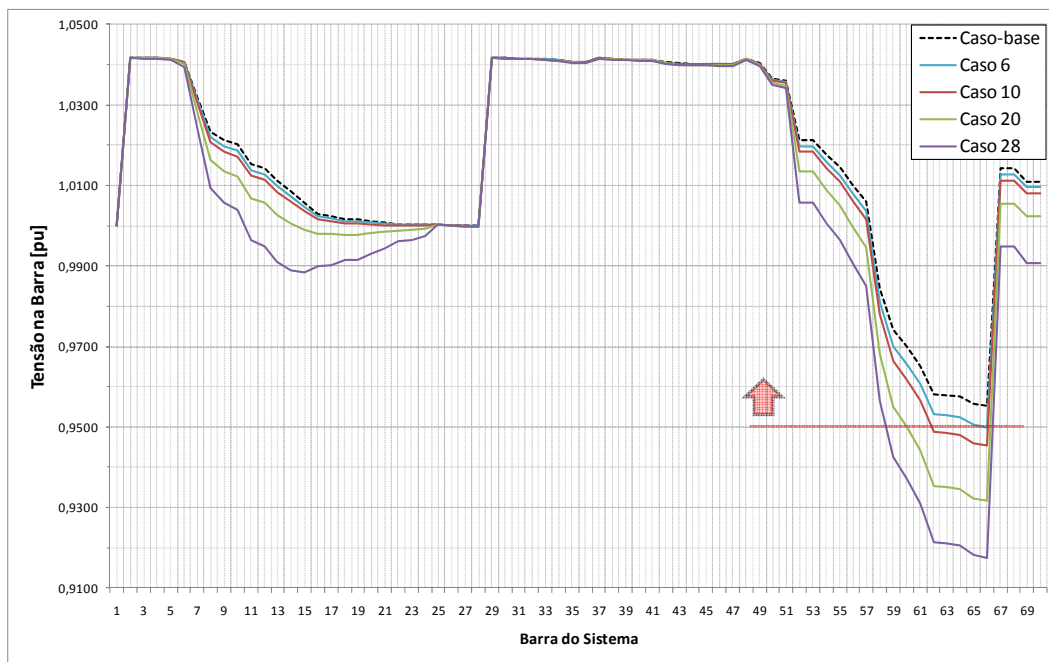


Figura 8.14 - Perfil de Tensão do Sistema na Simulação 2C

Comparando-se com a Simulação 2C com o sistema-tesde de 34 Barras, obteve-se desempenho pior, pois o aumento do carregamento obtido aqui foi de 5,1%, enquanto que com o sistema de 34 barras foi de 1239,7%. Esta última comparação pode ser inadequada ou sem sentido, como já foi demonstrado, pois o impacto da inserção de geração distribuída depende de diversas características, peculiares de cada sistema e de cada situação. Portanto, toda vez que esteja para ser inserido um gerador em um sistema de distribuição, deve-se realizar estudos que avaliem o impacto para a rede de forma específica e que leve em consideração as características locais de cada sistema.

Na Figura 8.15, pode-se observar a evolução das perdas de potência ativa do sistema ao se aumentar seu carregamento. Caso sejam considerados pontos de operação onde não há violação na tensão, as perdas máximas correspondem a

252,3 kW (Caso 6), representando um aumento de 23,3% com relação ao caso-base e 5,9% da potência ativa gerada no sistema. Quando se compara com a Simulação 2S constata-se um aumento de 14,2% nas perdas de potência ativa.

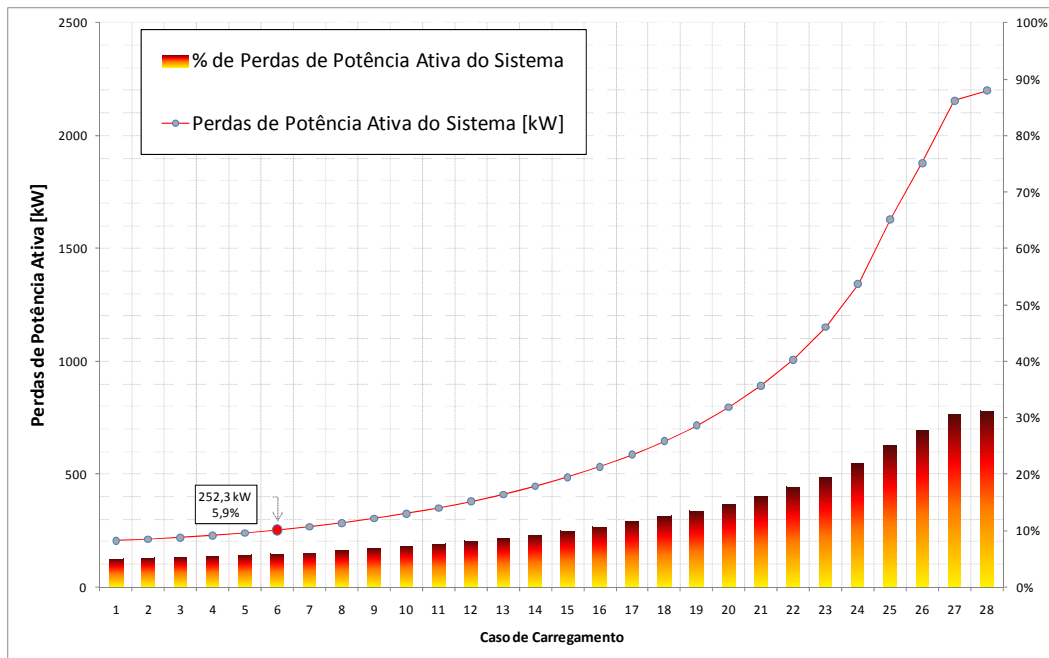


Figura 8.15 - Perdas de Potência Ativa do Sistema na Simulação 2C

Portanto, neste caso, equipar o gerador distribuído com controle de tensão para suprir o aumento da demanda é inadequado, pois se obteve uma máxima potência ativa gerada menor e com aumento de perdas, sem mencionar os investimentos no equipamento de controle de tensão.

Na Figura 8.16, pode-se observar a margem de potência tendo seu valor reduzido e o ângulo β aumentando para a barra 25. As demais barras permanecem com os valores quase inalterados.

Verifica-se que, assim como as simulações anteriores, não há impactos considerando-se o problema de estabilidade de tensão. Os índices para as barras 25 e 62 no pior caso, onde não há violações de tensão, são: $M_{25} = 97\%$ e $M_{62} = 93\%$; $\beta_{25} = 94,5^\circ$ e $\beta_{62} = 93^\circ$.

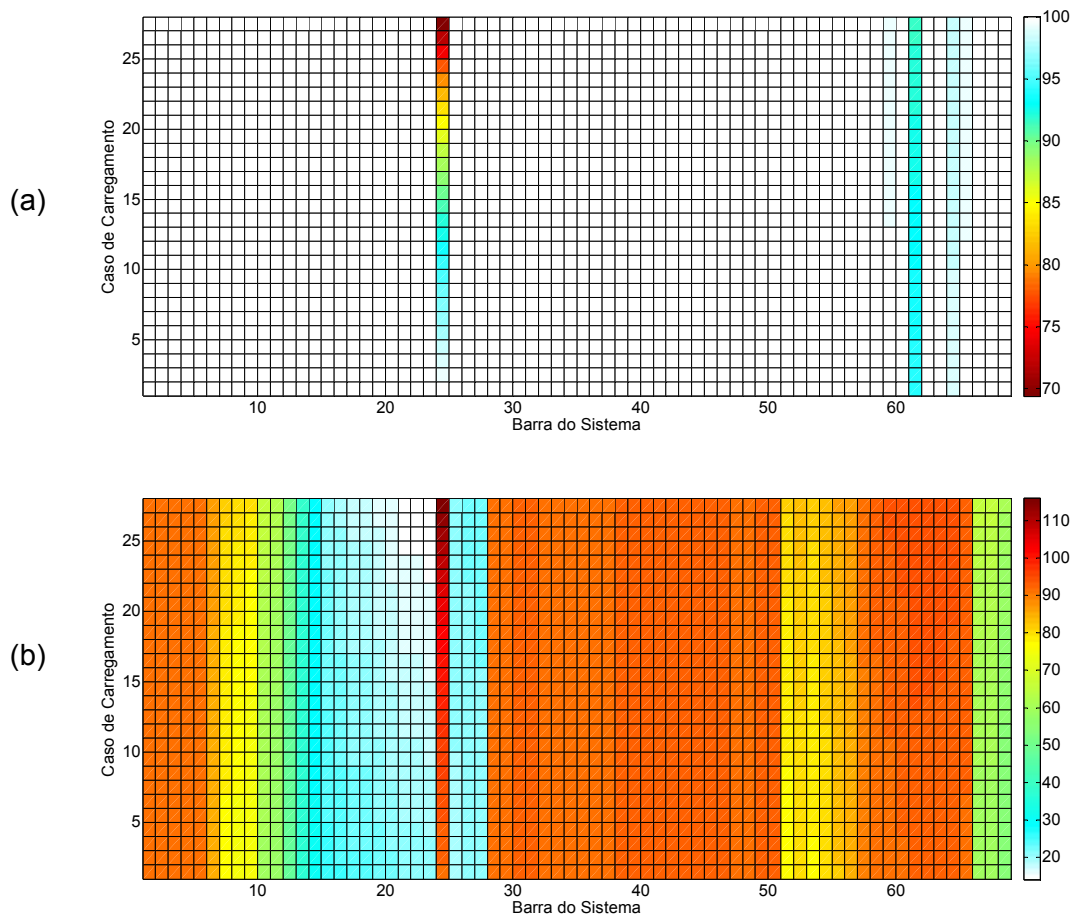


Figura 8.16 - (a) Margem de Potência e (b) Ângulo β por Barra e Caso de Carregamento

8.6

Conclusões

Utilizando-se o sistema-teste de 70 barras e o caso-base da Tabela 8.1, realizaram-se quatro simulações onde se inseria um gerador na barra 25. As duas primeiras foram realizadas com a carga do sistema constante, igual a do caso-base, e foram denominadas de 1S e 1C para designar se havia ou não controle de tensão por parte do gerador inserido, respectivamente. As duas restantes foram realizadas aplicando-se incrementos de carga a partir do caso-base e por sua vez foram designadas de 2S e 2C para distinguir a simulação sem controle e com controle de tensão, respectivamente. Na Tabela 8.3, encontra-se uma síntese dos resultados apresentados.

Os resultados para a Simulação 1S demonstram que ao final da simulação, onde a geração de potência ativa da barra 1 passa a ser negativa (Configuração 46), a

potência ativa injetada pelo gerador é de 4466 kW. No entanto, considerando-se pontos de operação onde não há violações na tensão, a geração de potência ativa seria limitada a 1000 kW (Configuração 11), o que representa 26% da demanda do sistema. Neste ponto de operação, as perdas de potência ativa são de 185,5 kW, redução de 9,3% com relação ao caso-base e representam 4,7% da potência ativa gerada pelo sistema.

Na Simulação 1C, não se conseguiu anular a geração de potência ativa da barra 1 devido ao aumento de perdas no sistema ser suprido pelo gerador desta barra. Obtiveram-se violações, por tensão baixa, a partir da Configuração 14. Neste ponto de operação obteve-se potência ativa gerada pela barra 25 de 1300 kW, 30% maior quando comparada com a Simulação 1S. Entretanto, as perdas para esta configuração foram de 746,7 kW (16,4% da potência ativa gerada no sistema), representando um aumento de 265% com relação ao caso-base e 303% (561,2 kW) com relação à Simulação 1S.

Demonstra-se na Simulação 2S a impossibilidade do gerador distribuído da barra 25 ser responsável pelo balanço de potência ativa do sistema com incrementos de carga maiores que 290,8 kW em pontos de operação sem violação na tensão (Caso 8). Neste ponto de operação as perdas ativas atingem 221 kW, representando um aumento de 8,1% com relação ao caso-base e 5,1% de toda a geração do sistema.

Na Simulação 2C, observou-se uma restrição ainda maior. Considerando-se os pontos de operação onde não há violação na tensão, a máxima potência ativa gerada pela barra 25 (Caso 6) é de 241,7 kW, 17% inferior a máxima geração obtida na Simulação 2S. As perdas, ao contrário, aumentaram para 252,3 kW, 14,2% superiores que na Simulação 2S. Portanto, o controle de tensão por parte do gerador distribuído se mostra inadequado para propiciar aumento da carga, nesta situação. Na Tabela 8.3 há uma síntese dos resultados referentes às simulações 2S e 2C.

Em todas as simulações anteriores, não foram encontrados problemas de estabilidade de tensão pela inspeção do índice margem de potência e do ângulo β . Percebe-se que a margem de potência da barra 25 piora, assim como o ângulo β , mas não se identifica algum ponto de operação na parte inferior da

curva para fator de potência constante no plano SV para pontos de operação pertencentes à região onde a tensão em regime permanente está dentro dos limites estabelecidos pelo operador do sistema.

Os pontos de operação onde foram detectados problemas de estabilidade de tensão possuíam barras com tensão fora dos limites estabelecidos de operação. A violação dos limites foi sempre a restrição técnica que surgiu primeiro.

Tabela 8.3 - Síntese dos Resultados das Simulações no Sistema-Teste de 70 Barras

Caso Base		Geração: Potência Ativa 4007,4kW Potência Reativa 2790,9 kvar Perdas: Potência Ativa 204,5 KW Potência Reativa 92,9 kvar	Lim. Tensão		Máximo	
			Barra 1	Barra 25	Barra 1	Barra 25
1	S	Geração de Potência Ativa [kW]	2.988,5	1.000,0	-0,9	4.466,0
		Geração de Potência Reativa [kvar]	2.779,3	0,0	2.934,9	0,0
	C	Geração de Potência Ativa [kW]	3.249,7	1.300,0	3.126,5	4.500,0
		Geração de Potência Reativa [kvar]	5.855,6	-2.866,4	11.243,5	-7.148,9
	S	Perdas de Potência Ativa do Sistema [kW] / %	185,5 kW / 4,7%		669,8 kW / 15%	
		Variação das Perdas de Potência Ativa com Relação ao Caso-Base	-9,3%		227,5%	
	C	Perdas de Potência Ativa do Sistema [kW] / %	746,7 / 16,4%		3.823,5 / 50,1%	
		Variação das Perdas de Potência Ativa com Relação ao Caso-Base	265,1%		1769,6%	
	S	Carga Complexa [MVA]	3,8030+j2,6980		3,8030+j2,6980	
	C	Carga Complexa [MVA]	3,8030+j2,6980		3,8030+j2,6980	

Caso Base		Geração: Potência Ativa 4007,4kW Potência Reativa 2790,9 kvar Perdas: Potência Ativa 204,5 KW Potência Reativa 92,9 kvar	Lim. Tensão		Máximo	
			Barra 1	Barra 25	Barra 1	Barra 25
2	S	Geração de Potência Ativa [kW]	4.007,5	290,8	4.007,5	37.326,3
		Geração de Potência Reativa [kvar]	2.993,1	0,0	20.450,3	0,0
	C	Geração de Potência Ativa [kW]	4.007,5	241,7	4.007,5	3.057,8
		Geração de Potência Reativa [kvar]	3.467,9	-519,4	9.395,7	-5.114,1
	S	Perdas de Potência Ativa do Sistema [kW] / %	221,0 kW / 5,1%		25549,7 / 61,8%	
		Variação das Perdas de Potência Ativa com Relação ao Caso-Base	8,1%		12393,4%	
	C	Perdas de Potência Ativa do Sistema [kW] / %	252,3 kW / 5,9%		2.199,4 kW / 31,1%	
		Variação das Perdas de Potência Ativa com Relação ao Caso-Base	23,3%		975,5%	
	S	Carga Complexa [MVA]	4,0773+j2,8926		15,7841+j11,1978	
	C	Carga Complexa [MVA]	3,9970+j2,8356		4,8658+j3,4520	