

5 Simulações e Resultados

5.2 Introdução

O método de alocação de demandas e perdas de potência reativa foi implementado computacionalmente em ambiente MATLAB®, versão 7.0.1. Para a obtenção dos dados de entrada, um programa de fluxo de carga implementado no mesmo ambiente foi utilizado, de maneira que não fosse perdida precisão nos valores de entrada (tensões complexas nodais).

Três estudos de caso são apresentados neste capítulo, utilizando os casos-base de três sistemas de potência: um sistema de cinco barras, extraído da literatura (Fernandez; Almeida, 2002), o sistema IEEE de 30 barras (IEEE-30), e o sistema IEEE de 118 barras (IEEE-118) (University Of Washington, 1999). Para estes três sistemas, são realizadas comparações entre o método proposto, denominado “Método de Alocação Via Fontes de Tensão” (MAFT), e o método *Modified Y-bus Matrix Method* (MYMM) (When-Chen Chu et al., 2004).

Para verificar o aspecto local da repartição das demandas, é realizado um estudo comparativo entre os resultados encontrados e as distâncias elétricas nodais (Lagonotte et al., 1989), das quais as deduções das formulações são apresentadas no Apêndice C. Adicionalmente, é apresentada uma análise das alocações de perdas.

Para analisar a sensibilidade dos métodos, para o sistema de cinco barras são efetuadas modificações no carregamento e tensões de barras geradoras, estudando-se os efeitos das alocações. Para o sistema de 30 barras, é estudado o efeito da inserção de uma fonte (capacitor) no sistema. Por fim, para o sistema de 118 barras é realizada a discussão das áreas de influência das fontes aplicando-se o método MAFT.

5.3 Exemplo I: Sistema de cinco Barras – Análises e Comparações

Com o objetivo de comparar os resultados com os obtidos em outro método, o mesmo caso estudado por Fernandez et al. (2002) é considerado neste item. A Figura 5.1 mostra

o diagrama unifilar correspondente, enquanto que os dados completos de barras e ramos de transmissão encontram-se no Apêndice D.

O estado do caso-base, assim como os fluxos e perdas nos ramos para o sistema analisado são apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente.

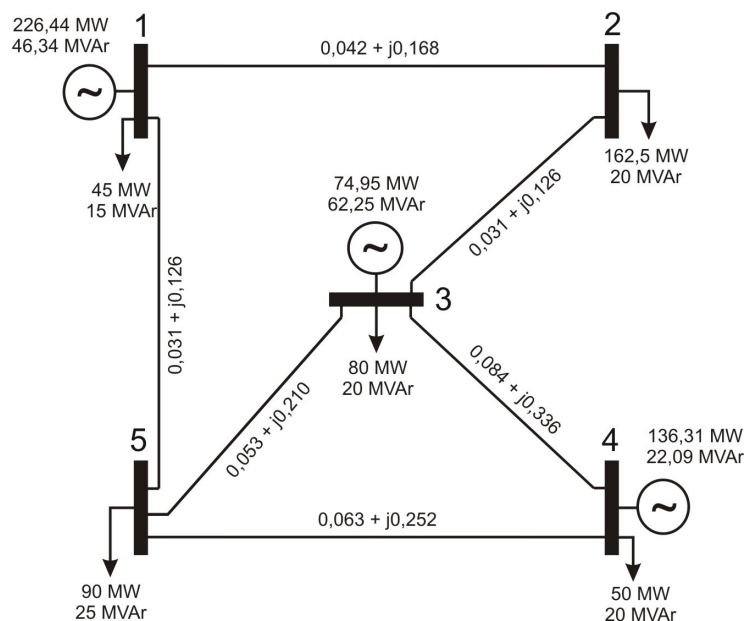


Figura 5.1 – Digrama Unifilar do Sistema de 5 Barras

Tabela 5.1 - Estado da Rede Para o Caso-Base

Barra Nº	Tensão		Geração		Carga	
	Mag (pu)	Ang (gr)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1,050	0,000	226,44	46,34	45,00	15,00
2	0,990	-10,167	-	-	162,50	20,00
3	1,033	-6,704	74,95	62,25	80,00	20,00
4	1,050	1,224	136,31	22,09	50,00	20,00
5	1,015	-4,332	-	-	90,00	25,00
TOTAL:			437,70	130,68	427,50	100,00

Tabela 5.2 - Fluxos de Potência e Perdas Nas Linhas de Transmissão Para o Caso-Base

Barra Inicial	Barra Final	De Barra		Para Barra		Perdas	
		P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	2	113,92	17,24	-108,84	-0,04	5,08	17,20
2	3	-53,66	-19,96	54,69	22,08	1,03	2,12
3	5	-17,32	12,47	17,55	-13,10	0,24	-0,64
3	4	-42,42	7,70	43,90	-3,11	1,47	4,59
5	4	-41,37	-2,19	42,42	5,20	1,05	3,02
5	1	-66,18	-9,71	67,53	14,10	1,34	4,39
				TOTAL		10,20	30,68

➤ **Alocação de Demandas de Potência Reativa**

A Tabela 5.3 apresenta os resultados das alocações de demandas de potência reativa entre os geradores das barras 1, 3 e 4, calculados pelos métodos MAFT e MYMM. Para efeito de verificação do aspecto locacional do consumo de potência reativa, são apresentadas na Tabela 5.4 as distâncias elétricas entre as barras de geração e cargas, calculadas pela expressão (C.7) (apêndice C). Estas distâncias são expressas em valores adimensionais que representam o acoplamento elétrico entre as barras do sistema, e consideram as características intrínsecas do ponto de operação que está sendo analisado.

Tabela 5.3 - Alocações de Demandas de Potência Reativa Para o Caso-Base

	Carga Total (MVar)	Suprido por G ₁ (MVar)		Suprido por G ₃ (MVar)		Suprido por G ₄ (MVar)	
		MYMM	MAFT	MYMM	MAFT	MYMM	MAFT
Carga 1	15,00	15,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carga 2	20,00	13,4650	8,6440	6,5345	11,3560	0,0000	0,0000
Carga 3	20,00	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000	0,0000	0,0000
Carga 4	20,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000
Carga 5	25,00	13,0750	11,9830	4,8593	7,0365	7,0661	5,9805
TOTAL	100,00	41,5400	35,6270	31,3938	38,3925	27,0661	25,9805

Tabela 5.4 - Distâncias Elétricas Nodais Para o Caso-Base

	Barra 1	Barra 3	Barra 4
Barra 1	0,0000	42,4050	44,6160
Barra 2	21,9790	21,4350	34,9930
Barra 3	42,4050	0,0000	43,1160
Barra 4	44,6160	43,1160	0,0000
Barra 5	21,6170	22,6600	23,0000

Comparando-se as tabelas 5.3 e 5.4, pode-se verificar coerência entre as alocações fornecidas pelo método MAFT e as distâncias elétricas nodais. Por exemplo, comparando-se o atendimento do gerador 1 às cargas 2 e 5, nota-se que a barra 5, que está mais próxima eletricamente, recebe uma maior contribuição. Em relação ao suprimento do gerador da barra 3, a coerência com as distâncias elétricas também é verificada, sendo que a maior parcela de contribuição é destinada à barra 2, que apresenta menor distância elétrica comparando-se com a barra 5. A participação do gerador da barra 4 no atendimento das demandas, por sua vez, limita-se ao atendimento de sua carga própria e a carga da barra 5. Teoricamente, a contribuição nula deste gerador para a carga 2 é justificada pela impossibilidade de o gerador 4 influenciar no controle de tensão da referida barra devido à presença do gerador 3 entre ambas (Figura 5.1).

Um aspecto relevante a ser levado em conta é que os montantes de potência reativa atribuídos para cada fonte (totalizações dos valores supridos) não correspondem aos valores de potência reativa gerada ou absorvida por cada máquina. Esta diferença é atribuída ao tratamento que é dado no método MAFT, no qual efetua um particionamento das demandas reativas de cada barra de carga entre os geradores, através das tensões provocadas por estes no sistema. No desenvolvimento algébrico das formulações de alocação, não se parte da potência gerada nas fontes, e sim da potência complexa consumida nas cargas. Logo, não necessariamente o total de contribuições de cada gerador é igual à sua potência reativa fornecida, obtida a partir da solução do fluxo de carga.

Em relação aos resultados obtidos pelo método MYMM, pode-se verificar que as alocações de demanda para o gerador 1 apresentam discrepâncias em relação aos resultados do método MAFT. Segundo os resultados de MYMM, a carga 2 recebe maior

parcela de contribuição que a carga 5, em contradição com as distâncias elétricas destas barras com o gerador em questão. Pode-se constatar também uma incoerência dos resultados do método MYMM com os parâmetros série dos ramos que ligam estas barras à barra 1, onde o ramo 1-2 apresenta resistência e reatância maiores que o ramo 1-5 ($Z_{1-2} = 0,042 + j0,168$ e $Z_{1-5} = 0,031 + j0,126$). Com isto, era de se esperar que a contribuição do gerador 1 para a carga 5 fosse maior que para a carga 2, fato constatado nos resultados do método MAFT.

Com relação ao suprimento do gerador 3, as alocações de ambos os métodos obedecem a uma certa coerência, embora pelo método MAFT, o gerador 3 apresenta maior contribuição no atendimento do conjunto de cargas. Isto se traduz em uma concordância com os valores de potência reativa gerada, que é maior para o gerador 3.

O suprimento do gerador 4 por sua vez, é destinado apenas à carga própria e à barra 5. Pelo método MAFT, entretanto, a parcela de contribuição para a barra 5 é menor. Este aspecto está de acordo com a distância elétrica desta barra de carga em relação às barras dos demais geradores, onde o gerador 4 está mais distante eletricamente. Pelo método MYMM, há uma contradição entre o suprimento dos geradores das barras 3 e 4 para a barra 5, em que a contribuição do gerador 3 é menor que a contribuição do gerador 4, logo trata-se de uma incoerência na alocação deste método.

Com base nas observações feitas através da comparação dos dois métodos, pode-se dizer que o método MAFT apresenta alocações mais justas, pois leva em conta os parâmetros da rede de transmissão e prioriza como maior fonte contribuinte aquela que apresenta maior potência reativa gerada, neste caso a barra 3. O aspecto locacional da repartição é verificado, visto que uma carga mais próxima eletricamente a uma fonte tende a ser mais beneficiada pelo suporte de potência reativa, o que é constatado na tabela 5.3.

Para ilustrar as comparações entre os dois métodos, as Figuras 5.2 e 5.3 apresentam graficamente as diferenças entre os resultados:

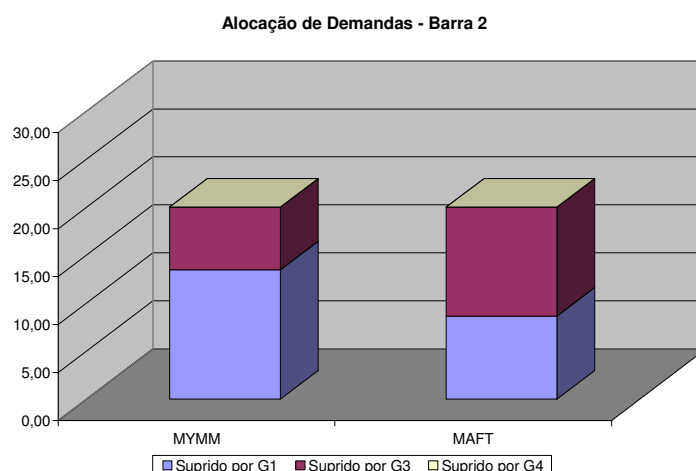


Figura 5.2 – Contribuições das Fontes Para a Barra 2 no Caso-Base

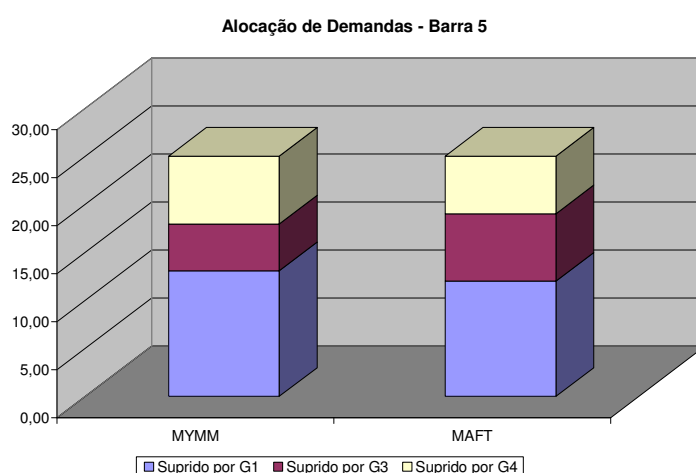


Figura 5.3 – Contribuições das Fontes Para a Barra 5 no Caso-Base

➤ ***Alocação de Perdas Reativas***

Como descrito no capítulo 4, neste trabalho é proposta complementarmente um método de repartição das perdas reativas. A expressão (4.40), pela qual se calcula as contribuições de cada fonte para as perdas de potência reativa em cada ramo é então utilizada para apresentação destes resultados. Na Tabela 5.5 são mostradas as contribuições das fontes para as perdas reativas nos ramos. Adicionalmente, são apresentadas as correntes parciais nos ramos, calculadas a partir das tensões nodais parciais, e dos elementos série e shunt.

Tabela 5.5 – Alocação de Perdas Reativas e Correntes na Rede de Transmissão Para o Caso - Base

	De	Para	Suprido por G_1		Suprido por G_3		Suprido por G_4		TOTAL	
Perdas Reativas (Mvar)	1	2	28,76		-11,56		0,00		17,20	
	2	3	-14,91		17,03		0,00		2,12	
	3	5	-3,69		4,78		-1,73		-0,64	
	3	4	0,00		-2,77		7,36		4,59	
	5	4	-6,14		-2,40		11,55		3,02	
	5	1	16,44		-5,45		-6,60		4,39	
	TOTAL		20,46		-0,36		10,58		30,68	
	De	Para	I_{ik}		I_{ki}		I_{ik}		I_{ki}	
Correntes (p.u.)	1	2	1.1347 - 3.4135j	-1.134 + 3.4356j	-0.0498 + 3.2493j	0.0517 - 3.2411j	0 + 0j	0 + 0j	1.0849 - 0.1642j	-1.0823 + 0.1945j
	2	3	0.4365 - 3.2713j	-0.436 + 3.2755j	-0.9345 + 3.5655j	0.937 - 3.5497j	0 + 0j	0 + 0j	-0.4981 + 0.2942j	0.501 - 0.2742j
	3	5	-0.4397 + 2.2044j	0.4399 - 2.2008j	0.5063 - 3.4001j	-0.5051 + 3.4099j	-0.2472 + 1.0953j	0.2473 - 1.0935j	-0.1806 - 0.1003j	0.1821 + 0.1156j
	3	4	0 + 0j	0 + 0j	0.3812 - 2.9509j	-0.3805 + 2.9571j	-0.7979 + 2.9248j	0.7978 - 2.9185j	-0.4167 - 0.0261j	0.4173 + 0.0386j
	5	4	0.3627 - 1.8362j	-0.3625 + 1.8389j	0.0925 - 1.0989j	-0.0922 + 1.1004j	-0.8598 + 2.9873j	0.8597 - 2.9802j	-0.4046 + 0.0522j	0.4049 - 0.0409j
	5	1	-1.2211 + 4.1763j	1.2212 - 4.1686j	0.1766 - 2.2021j	-0.1764 + 2.2036j	0.4018 - 1.8295j	-0.4017 + 1.8307j	-0.6427 + 0.1446j	0.6431 - 0.1343j

Os resultados refletem basicamente os efeitos de tensão que cada gerador exerce nas barras terminais dos ramos, ocasionando alocações positivas e negativas de perdas para os geradores. A seguir é realizada uma análise em cada ramo sobre a influência das fontes:

- Ramo 1-2: O gerador G_1 contribui majoritariamente para as perdas, estando de acordo com o fluxo de potência reativa do caso-base (vide tabela 5.2). G_3 apresenta alocação negativa, indicando que no seu respectivo cenário, o sentido das correntes está contrário ao verificado no caso-base. G_4 não influencia nas perdas, pois não estabelece tensões nas barras terminais do ramo;
- Ramo 2-3: G_1 apresenta alocação negativa, indicando uma contribuição para a redução das perdas no ramo, também estando de acordo com o fluxo de potência neste ramo no caso base e o sentido da corrente no cenário em que apenas G_1 atua. G_3 é o maior responsável pelas perdas, o que sugere sua maior influência no atendimento das necessidades reativas do ramo, estando de acordo com o

resultado do fluxo de carga. G_4 apresenta contribuição nula para as perdas, por não influenciar nas tensões das barras terminais do ramo;

- Ramo 3-5: Comportamento semelhante ao ramo 2-3, embora G_4 passe a contribuir para a redução das perdas;
- Ramo 3-4: G_1 não contribui para as perdas, enquanto que G_3 apresenta contribuição negativa. Isto se deve ao sentido de corrente no ramo 3-4 estabelecido neste cenário, que é contrário ao sentido da corrente no caso-base. G_4 contribui positivamente para as perdas, tendo em vista que neste ramo a corrente de seu cenário tem o mesmo sentido que a corrente do caso-base.
- Ramo 5-4: G_1 e G_3 contribuem negativamente estando de acordo com os fluxos de potência. G_4 é responsável pela maioria das perdas, coerentemente com o caso – base;
- Ramo 5-1: G_1 é o responsável pela maioria das perdas, enquanto que G_3 e G_4 tendem a reduzi-las.

De acordo com as observações descritas anteriormente, pode-se constatar que a partição das perdas entre os geradores se dá de forma coerente pelo método, podendo ser avaliada como justa. No geral, também é verificada a maior contribuição do gerador 1 nas perdas reativas do sistema, correspondendo a 66% do total.

5.3.1 Análise de Desempenho do Método Frente a Alterações no Ponto de Operação

A sensibilidade das alocações de perdas e demandas frente a alterações no carregamento do sistema e na tensão das barras geradoras é avaliada nesta subseção. Com intuito de comparar a evolução dos resultados com o método MYMM, são estudados dois casos distintos. No primeiro, são efetuadas modificações na carga de uma barra do sistema, ao passo que no segundo, a tensão de uma barra geradora é modificada.

Os casos analisados são:

- Caso 1: Acréscimo e diminuição de 50% na demanda da barra 5;

- Caso 2: Acréscimo e diminuição na tensão da barra 3 para 1,05 p.u. e 1,00 p.u. respectivamente;

5.3.1.1 Caso 1: Alterações no carregamento

Nas tabelas 5.6 e 5.7 são apresentados os dados de barra e fluxos de potência nos ramos para um aumento em 50% na demanda da barra 5, enquanto que nas tabelas 5.8 e 5.9 são apresentados os respectivos valores para uma diminuição de 50% da demanda da mesma barra.

Tabela 5.6 – Dados de Barra com Acréscimo de 50% na Demanda da Barra 5

Barra Nº	Tensão		Geração		Carga	
	Mag (pu)	Ang (gr)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1,050	0,000	274,07	54,77	45,00	15,00
2	0,989	-11,199	-	-	162,50	20,00
3	1,033	-8,497	74,95	70,23	80,00	20,00
4	1,050	-1,034	136,31	28,84	50,00	20,00
5	0,999	-6,809	-	-	135,00	37,50
	TOTAL		485,33	153,84	472,50	112,50

Tabela 5.7 – Fluxos e Perdas Nos Ramos com Acréscimo de 50% na Demanda da Barra 5

Barra Inicial	Barra Final	De Barra		Para Barra		Perdas	
		P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	2	124,74	17,31	-118,68	3,83	6,07	21,14
2	3	-43,82	-23,83	44,60	24,94	0,77	1,11
3	5	-9,58	18,54	9,82	-19,17	0,23	-0,63
3	4	-40,06	6,76	41,37	-2,83	1,31	3,93
5	4	-43,70	-7,87	44,94	11,68	1,24	3,81
5	1	-101,12	-10,47	104,32	22,46	3,21	11,99
		TOTAL				12,83	41,34

Tabela 5.8 – Dados de Barra com Decréscimo de 50% na Demanda da Barra 5

Barra Nº	Tensão		Geração		Carga	
	Mag (pu)	Ang (gr)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1,050	0,000	179,99	40,86	45,00	15,00
2	0,991	-9,181	-	-	162,50	20,00
3	1,033	-4,986	74,95	55,43	80,00	20,00
4	1,050	3,392	136,31	15,97	50,00	20,00
5	1,031	-1,950	-	-	45,00	12,50
	TOTAL		391,25	112,26	382,50	87,50

Tabela 5.9 – Fluxos e Perdas Nos Ramos com Decréscimo de 50% na Demanda da Barra 5

Barra Inicial	Barra Final	De Barra		Para Barra		Perdas	
		P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	2	103,58	17,50	-99,35	-3,72	4,23	13,78
2	3	-63,15	-16,28	64,49	19,65	1,33	3,37
3	5	-24,84	7,15	25,17	-7,40	0,34	-0,26
3	4	-44,70	8,63	46,34	-3,37	1,64	5,27
5	4	-39,06	3,12	39,97	-0,66	0,91	2,46
5	1	-31,12	-8,22	31,42	8,36	0,30	0,14
		TOTAL				8,75	24,76

➤ Alocação de Demandas

Nas tabelas 5.10 e 5.11 são apresentados os resultados das alocações das demandas de potência reativa para as barras de geração. Para efeito de comparações, na Tabela 5.12 são apresentadas as distâncias elétricas nodais para os casos simulados.

Tabela 5.10 – Comparações das Alocações de Demandas para Aumento de 50% na Demanda da Barra 5

	Carga Total (MVar)	Suprido por G ₁ (MVar)		Suprido por G ₃ (MVar)		Suprido por G ₄ (MVar)	
		MYMM	MAFT	MYMM	MAFT	MYMM	MAFT
Carga 1	15,00	15,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carga 2	20,00	14,7160	8,6411	5,2841	11,3590	0,0000	0,0000
Carga 3	20,00	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000	0,0000	0,0000
Carga 4	20,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000
Carga 5	37,50	20,7890	17,9710	6,7835	10,5470	9,9272	8,9820
TOTAL	112,50	50,5050	41,6121	32,0676	41,9060	29,9272	28,9820

Tabela 5.11 – Comparações das Alocações de Demandas para Diminuição de 50% na Demanda da Barra 5

	Carga Total (MVar)	Suprido por G ₁ (MVar)		Suprido por G ₃ (MVar)		Suprido por G ₄ (MVar)	
		MYMM	MAFT	MYMM	MAFT	MYMM	MAFT
Carga 1	15,00	15,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carga 2	20,00	12,2680	8,6461	7,7317	11,3540	0,0000	0,0000
Carga 3	20,00	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000	0,0000	0,0000
Carga 4	20,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000
Carga 5	12,50	6,1609	5,9926	2,5912	3,5213	3,7479	2,9861
TOTAL	87,50	33,4289	29,6387	30,3229	34,8753	23,7479	22,9861

Tabela 5.12 – Distâncias Elétricas Nodais para Acréscimo e Redução de 50% na Demanda da Barra 5

	Barra 1		Barra 3		Barra 4	
	+ 50%	- 50%	+ 50%	- 50%	+ 50%	- 50%
Barra 1	0,0000	0,0000	42,4050	42,4150	44,6160	44,6440
Barra 2	21,9790	21,9880	21,4350	21,4350	34,9930	35,7590
Barra 3	42,4050	42,4150	0,0000	0,0000	43,1160	43,1220
Barra 4	44,6160	44,6440	43,1160	43,1220	0,0000	0,0000
Barra 5	21,6170	21,6340	22,6600	22,6690	23,0000	23,0100

Graficamente, as evoluções das alocações das demandas pelos dois métodos citados são apresentadas nas figuras 5.4 e 5.5.

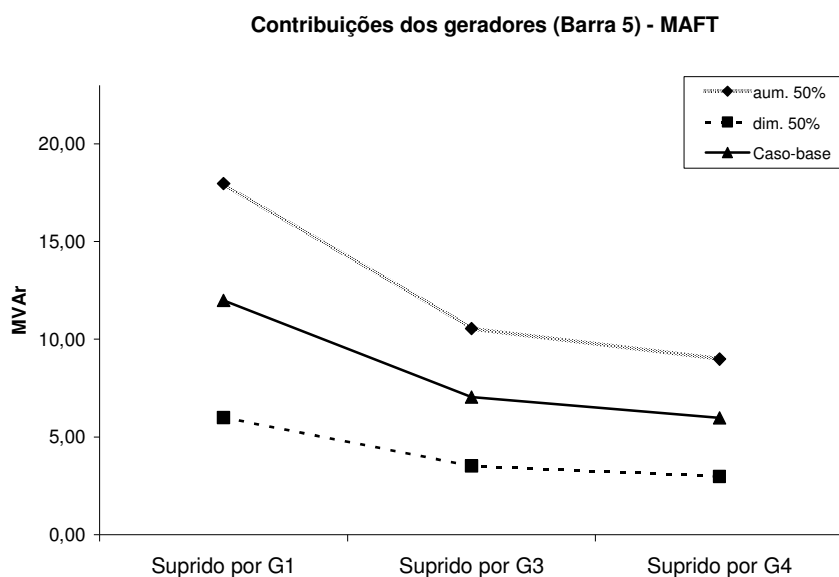


Figura 5.4 - Evolução das Contribuições dos Geradores pelo Método MAFT Frente à Variação no Carregamento

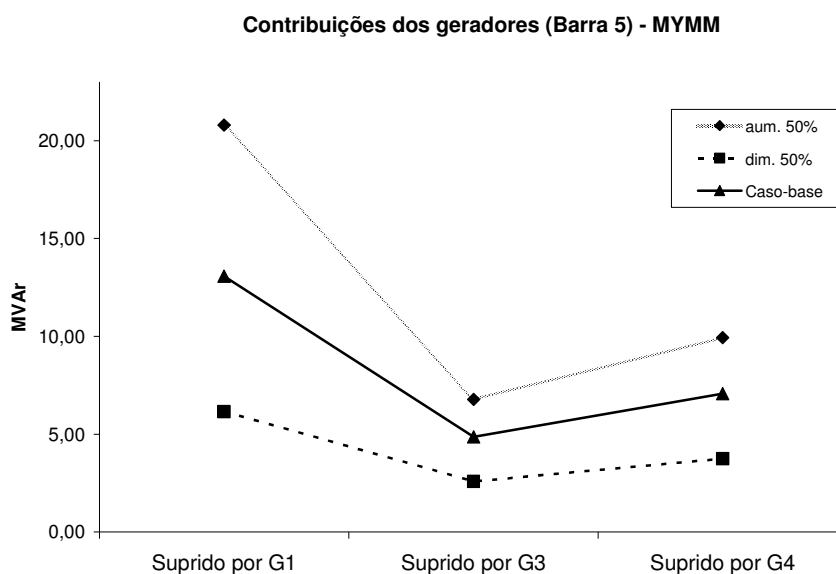


Figura 5.5 - Evolução das Contribuições dos Geradores pelo Método MYMM Frente à Variação no Carregamento

A modificação no carregamento implica diretamente na alteração das tensões nodais. Como consequência, as alocações de demandas também sofrem importantes modificações em relação ao caso-base. Uma observação a ser feita é que os resultados do método MYMM sofrem maior influência em relação ao método MAFT. Isto pode ser verificado observando-se as alocações para a barra 2, que não tem sua carga alterada neste caso. Pelo método MAFT, as alocações praticamente não sofrem alterações em relação ao caso-base. Entretanto, pelo método MYMM as alocações para todas as barras de carga são alteradas (Tabelas 5.3, 5.10 e 5.11).

Tal aspecto pode ser considerado uma vantagem do método MAFT sobre o método MYMM, pois não é de interesse que uma modificação pontual de demanda implique em redistribuição de custos para barras que não estejam envolvidas.

Em relação à alocação das demandas para a barra 5, pelas figuras 5.4 e 5.5, observa-se a tendência do método MAFT em alocar o incremento de demanda de maneira uniforme entre os geradores. Em contrapartida, pelo método MYMM, o incremento de demanda recai principalmente sobre o gerador 1, indicando um resultado razoável deste método, visto que o gerador 1 encontra-se mais próximo eletricamente da barra 5.

A comparação dos resultados com as distâncias elétricas (Tabela 5.12) mostra que ainda existe incoerência na alocação do gerador 3 para as barras 2 e 5 calculada pelo método MYMM, no cenário de carga pesada. Observa-se que a barra mais distante eletricamente (barra 5) recebe maior contribuição em relação à barra mais próxima (barra 2). Por outro lado, pelo método MAFT não se verificam incoerências com a distância elétrica.

➤ **Alocação de Perdas**

A seguir, são apresentadas as tabelas referentes à alocação das perdas reativas para os casos descritos:

Tabela 5.13 – Alocação de Perdas Reativas para um Aumento de 50% na Demanda da Barra 5

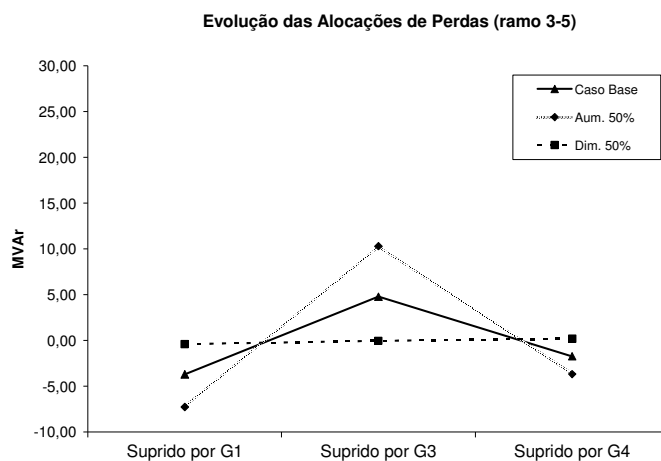
	De	Para	Suprido por G_1		Suprido por G_3		Suprido por G_4		TOTAL	
Perdas Reativas (Mvar)	1	2	30,78		-9,64		0,00		21,14	
	2	3	-15,47		16,58		0,00		1,11	
	3	5	-7,26		10,30		-3,67		-0,63	
	3	4	0,00		-3,10		7,03		3,93	
	5	4	-9,31		-3,89		17,01		3,81	
	5	1	27,42		-6,79		-8,64		11,99	
	TOTAL		26,16		3,46		11,72		41,34	
	De	Para	I_{ik}		I_{ki}		I_{ik}		I_{ki}	
Correntes (p.u.)	1	2	1.1354 - 3.4137j	-1.1347 + 3.4358j	0.0527 + 3.2488j	-0.0505 - 3.2407j	0 + 0j	0 + 0j	1.188 - 0.1649j	-1.1852 + 0.1952j
	2	3	0.4356 - 3.271j	-0.4351 + 3.2752j	-0.8236 + 3.5935j	0.8266 - 3.5779j	0 + 0j	0 + 0j	-0.388 + 0.3225j	0.3915 - 0.3026j
	3	5	-0.3783 + 2.1792j	0.3786 - 2.1756j	0.4334 - 3.4341j	-0.4318 + 3.4439j	-0.1734 + 1.0912j	0.1736 - 1.0894j	-0.1183 - 0.1638j	0.1203 + 0.1789j
	3	4	0 + 0j	0 + 0j	0.2887 - 2.9614j	-0.2878 + 2.9675j	-0.6821 + 2.954j	0.6822 - 2.9477j	-0.3934 - 0.0074j	0.3944 + 0.0199j
	5	4	0.3116 - 1.8151j	-0.3114 + 1.8177j	0.03 - 1.0846j	-0.0297 + 1.0861j	-0.7668 + 3.0298j	0.767 - 3.0227j	-0.4252 + 0.1301j	0.4259 - 0.1189j
	5	1	-1.3233 + 4.219j	1.3235 - 4.2114j	0.0517 - 2.1731j	-0.0514 + 2.1745j	0.2787 - 1.8218j	-0.2786 + 1.823j	-0.993 + 0.2241j	0.9936 - 0.2139j

Tabela 5.14 – Alocação de Perdas Reativas para Uma Diminuição de 50% na Demanda da barra 5

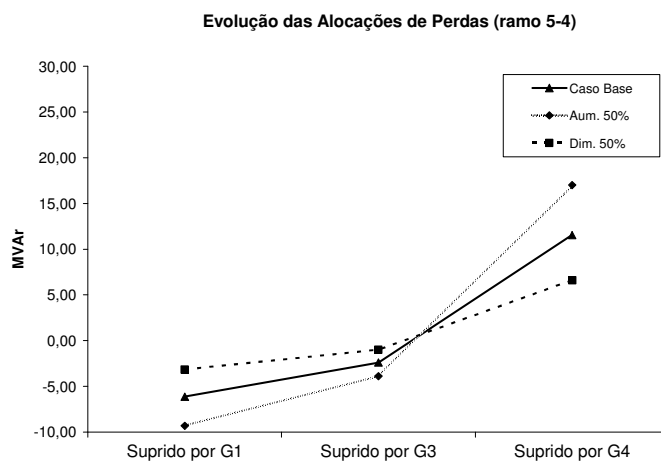
	De	Para	Suprido por G_1		Suprido por G_3		Suprido por G_4		TOTAL	
Perdas Reativas (Mvar)	1	2	27,02		-13,24		0,00		13,78	
	2	3	-14,24		17,62		0,00		3,37	
	3	5	-0,40		-0,03		0,18		-0,26	
	3	4	0,00		-2,43		7,70		5,27	
	5	4	-3,15		-0,99		6,61		2,46	
	5	1	7,84		-3,66		-4,05		0,14	
	TOTAL		17,06		-2,73		10,43		24,76	
	De	Para	I_{ik}	I_{ki}	I_{ik}	I_{ki}	I_{ik}	I_{ki}	$I_{ik \text{ total}}$	$I_{ki \text{ total}}$
Correntes (p.u.)	1	2	1.1342 - 3.4133j	-1.1335 + 3.4354j	-0.1478 + 3.2466j	0.1495 - 3.2383j	0 + 0j	0 + 0j	0.9864 - 0.1667j	-0.9841 + 0.1971j
	2	3	0.4371 - 3.2715j	-0.4367 + 3.2758j	-1.0402 + 3.5355j	1.0422 - 3.5196j	0 + 0j	0 + 0j	-0.6031 + 0.2639j	0.6056 - 0.2439j
	3	5	-0.5001 + 2.2259j	0.5002 - 2.2222j	0.5737 - 3.3679j	-0.5728 + 3.3778j	-0.3192 + 1.094j	0.3192 - 1.0921j	-0.2456 - 0.048j	0.2465 + 0.0635j
	3	4	0 + 0j	0 + 0j	0.4695 - 2.9382j	-0.469 + 2.9443j	-0.908 + 2.8925j	0.9077 - 2.8862j	-0.4385 - 0.0457j	0.4387 + 0.0581j
	5	4	0.4129 - 1.8541j	-0.4128 + 1.8569j	0.154 - 1.1085j	-0.1538 + 1.1101j	-0.9466 + 2.9453j	0.9462 - 2.9382j	-0.3798 - 0.0174j	0.3796 + 0.0288j
	5	1	-1.1207 + 4.1399j	1.1208 - 4.1322j	0.2998 - 2.222j	-0.2997 + 2.2234j	0.5219 - 1.828j	-0.5219 + 1.8292j	-0.299 + 0.09j	0.2992 - 0.0796j

De acordo com os resultados dispostos nas tabelas 5.13 e 5.14, em relação às alocações de perdas reativas do caso-base (Tabela 5.5), pode-se observar que as contribuições dos geradores 1 e 4 acompanham a variação de carga imposta em cada caso. Por outro lado, o gerador 3 passa a participar para o aumento das perdas no caso de carga pesada. Isto reflete o aumento da injeção de potência deste gerador no caso citado, que é verificado no resultado do fluxo de carga.

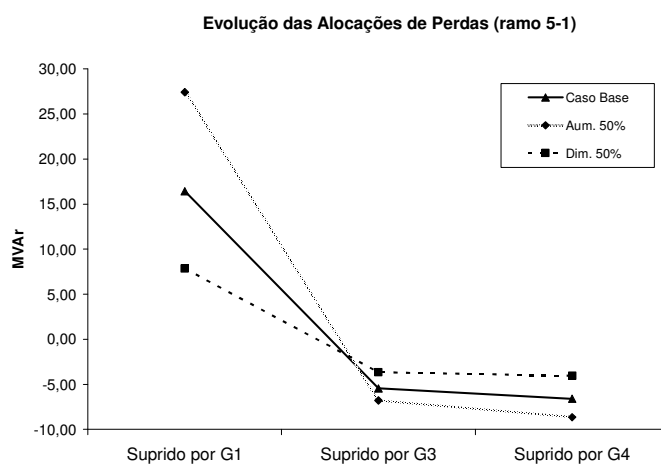
Para visualizar a evolução das alocações das perdas reativas nos ramos que alimentam diretamente a carga da barra 5, são apresentados a seguir os gráficos da Figura 5.6.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.6 – Evolução das Alocações de Perdas Relativas.

Na Figura 5.6 (a), observa-se uma maior participação do gerador 3 no ajuste do atendimento as perdas incrementais do ramo 3-5. O gerador 4, por sua vez, apresenta maior influência na participação das perdas do ramo 5-4, como se verifica na Figura 5.5 (b). De maneira geral, este gerador apresenta menor variação de contribuição com as alterações no carregamento, como se pode verificar na Figura 5.7.

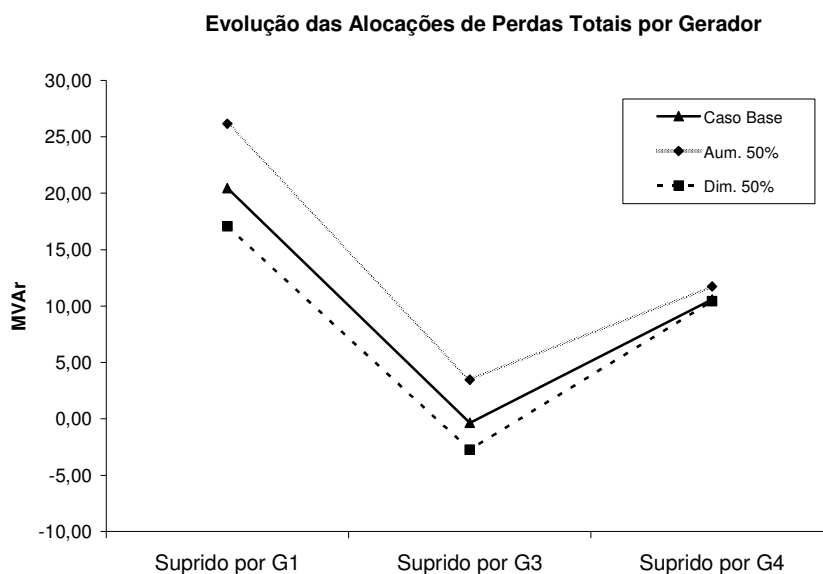


Figura 5.7 – Evolução da Alocação de Perdas Reativas Globais por Gerador.

5.3.1.2 Caso II: Alterações no Perfil de Tensão

Neste caso, é avaliado o efeito da variação da tensão da barra de geração 3 nas alocações de demandas de potência reativa. São estabelecidas as tensões de 1,05 p.u. e 1,00 p.u. para as comparações com o caso-base. Nas tabelas 5.14 a 5.18, é apresentado o estado da rede com estas modificações:

Tabela 5.15 – Estado da Rede para $V_3 = 1,050$ p.u.

Barra Nº	Tensão		Geração		Carga	
	Mag (pu)	Ang (gr)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1,050	0,000	226,52	35,80	45,00	15,00
2	1,000	-10,186	0,00	0,00	162,50	20,00
3	1,050	-6,907	74,95	80,29	80,00	20,00
4	1,050	1,164	136,31	14,74	50,00	20,00
5	1,020	-4,402	0,00	0,00	90,00	25,00
	TOTAL:		437,78	130,83	427,50	100,00

Tabela 5.16 – Fluxos de Potência para $V_3 = 1,050$ p.u.

Barra Inicial	Barra Final	De Barra		Para Barra		Perdas	
		P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	2	113,68	10,88	-108,70	5,90	4,98	16,78
2	3	-53,80	-25,90	54,89	28,22	1,09	2,32
3	5	-17,34	18,83	17,67	-19,13	0,33	-0,30
3	4	-42,60	13,24	44,13	-8,44	1,53	4,80
5	4	-41,16	-0,26	42,18	3,18	1,03	2,92
5	1	-66,51	-5,61	67,84	9,92	1,32	4,31
		TOTAL:		TOTAL		10,28	30,83

Tabela 5.17 – Estado da Rede para $V_3 = 1,0$ p.u.

Barra Nº	Tensão		Geração		Carga	
	Mag (pu)	Ang (gr)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1,050	0,000	226,72	66,10	45,00	15,00
2	0,970	-10,153	0,00	0,00	162,50	20,00
3	1,000	-6,337	74,95	30,08	80,00	20,00
4	1,050	1,317	136,31	35,88	50,00	20,00
5	1,006	-4,214	0,00	0,00	90,00	25,00
	TOTAL:		437,98	132,05	427,50	100,00

Tabela 5.18 – Fluxos de Potência para $V_3 = 1,0$ p.u.

Barra Inicial	Barra Final	De Barra		Para Barra		Perdas	
		P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	2	114,58	29,18	-109,22	-10,79	5,36	18,39
2	3	-53,28	-9,21	54,24	11,16	0,96	1,95
3	5	-17,27	1,11	17,43	-1,99	0,16	-0,88
3	4	-42,02	-2,19	43,50	6,87	1,49	4,68
5	4	-41,71	-5,77	42,81	9,00	1,10	3,24
5	1	-65,72	-17,25	67,13	21,92	1,41	4,67
				TOTAL		10,48	32,05

➤ **Alocação de Demandas**

A seguir é apresentado um estudo comparativo das evoluções das alocações de demandas de potência reativas pelas entre os métodos MAFT e MYMM. Nas Tabelas 5.19 e 5.20 estão os resultados destas alocações para os métodos mencionados:

Tabela 5.19 – Comparações de Alocações de Demanda para $V_3 = 1,05$ p.u.

	Carga Total (MVar)	Suprido por G_1 (MVar)		Suprido por G_3 (MVar)		Suprido por G_4 (MVar)	
		MYMM	MAFT	MYMM	MAFT	MYMM	MAFT
Carga 1	15,00	15,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carga 2	20,00	13,5130	8,5614	6,4870	11,4390	0,0000	0,0000
Carga 3	20,00	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000	0,0000	0,0000
Carga 4	20,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000
Carga 5	25,00	13,0850	11,9270	4,8689	7,1207	7,0465	5,9524
TOTAL	100,00	41,5980	35,4884	31,3559	38,5597	27,0465	25,9524

Tabela 5.20 – Comparações de Alocações de Demanda para $V_3 = 1,00$ p.u.

	Carga Total (MVar)	Suprido por G_1 (MVar)		Suprido por G_3 (MVar)		Suprido por G_4 (MVar)	
		MYMM	MAFT	MYMM	MAFT	MYMM	MAFT
Carga 1	15,00	15,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carga 2	20,00	13,3860	8,8028	6,6138	11,1970	0,0000	0,0000
Carga 3	20,00	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000	0,0000	0,0000
Carga 4	20,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	20,0000	20,0000
Carga 5	25,00	13,0630	12,0900	4,8358	6,8766	7,1008	6,0336
TOTAL	100,00	41,4490	35,8928	31,4496	38,0736	27,1008	26,0336

De acordo com os resultados apresentados, as contribuições dos geradores para o atendimento das cargas não sofrem modificações expressivas com as alterações do perfil de tensão. Isto é verificado para ambos os métodos.

➤ **Alocação de Perdas**

A seguir, são apresentadas as tabelas referentes à alocação das perdas reativas para os casos descritos:

Tabela 5.21 – Alocação de Perdas Reativas para $V_3 = 1,05$ p.u.

	De	Para	Suprido por G_1		Suprido por G_3		Suprido por G_4		TOTAL	
Perdas Reativas (Mvar)	1	2	25,11		-8,33		0,00		16,78	
	2	3	-17,19		19,52		0,00		2,32	
	3	5	-6,33		9,07		-3,04		-0,30	
	3	4	0,00		2,40		2,40		4,80	
	5	4	-5,25		-1,87		10,04		2,92	
	5	1	14,37		-4,37		-5,69		4,31	
	TOTAL		10,71		16,42		3,71		30,83	
	De	Para	I_{ik}	I_{ki}	I_{ik}	I_{ki}	I_{ik}	I_{ki}	$I_{ik \text{ total}}$	$I_{ki \text{ total}}$
Correntes (p.u.)	1	2	1.1289 - 3.4114j	-1.1283 + 3.4336j	-0.0462 + 3.3078j	0.0482 - 3.2995j	0 + 0j	0 + 0j	1.0827 - 0.1036j	-1.0801 + 0.1341j
	2	3	0.4442 - 3.274j	-0.4437 + 3.2783j	-0.9277 + 3.624j	0.9303 - 3.608j	0 + 0j	0 + 0j	-0.4836 + 0.35j	0.4866 - 0.3297j
	3	5	-0.4409 + 2.2049j	0.4411 - 2.2012j	0.502 - 3.4588j	-0.5007 + 3.4688j	-0.2467 + 1.0958j	0.2467 - 1.094j	-0.1855 - 0.1582j	0.1871 + 0.1736j
	3	4	0 + 0j	0 + 0j	0.377 - 3.002j	-0.3763 + 3.0083j	-0.7949 + 2.9256j	0.7948 - 2.9193j	-0.4179 - 0.0764j	0.4185 + 0.0889j
	5	4	0.3636 - 1.8366j	-0.3635 + 1.8392j	0.0906 - 1.118j	-0.0904 + 1.1196j	-0.8562 + 2.988j	0.8561 - 2.9809j	-0.402 + 0.0335j	0.4023 - 0.0221j
	5	1	-1.2193 + 4.1755j	1.2194 - 4.1679j	0.1728 - 2.2404j	-0.1725 + 2.2419j	0.4008 - 1.8303j	-0.4008 + 1.8315j	-0.6457 + 0.1048j	0.6461 - 0.0945j

Tabela 5.22 – Alocação de Perdas Reativas para $V_3 = 1,00$ p.u.

	De	Para	Suprido por G_1		Suprido por G_3		Suprido por G_4		TOTAL	
Perdas Reativas (Mvar)	1	2	35,68		-17,28		0,00		18,39	
	2	3	-10,65		12,60		0,00		1,95	
	3	5	1,26		-2,87		0,73		-0,88	
	3	4	0,00		-11,99		16,67		4,68	
	5	4	-7,80		-3,34		14,37		3,24	
	5	1	20,33		-7,36		-8,30		4,67	
	TOTAL		38,81		-30,23		23,47		32,05	
	De	Para	I_{ik}	I_{ki}	I_{ik}	I_{ki}	I_{ik}	I_{ki}	$I_{ik\ total}$	$I_{ki\ total}$
Correntes (p.u.)	1	2	1.146 - 3.4175j	-1.1453 + 3.4396j	-0.0547 + 3.1396j	0.0566 - 3.1316j	0 + 0j	0 + 0j	1.0913 - 0.2779j	-1.0887 + 0.308j
	2	3	0.4214 - 3.2658j	-0.421 + 3.2701j	-0.9454 + 3.4561j	0.9477 - 3.4408j	0 + 0j	0 + 0j	-0.5239 + 0.1903j	0.5268 - 0.1708j
	3	5	-0.4376 + 2.2036j	0.4378 - 2.2j	0.5127 - 3.2901j	-0.5115 + 3.2996j	-0.2479 + 1.0945j	0.248 - 1.0927j	-0.1729 + 0.008j	0.1742 + 0.0069j
	3	4	0 + 0j	0 + 0j	0.3875 - 2.8553j	-0.3868 + 2.8613j	-0.8027 + 2.9235j	0.8026 - 2.9172j	-0.4152 + 0.0682j	0.4157 - 0.0559j
	5	4	0.3609 - 1.8355j	-0.3607 + 1.8382j	0.0954 - 1.0631j	-0.0952 + 1.0646j	-0.8656 + 2.9862j	0.8655 - 2.9791j	-0.4093 + 0.0876j	0.4095 - 0.0764j
	5	1	-1.2247 + 4.1777j	1.2248 - 4.17j	0.1828 - 2.1305j	-0.1826 + 2.1318j	0.4029 - 1.8282j	-0.4029 + 1.8294j	-0.639 + 0.219j	0.6394 - 0.2087j

De acordo com os resultados das tabelas 5.21 e 5.22, em relação às alocações de perdas reativas do caso-base (Tabela 5.5), pode-se observar que as contribuições do gerador 3 acompanham a variação de sua tensão, ou seja, este passa a contribuir mais para as perdas quando sua tensão é aumentada, enquanto que contribui menos quando sua tensão é diminuída. Tal fenômeno é fisicamente explicado pela proporcionalidade entre as perdas e o quadrado da queda de tensão nos ramos. As modificações nas alocações das demais fontes estão vinculadas ao novo perfil de tensões estabelecido com a alteração na tensão da barra 3.

5.4 Exemplo II: Sistema IEEE - 30 – Análises e Comparações

A aplicação do método de alocação ao sistema IEEE 30 barras é apresentada neste exemplo, de modo que os dados de entrada adaptados para este trabalho estão no apêndice E. Na Figura 5.8 é apresentado o diagrama unifilar simplificado deste sistema:

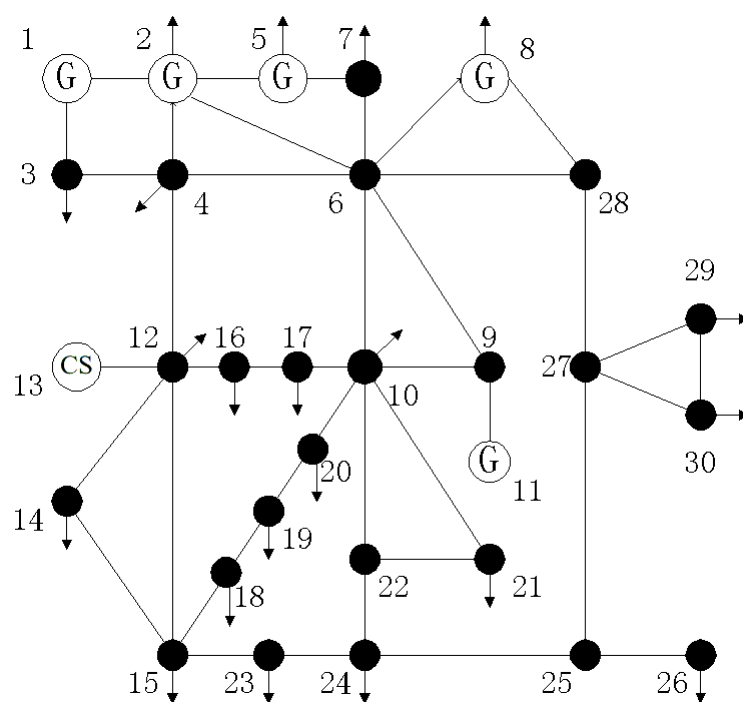


Figura 5.8 - Diagrama Unifilar IEEE 30 Barras.

➤ Alocação de Demandas

Os resultados das alocações das demandas reativas entre as fontes, neste caso, cinco geradores e um compensador síncrono (barra 13), são apresentados na Tabela 5.23. Para efeitos de comparação, são também apresentadas as alocações pelo método MYMM na Tabela 5.24, e as distâncias elétricas nodais na Tabela 5.25. As barras que não possuem carga (barras de passagem) são omitidas das tabelas.

Tabela 5.23 - Alocação de Demandas pelo Método MAFT (IEEE-30)

	Carga Total (MVar)	Suprido por G ₁		Suprido por G ₂		Suprido por G ₅		Suprido por G ₈		Suprido por G ₁₁		Suprido por G ₁₃	
		(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)
Barra 2	22,7	0	0,00	22,7	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 3	1,2	0,3794	31,62	0,2784	23,20	0,0634	5,28	0,3578	29,82	0,0393	3,28	0,0818	6,81
Barra 4	5,6	0,9307	16,62	1,5827	28,26	0,3605	6,44	2,0357	36,35	0,2241	4,00	0,4664	8,33
Barra 5	19,0	0	0,00	0	0,00	19,0	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 7	10,9	0,4011	3,68	1,2425	11,40	5,0785	46,59	3,5560	32,62	0,3276	3,01	0,2943	2,70
Barra 8	30,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	30,0	100,00	0	0,00	0	0,00
Barra 10	2,0	0,0879	4,39	0,2294	11,47	0,1018	5,09	0,6009	30,04	0,5489	27,44	0,4312	21,56
Barra 12	7,5	0,4015	5,35	0,7578	10,10	0,2213	2,95	1,2972	17,30	0,5808	7,74	4,2414	56,55
Barra 14	1,6	0,0840	5,25	0,1649	10,30	0,0517	3,23	0,3074	19,21	0,1569	9,81	0,8351	52,19
Barra 15	2,5	0,1284	5,13	0,2626	10,50	0,0878	3,51	0,5281	21,12	0,2952	11,81	1,1980	47,92
Barra 16	1,8	0,0892	4,95	0,1920	10,67	0,0691	3,84	0,4064	22,58	0,2860	15,89	0,7574	42,08
Barra 17	5,8	0,2647	4,56	0,6511	11,23	0,2730	4,71	1,6108	27,77	1,3876	23,92	1,6128	27,81
Barra 18	0,9	0,0439	4,88	0,0976	10,84	0,0366	4,06	0,2181	24,24	0,1554	17,26	0,3485	38,72
Barra 19	3,4	0,1605	4,72	0,3755	11,04	0,1494	4,39	0,8879	26,11	0,6989	20,55	1,1279	33,17
Barra 20	0,7	0,0325	4,64	0,0781	11,15	0,0320	4,57	0,1897	27,10	0,1560	22,29	0,2117	30,25
Barra 21	11,2	0,4976	4,44	1,2889	11,51	0,5679	5,07	3,4164	30,50	2,9133	26,01	2,5158	22,46
Barra 23	1,6	0,0790	4,94	0,1761	11,00	0,0662	4,14	0,4158	25,99	0,2403	15,02	0,6226	38,91
Barra 24	6,7	0,3129	4,67	0,7833	11,69	0,3344	4,99	2,1883	32,66	1,3014	19,42	1,7797	26,56
Barra 26	2,3	0,1083	4,71	0,2959	12,86	0,1365	5,94	1,0288	44,73	0,3159	13,74	0,4147	18,03
Barra 29	0,9	0,0426	4,73	0,1223	13,59	0,0587	6,52	0,4696	52,18	0,0920	10,22	0,1149	12,76
Barra 30	1,9	0,0899	4,73	0,2582	13,59	0,1238	6,52	0,9914	52,18	0,1942	10,22	0,2425	12,76
TOTAL	140,2	4,1337	2,95	31,5373	22,49	26,8124	19,12	50,5063	36,02	9,9137	7,07	17,2966	12,34

Tabela 5.24 – Alocação de Demandas pelo Método MYMM (IEEE-30)

	Carga Total (MVar)	Suprido por G ₁		Suprido por G ₂		Suprido por G ₅		Suprido por G ₈		Suprido por G ₁₁		Suprido por G ₁₃	
		(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)
Barra 2	22,7	0	0,00	22,7	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 3	1,2	0,4288	35,73	0,3387	28,23	0,0651	5,43	0,3475	28,96	0,0117	0,98	0,0082	0,68
Barra 4	5,6	1,1636	20,78	1,9578	34,96	0,3750	6,70	2,0003	35,72	0,0644	1,15	0,0389	0,69
Barra 5	19,0	0	0,00	0	0,00	19,0	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 7	10,9	0,5075	4,66	1,5416	14,14	5,2376	48,05	3,4765	31,89	0,0678	0,62	0,0690	0,63
Barra 8	30,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	30,0	100,00	0	0,00	0	0,00
Barra 10	2,0	0,1348	6,74	0,3216	16,08	0,1045	5,23	0,5903	29,52	0,3311	16,56	0,5177	25,89
Barra 12	7,5	0,5027	6,70	0,9654	12,87	0,2633	3,51	1,5089	20,12	0,6592	8,79	3,6006	48,01
Barra 14	1,6	0,1382	8,64	0,2795	17,47	0,0749	4,68	0,4237	26,48	0,1906	11,91	0,4931	30,82
Barra 15	2,5	0,2010	8,04	0,4073	16,29	0,1095	4,38	0,6191	24,76	0,2607	10,43	0,9023	36,09
Barra 16	1,8	0,1198	6,66	0,2525	14,03	0,0764	4,24	0,4365	24,25	0,2366	13,14	0,6782	37,68
Barra 17	5,8	0,3396	5,86	0,7975	13,75	0,2809	4,84	1,6182	27,90	1,1064	19,08	1,6574	28,58
Barra 18	0,9	0,0714	7,93	0,1520	16,89	0,0425	4,72	0,2387	26,52	0,1037	11,52	0,2917	32,41
Barra 19	3,4	0,2406	7,08	0,5337	15,70	0,1626	4,78	0,9229	27,14	0,4785	14,07	1,0617	31,23
Barra 20	0,7	0,0509	7,27	0,1143	16,32	0,0345	4,93	0,1945	27,78	0,0965	13,78	0,2095	29,92
Barra 21	11,2	0,6391	5,71	1,5685	14,00	0,5773	5,15	3,3872	30,24	2,2948	20,49	2,7331	24,40
Barra 23	1,6	0,1060	6,63	0,2305	14,41	0,0723	4,52	0,4314	26,96	0,2082	13,01	0,5516	34,48
Barra 24	6,7	0,3814	5,69	0,9236	13,79	0,3429	5,12	2,1597	32,23	1,1467	17,11	1,7457	26,06
Barra 26	2,3	0,1334	5,80	0,3476	15,11	0,1353	5,88	0,9552	41,53	0,2903	12,62	0,4382	19,05
Barra 29	0,9	0,0589	6,54	0,1561	17,34	0,0562	6,24	0,3970	44,11	0,0880	9,78	0,1438	15,98
Barra 30	1,9	0,1618	8,52	0,4076	21,45	0,1129	5,94	0,6709	35,31	0,1765	9,29	0,3703	19,49
TOTAL	140,2	5,3796	3,84	33,9957	24,25	27,1238	19,35	50,3785	35,93	7,8118	5,57	15,5107	11,06

Tabela 5.25 – Distâncias Elétricas Nodais (IEEE-30)

	Barra 1	Barra 2	Barra 5	Barra 8	Barra 11	Barra 13
Barra 2	40,088	0,000	42,403	42,636	47,181	46,441
Barra 3	22,471	22,960	25,847	22,473	26,790	25,354
Barra 4	23,287	22,157	25,031	21,658	25,973	24,539
Barra 5	48,290	42,403	0,000	43,937	48,649	48,773
Barra 7	26,778	24,402	21,601	22,342	27,059	27,175
Barra 8	44,960	42,636	43,937	0,000	45,217	45,304
Barra 10	26,853	24,919	26,537	23,057	23,352	23,684
Barra 12	26,246	24,867	27,198	23,729	25,353	21,574
Barra 14	27,278	25,788	27,988	24,490	25,877	22,714
Barra 15	26,900	25,326	27,428	23,913	25,135	22,471
Barra 16	27,179	25,546	27,527	24,053	24,847	22,956
Barra 17	27,163	25,307	27,027	23,548	23,960	23,583
Barra 18	27,509	25,780	27,695	24,195	24,973	23,394
Barra 19	27,567	25,755	27,572	24,079	24,672	23,686
Barra 20	27,520	25,677	27,443	23,954	24,462	23,787
Barra 21	27,159	25,192	26,829	23,312	23,748	23,904
Barra 23	27,485	25,723	27,627	24,033	25,200	23,376
Barra 24	27,448	25,466	27,155	23,489	24,606	23,939
Barra 26	28,699	26,514	28,064	24,147	26,472	25,882
Barra 29	28,504	26,301	27,761	23,729	26,883	26,380
Barra 30	28,607	26,385	27,849	23,816	26,972	26,469

Comparando-se os resultados dos métodos MAFT e MYMM, nota-se que as alocações apresentam certa semelhança. Isto é mais claramente verificado nas figuras 5.9 a 5.11, onde são ilustradas graficamente as participações das fontes no atendimento da demanda global de potência reativa. Entretanto, comparando as contribuições percentuais das fontes para cada carga com as distâncias elétricas (Tabela 5.25), as seguintes observações são pertinentes:

- Suprimento do gerador G_1 : O método MYMM apresenta incoerência com a distância elétrica no atendimento das barras 12 e 30. Sua contribuição para a barra 30 é maior que para a barra 12, que se encontra mais próxima eletricamente. Pelo método MAFT, esta incoerência não é verificada;
- Suprimento do gerador G_2 : Pelo método MYMM, este gerador contribui em maior proporção em relação ao método MAFT. Avaliando as distâncias elétricas da barra deste gerador para as demais barras, percebe-se que com exceção das barras 3 e 4, as demais estão a uma distância maior e uniforme. Isto é refletido nos resultados do método MAFT, enquanto que pelo método MYMM, as proporções de atendimento não são uniformes. Observa-se ainda que, por ambos os métodos, há uma contribuição em proporção elevada para as barras 26, 29 e

30, as quais estão entre as mais distantes eletricamente da barra 2. Este fato é verificado, pois as contribuições de tensão de G_2 para estas barras são maiores em relação a outras barras do sistema. Com isto, como as expressões de alocação para ambos os métodos consideram as tensões de barra, o efeito foi refletido nas alocações de demandas.

- Suprimento do gerador G_5 : Por seu posicionamento no sistema, a barra 5 encontra-se a um distanciamento elétrico aproximadamente constante das demais barras, a menos da barra 7, que está mais próxima. Isto ocasiona, por ambos os métodos uma alocação maior para a barra 7 e menor para as demais. Entretanto, dentro da faixa de variação das distâncias elétricas, podem-se encontrar algumas alocações que não acompanham estritamente essa variação. De fato, a distância elétrica como calculada no Apêndice C leva em conta algumas aproximações que podem comprometer o discernimento para áreas/regiões próximas entre si. Ela deve ser considerada um bom parâmetro de referência, porem não rigoroso.
- Suprimento do gerador G_8 : Para este gerador, assim como para o gerador G_5 , o distanciamento elétrico para as demais barras do sistema é constante, que faz com que as contribuições por ambos os métodos sejam uniformes para o sistema. Para as barras 29 e 30, entretanto, pelo método MAFT existe uma maior contribuição, também justificada pelo efeito que G_8 exerce nas tensões destas barras.
- Suprimento do gerador G_{11} : As barras 10 e 21 são aproximadamente eqüidistantes eletricamente do gerador em questão. Entretanto, pelo método MYMM, a barra 21 recebe uma contribuição maior que a barra 10. Pelo método MAFT, tal incoerência com as distâncias elétricas não é verificada.
- Suprimento do compensador G_{13} : Pelo método MYMM, a contribuição deste compensador para as barras 14 e 23 está incoerente com a distância elétrica. A barra 23 é mais distante eletricamente que a barra 14, entretanto, a contribuição para a barra 23 é maior. Pelo método MAFT, contudo, a alocação para estas barras se dá de forma mais aceitável, visto que a barra 14 recebe contribuição maior.

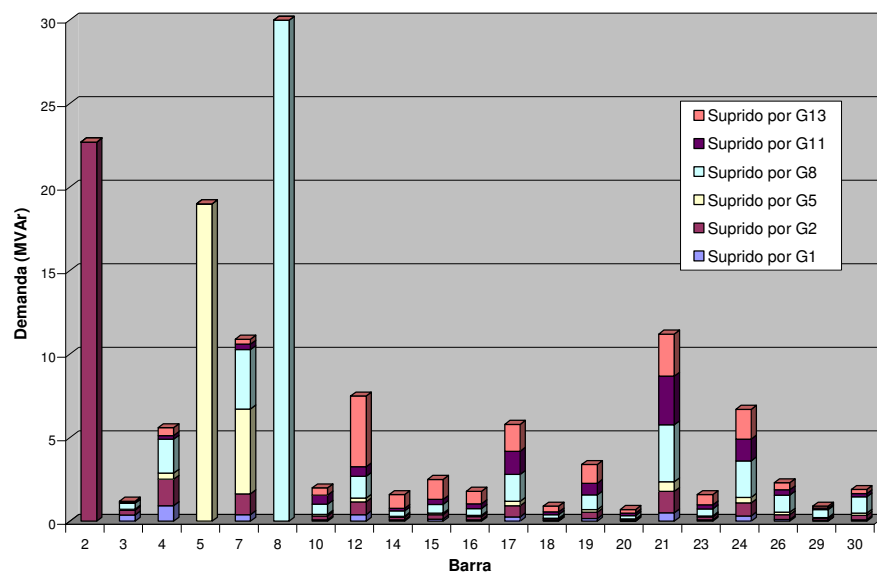


Figura 5.9 – Contribuições das Fontes para Demanda Reativa Global Pelo Método MAFT.

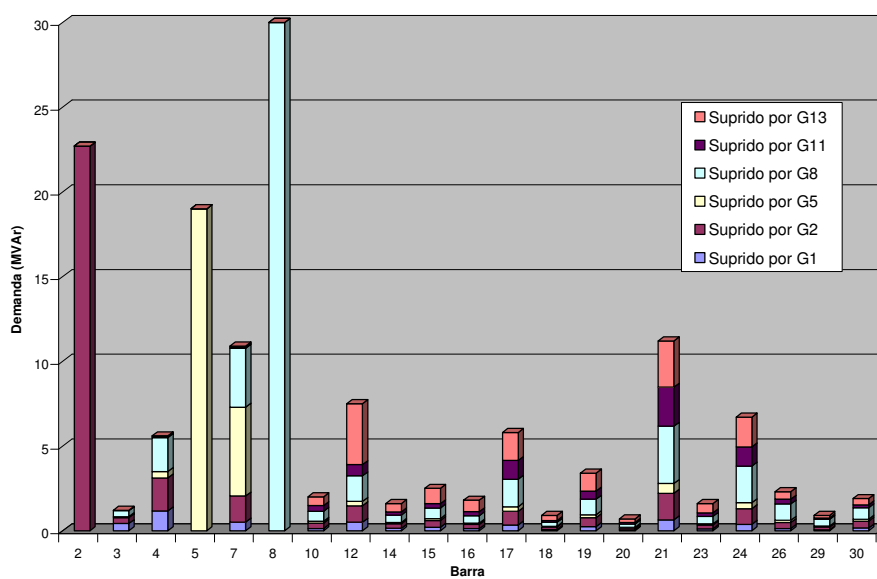


Figura 5.10 – Contribuições das Fontes para Demanda Reativa Global Pelo Método MYMM.

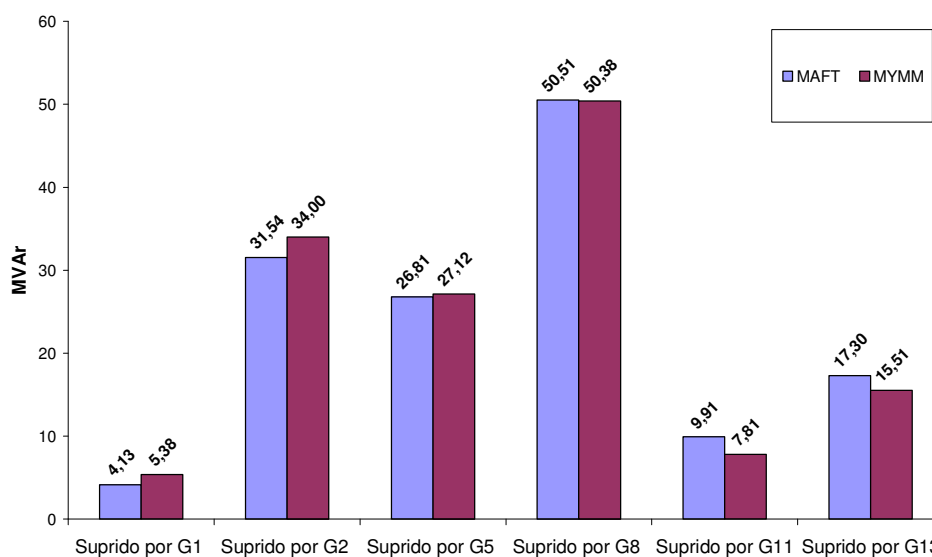


Figura 5.11 – Contribuições das Fontes para Demanda Reativa Global para o Caso-Base.

Observa-se na Figura 5.11, a tendência dos dois métodos a calcularem à mesma proporção as contribuições das fontes, contemplando o gerador 8 com a maior parcela. A equivalência dos resultados deve-se ao princípio fundamental destes métodos, que é o perfil de tensão estabelecido no sistema a partir da aplicação do teorema da superposição. Entretanto, o método MAFT apresenta resultados mais aceitáveis, tendo em vista que sua formulação se dá de maneira mais completa, e também pelas incoerências com a distância elétrica discutidas anteriormente em relação ao método MYMM.

➤ **Alocação de perdas reativas**

Para o sistema considerado neste exemplo, os resultados completos da alocação das perdas reativas em cada ramo para os agentes geradores são apresentados no apêndice E. Na Figura 5.12, são representadas as participações dos geradores e do compensador síncrono nas perdas totais do sistema.

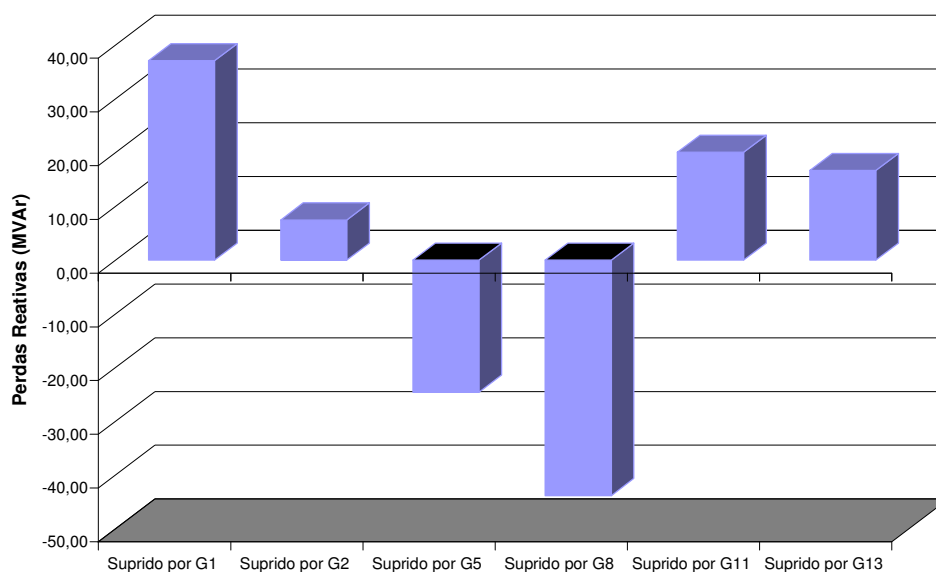


Figura 5.12 - Contribuições dos Geradores para as Perdas Reativas Totais.

De acordo com os resultados das alocações de perdas, observa-se que a maior contribuição fica a cargo da barra 1, que é a de referência. Para as barras 5 e 8, é calculada uma repartição negativa, pois na análise individual das fontes destas barras, existem fluxos de corrente nos ramos contrários aos estabelecidos no caso-base. Com isso, podem-se considerar estas alocações negativas como contribuições destas fontes para a redução das perdas reativas.

5.4.1 Análise de Desempenho do Método – Inserção de Novas Fontes

A entrada em operação de algum tipo de fonte de compensação de potência reativa altera a distribuição dos fluxos na rede, e também as perdas nos ramos de transmissão. Nesta subseção, é avaliada a sensibilidade das alocações de demandas com a instalação de um capacitor de 10 MVar nominais na barra 6.

➤ **Alocação de Demandas**

Nas Tabelas 5.26 e 5.27 são apresentadas as contribuições das fontes com a inserção no capacitor na barra 6, calculadas pelos métodos MAFT e MYMM. Na Tabela 5.28 são apresentadas as distâncias elétricas nodais:

Tabela 5.26 – Alocação de Demandas com Inserção de Capacitor de 10 MVar pelo Método MAFT

	Carga Total (MVar)	Suprido por G ₁		Suprido por G ₂		Suprido por G ₅		Suprido por G ₆		Suprido por G ₈		Suprido por G ₁₁		Suprido por G ₁₃	
		(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)
Barra 2	22,7	0	0,00	22,7	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 3	1,2	0,3381	28,17	0,1532	12,77	0	0,00	0,6486	54,05	0,0007	0,06	0,0065	0,54	0,0530	4,42
Barra 4	1,6	0,2000	12,50	0,2487	15,54	0	0,00	1,0534	65,84	0,0011	0,07	0,0105	0,66	0,0863	5,39
Barra 5	19,0	0	0,00	0	0,00	19,0	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 7	10,9	0	0,00	0	0,00	4,4381	40,72	6,4619	59,28	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 8	30,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	30,0	100,00	0	0,00	0	0,00
Barra 10	2,0	0,0233	1,17	0,0290	1,45	0	0,00	1,0427	52,14	0,0275	1,38	0,4954	24,77	0,3820	19,10
Barra 12	7,5	0,2629	3,51	0,3269	4,36	0	0,00	2,2769	30,36	0,0462	0,62	0,4606	6,14	4,1265	55,02
Barra 14	1,6	0,0515	3,22	0,0641	4,01	0	0,00	0,5315	33,22	0,0153	0,95	0,1288	8,05	0,8088	50,55
Barra 15	2,5	0,0731	2,92	0,0909	3,64	0	0,00	0,9012	36,05	0,0325	1,30	0,2480	9,92	1,1543	46,17
Barra 16	1,8	0,0456	2,53	0,0567	3,15	0	0,00	0,7084	39,36	0,0168	0,93	0,2489	13,83	0,7236	40,20
Barra 17	5,8	0,0917	1,58	0,1140	1,97	0	0,00	2,7982	48,24	0,0721	1,24	1,2432	21,43	1,4809	25,53
Barra 18	0,9	0,0208	2,31	0,0259	2,87	0	0,00	0,3749	41,65	0,0120	1,33	0,1358	15,09	0,3307	36,74
Barra 19	3,4	0,0660	1,94	0,0820	2,41	0	0,00	1,5313	45,04	0,0457	1,34	0,6194	18,22	1,0556	31,05
Barra 20	0,7	0,0122	1,74	0,0152	2,17	0	0,00	0,3278	46,83	0,0095	1,35	0,1391	19,87	0,1963	28,04
Barra 21	11,2	0,1373	1,23	0,1707	1,52	0	0,00	5,8189	51,95	0,2165	1,93	2,6148	23,35	2,2418	20,02
Barra 23	1,6	0,0372	2,33	0,0463	2,89	0	0,00	0,6784	42,40	0,0425	2,66	0,2051	12,82	0,5905	36,91
Barra 24	6,7	0,1008	1,50	0,1254	1,87	0	0,00	3,4261	51,14	0,3030	4,52	1,1253	16,80	1,6195	24,17
Barra 26	2,3	0,0214	0,93	0,0266	1,16	0	0,00	1,3976	60,77	0,2594	11,28	0,2453	10,67	0,3497	15,21
Barra 29	0,9	0,0052	0,58	0,0064	0,72	0	0,00	0,6004	66,72	0,1391	15,45	0,0618	6,87	0,0870	9,67
Barra 30	1,9	0,0109	0,58	0,0136	0,72	0	0,00	1,2676	66,72	0,2935	15,45	0,1306	6,87	0,1838	9,67
TOTAL	136,2	1,4980	1,10	24,2954	17,84	23,4381	17,21	31,8458	23,38	31,5333	23,15	8,1190	5,96	15,4703	11,36

Tabela 5.27 – Alocação de Demandas com Inserção de Capacitor de 10 MVar pelo Método MYMM

	Carga Total (MVar)	Suprido por G ₁		Suprido por G ₂		Suprido por G ₅		Suprido por G ₆		Suprido por G ₈		Suprido por G ₁₁		Suprido por G ₁₃	
		(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)	(MVar)	(%)
Barra 2	22,7	0	0,00	22,7	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 3	1,2	0,3706	30,88	0,1846	15,38	0	0,00	0,6346	52,88	0,0007	0,06	0,0042	0,35	0,0054	0,45
Barra 4	1,6	0,3007	18,79	0,3742	23,39	0	0,00	1,0179	63,62	0,0012	0,08	0,0019	0,12	-0,0959	-5,99
Barra 5	19,0	0	0,00	0	0,00	19,0	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 7	10,9	0	0,00	0	0,00	4,5596	41,83	6,3404	58,17	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Barra 8	30,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	30,0	100,00	0	0,00	0	0,00
Barra 10	2,0	0,0466	2,33	0,0579	2,90	0	0,00	0,9650	48,25	0,0476	2,38	0,3334	16,67	0,5494	27,47
Barra 12	7,5	0,3022	4,03	0,3759	5,01	0	0,00	2,5522	34,03	0,0720	0,96	0,5758	7,68	3,6219	48,29
Barra 14	1,6	0,0711	4,45	0,0885	5,53	0	0,00	0,6784	42,40	0,0312	1,95	0,1855	11,60	0,5453	34,08
Barra 15	2,5	0,1051	4,21	0,1308	5,23	0	0,00	0,9970	39,88	0,0449	1,80	0,2527	10,11	0,9695	38,78
Barra 16	1,8	0,0599	3,33	0,0745	4,14	0	0,00	0,7272	40,40	0,0262	1,45	0,2191	12,17	0,6932	38,51
Barra 17	5,8	0,1290	2,22	0,1605	2,77	0	0,00	2,7192	46,88	0,1007	1,74	1,0366	17,87	1,6540	28,52
Barra 18	0,9	0,0336	3,74	0,0418	4,65	0	0,00	0,3823	42,48	0,0190	2,11	0,1040	11,56	0,3193	35,47
Barra 19	3,4	0,1043	3,07	0,1298	3,82	0	0,00	1,5027	44,20	0,0704	2,07	0,4675	13,75	1,1253	33,10
Barra 20	0,7	0,0212	3,02	0,0263	3,76	0	0,00	0,3147	44,96	0,0157	2,24	0,0967	13,81	0,2255	32,21
Barra 21	11,2	0,2068	1,85	0,2571	2,30	0	0,00	5,5968	49,97	0,2713	2,42	2,1629	19,31	2,7052	24,15
Barra 23	1,6	0,0492	3,08	0,0612	3,83	0	0,00	0,6872	42,95	0,0432	2,70	0,1938	12,11	0,5653	35,33
Barra 24	6,7	0,1309	1,95	0,1628	2,43	0	0,00	3,3528	50,04	0,2915	4,35	1,0499	15,67	1,7121	25,55
Barra 26	2,3	0,0323	1,40	0,0402	1,75	0	0,00	1,3151	57,18	0,2235	9,72	0,2629	11,43	0,4261	18,53
Barra 29	0,9	0,0119	1,33	0,0149	1,65	0	0,00	0,5255	58,39	0,1041	11,56	0,0915	10,17	0,1521	16,90
Barra 30	1,9	0,0408	2,15	0,0507	2,67	0	0,00	0,9367	49,30	0,1390	7,32	0,2615	13,76	0,4712	24,80
TOTAL	136,2	1,4980	1,10	24,2954	17,84	23,4381	17,21	31,8458	23,38	31,5333	23,15	8,1190	5,96	15,4703	11,36

Tabela 5.28 – Distâncias Elétricas com a Inserção do Capacitor.

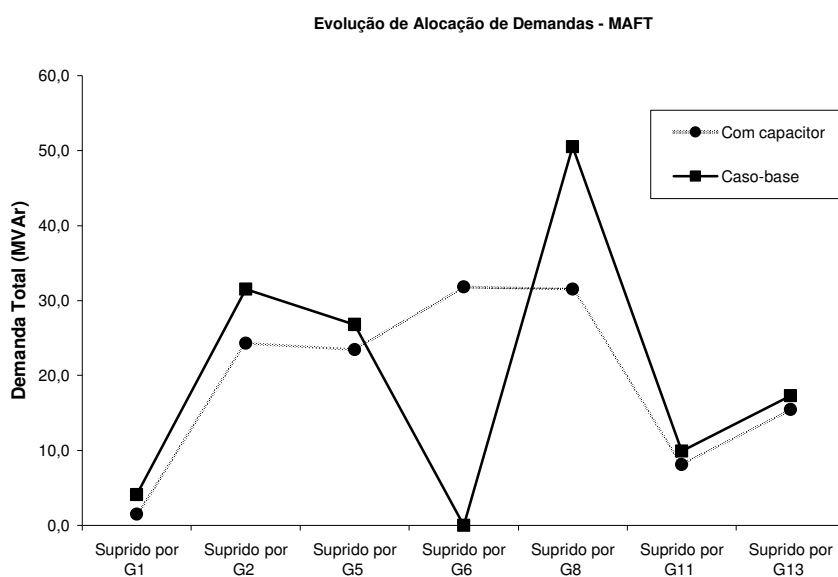
	Barra 1	Barra 2	Barra 5	Barra 6	Barra 8	Barra 11	Barra 13
Barra 2	40,088	0,000	42,402	22,359	42,632	47,179	46,440
Barra 3	22,471	22,958	25,844	2,198	22,470	26,787	25,353
Barra 4	23,285	22,156	25,027	1,383	21,655	25,971	24,538
Barra 5	48,287	42,402	0,000	23,656	43,933	48,646	48,769
Barra 7	26,770	24,400	21,601	2,061	22,338	27,056	27,172
Barra 8	44,956	42,632	43,933	20,277	0,000	45,214	45,300
Barra 10	26,848	24,917	26,534	2,887	23,054	23,352	23,684
Barra 12	26,244	24,865	27,195	3,537	23,726	25,353	21,574
Barra 14	27,275	25,786	27,985	4,327	24,487	25,877	22,714
Barra 15	26,897	25,324	27,425	3,771	23,910	25,135	22,471
Barra 16	27,175	25,544	27,524	3,873	24,050	24,847	22,956
Barra 17	27,158	25,305	27,023	3,376	23,545	23,959	23,583
Barra 18	27,504	25,778	27,692	4,041	24,192	24,973	23,394
Barra 19	27,562	25,753	27,569	3,919	24,076	24,671	23,685
Barra 20	27,515	25,675	27,440	3,791	23,951	24,462	23,787
Barra 21	27,153	25,190	26,825	3,178	23,309	23,748	23,904
Barra 23	27,481	25,721	27,624	3,971	24,030	25,199	23,376
Barra 24	27,443	25,465	27,152	3,501	23,487	24,605	23,939
Barra 26	28,692	26,512	28,061	4,410	24,145	26,471	25,881
Barra 29	28,497	26,299	27,758	4,108	23,726	26,883	26,380
Barra 30	28,600	26,383	27,846	4,195	23,814	26,971	26,469

Pode-se notar comparando as tabelas 5.26 e 5.27, que a instalação do capacitor provoca algumas alterações nas alocações de demandas de potência reativa. A mais evidente é a redistribuição das participações das fontes, em que acontece uma redução das contribuições das fontes remanescentes em detrimento da entrada do capacitor. Também fica clara a alteração na influência do gerador 5 sobre as barras de carga, restringindo sua atuação apenas para a barra 7. Isto se deve à localização do capacitor no sistema, que inviabiliza a abrangência do gerador 5 no controle de tensão das demais barras do sistema (ver o diagrama unifilar da Figura 5.8). Com isto, o suporte de potência reativa do gerador 5 fica limitado em suas proximidades.

Outra observação é a contribuição negativa do compensador G_{13} para a carga 4, calculada pelo método MYMM. Este resultado reflete um aspecto indesejável desta alocação, causado pela existência do termo M (equação 4.23) negativo e dominante sobre a alocação final. Tal fato reproduz a inconsistência da expressão de alocação do método MYMM, enquanto que pelo método MAFT, devido à formulação mais completa, não são verificadas alocações negativas para as fontes.

Em relação às distâncias elétricas nodais, nota-se claramente que a barra 6 é mais próxima eletricamente em relação às barras de carga do sistema, o que é acompanhado pelas alocações de ambos os métodos. Em relação ao compensador G_{13} , porém, é verificada uma incoerência do método MYMM na contribuição para a barra 30. Esta barra é uma das mais distantes eletricamente, entretanto tem uma parte considerável de sua demanda atendida pelo compensador em questão, enquanto que outras barras mais próximas recebem menor contribuição. Por outro lado, pelo método MAFT, a proporção de demanda atendida pelo compensador está de acordo com sua distância elétrica.

Os gráficos da Figura 5.13 ilustram a evolução das contribuições das fontes para a demanda reativa total, calculadas pelo método MAFT e pelo método MYMM. Como constatado no caso-base, as alocações da demanda global são semelhantes para as duas abordagens.



(a)

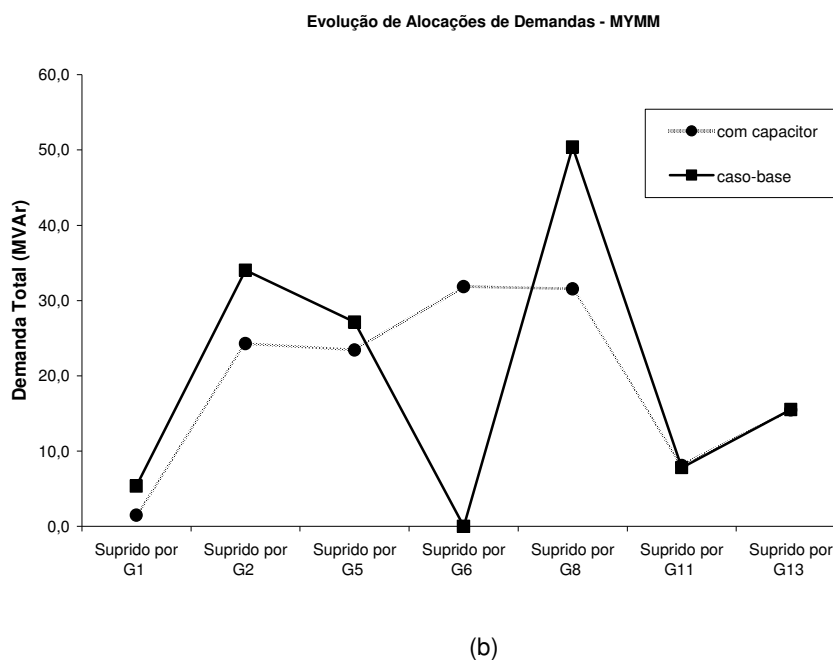


Figura 5.13 - Comparações das Alocações de Demandas com Inserção de Capacitor.

De maneira geral, apesar de as repartições da demanda total entre as fontes serem semelhantes entre os dois métodos, mostra-se com os comentários anteriores que as distribuições para as cargas variam para os dois métodos. Também é mostrado com as comparações com as distâncias elétricas que o método MAFT tende a fornecer resultados mais de acordo com a natureza local da potência reativa.

➤ **Alocação de Perdas Reativas**

Para verificar o efeito da inserção do capacitor nas perdas globais do sistema, o gráfico da Figura 5.14 apresenta a evolução das participações das fontes. Os resultados completos de alocação por ramo de transmissão encontram-se no apêndice E.

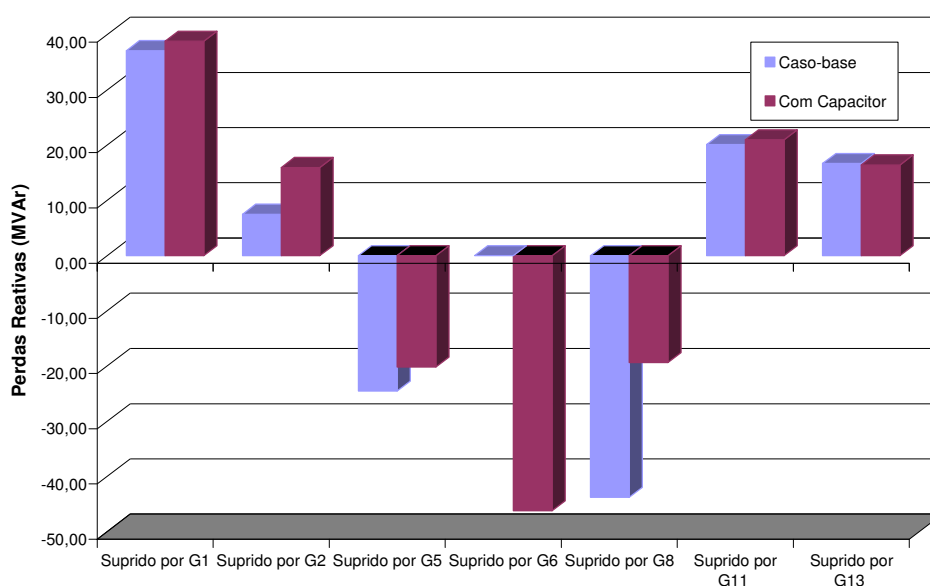


Figura 5.14 - Evolução das Alocações de Perdas Reativas Globais com Inserção de Capacitor.

Observa-se na Figura 5.14, que a entrada em operação do capacitor na barra 6 influencia negativamente para a composição das perdas globais. Isto é verificado, pois avaliando a atuação apenas do capacitor na barra 6, são estabelecidos fluxos de corrente no sentido contrário aos existentes no caso-base em alguns ramos de transmissão. Logo, este efeito pode ser interpretado como um incentivo para redução das perdas.

As variações nas contribuições das demais fontes são decorrentes da redistribuição das correntes no sistema com a entrada do capacitor.

5.5 Exemplo III: Sistema IEEE-118 – Determinação das Áreas de Influência

Nos estudos de caso anteriores, foram apresentadas aplicações do método MAFT em sistemas de pequeno porte. Adicionalmente, foram feitas comparações das alocações de demanda com o método MYMM, utilizando como critério as distâncias elétricas nodais.

Neste exemplo, é apresentada uma interpretação dos resultados do método MAFT na aplicação no sistema IEEE-118. O objetivo desta análise é mostrar o alcance das fontes no atendimento das demandas de potência reativa no sistema.

Isto é obtido a partir dos resultados das alocações calculados pelo método, e a aplicação do algoritmo de determinação de áreas de influência definido no Capítulo 4, seção 4.5, que estabelece regiões de atuação das fontes na contribuição para o suporte de potência reativa para as cargas.

No Apêndice F estão os dados de entrada utilizados neste exemplo.

5.5.1 Estabelecimento dos Limites das Áreas de Influência

Para este estudo, foram estabelecidas dez regiões distintas de atuação para cada fonte. Portanto, para cada barra de carga, a proporção de sua demanda que é atendida por cada fonte a situa em uma das regiões. Neste caso, os limites que definem cada região são apresentados na Tabela 5.29:

Tabela 5.29 - Limites das Áreas de Influência das Fontes.

	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7	Região 8	Região 9	Região 10
Limites (%)	100 a 90	90 a 80	80 a 70	70 a 60	60 a 50	50 a 40	40 a 30	30 a 20	20 a 10	10 a 0

Desta forma, considerando-se a determinação das regiões de influência de um gerador b , se uma carga L tem 45% de sua demanda suprida por este gerador, a barra L é classificada como pertencente à região 6 em relação a este gerador b .

➤ **Alocação de Demandas**

A seguir é apresentada uma tabela que relaciona as regiões de influência dos geradores com maior contribuição para o atendimento das demandas pelos métodos MAFT e MYMM:

Tabela 5.30 – Áreas de Influência de Algumas Fontes pelo Método MAFT.

Gerador / Compensador	Barras classificadas nas regiões dadas para as fontes correspondentes						
	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7
12	12 , 117		14	2, 11, 16			
19	19		20		21		
24						23	
25							23
32	32			114	115		
40	40		41	39			
46	46				45	44	
49	49		48, 50			51	45, 52, 57
54	54		53				52
77	77	78		79			82
92	92	102		93		101	94
105	105			106	108	109	

Tabela 5.31 – Áreas de Influência de Algumas Fontes pelo Método MYMM

Gerador / Compensador	Barras classificadas nas regiões dadas para as fontes correspondentes						
	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7
12	12, 117	2	16	11	5	7, 13	
19	19			20	21		
24					23		22
25							
32	32				114, 115		
40	40		41	39			
46	46				45	44	
49	49	50	48		51	52	44, 45, 57, 58
54	54			53			
77	77	78		79			
92	92	102	93			101	94, 95
105	105			106	108		109

Pode-se observar nos resultados da Tabela 5.30, que as fontes exercem influência sobre um número reduzido de barras. Isto se justifica por dois fatores fundamentais: a natureza local da potência reativa e o expressivo número de barras geradoras no sistema

(aproximadamente 50% do total de barras), que distribui as contribuições em pequenas parcelas para cada gerador.

Também é observado que algumas cargas recebem influência de mais de uma fonte, caracterizando-as como barras com tensão controlada por não apenas um gerador.

Comparando os resultados do método MYMM (Tabela 5.31) com o método MAFT, segundo MYMM observa-se que a influência do gerador da barra 12 para a barra 2 é maior que para a barra 11. Isto caracteriza uma incoerência, visto que a distância elétrica do gerador 12 para a barra 2 é $D_{12-2} = 20,711$, enquanto que para a barra 11 é $D_{12-11} = 19,561$.

Desta forma, espera-se que a barra 2 seja menos influenciada no suporte de potência reativa que a barra 11, por estar mais distante eletricamente. Em contrapartida, pelo método MAFT, estas barras estão na mesma região de influência em relação ao gerador da barra 12, o que é mais aceitável.

Com isto, verifica-se que, embora os dois métodos apresentem áreas de influência que possuem as mesmas características, pelo método MYMM existem alocações indevidas que o tornam desvantajoso. Por outro lado, os resultados do método MAFT tendem a reproduzir com mais fidelidade às propriedades elétricas do sistema, e com isto fornecer uma alocação de demandas mais justa.

Para ilustrar as áreas de influência de algumas das fontes citadas na Tabela 5.30, na Figura 5.15 é apresentado o diagrama unifilar do sistema IEEE-118 com as correspondentes delimitações das regiões de maior contribuição. Com esta análise, conclui-se que os resultados das alocações calculadas pelo método MAFT estão de acordo com a natureza local da potência reativa.

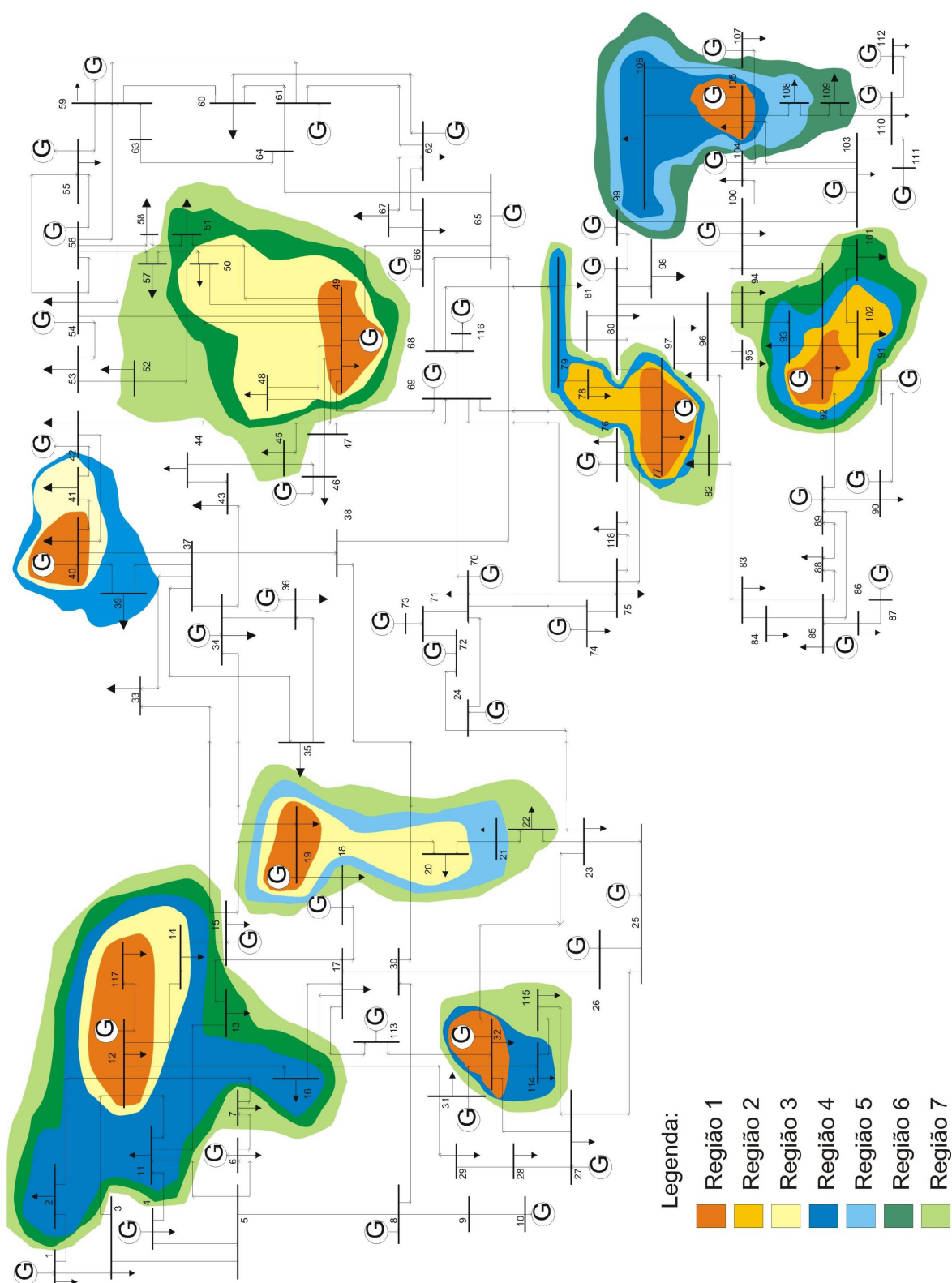


Figura 5.15 - Diagrama Unifilar do Sistema IEEE 118 barras com Região de Influência dos Geradores.

➤ *Alocação de Perdas Reativas*

Os resultados aplicação do método para alocação de perdas reativas são mostrados através da Figura 5.16. Para o ponto de operação testado, as perdas globais resultam em aproximadamente -795 MVar. Isto indica que, pelas características da rede de transmissão, existe uma expressiva geração de potência reativa pelas linhas. Desta forma, como a expressão de alocação leva em conta os parâmetros dos ramos, pode-se verificar que a grande maioria das fontes contribui para a composição destas perdas negativas. Como se pode observar, os geradores das barras 8 e 65 são os que mais contribuem para estas perdas negativas.

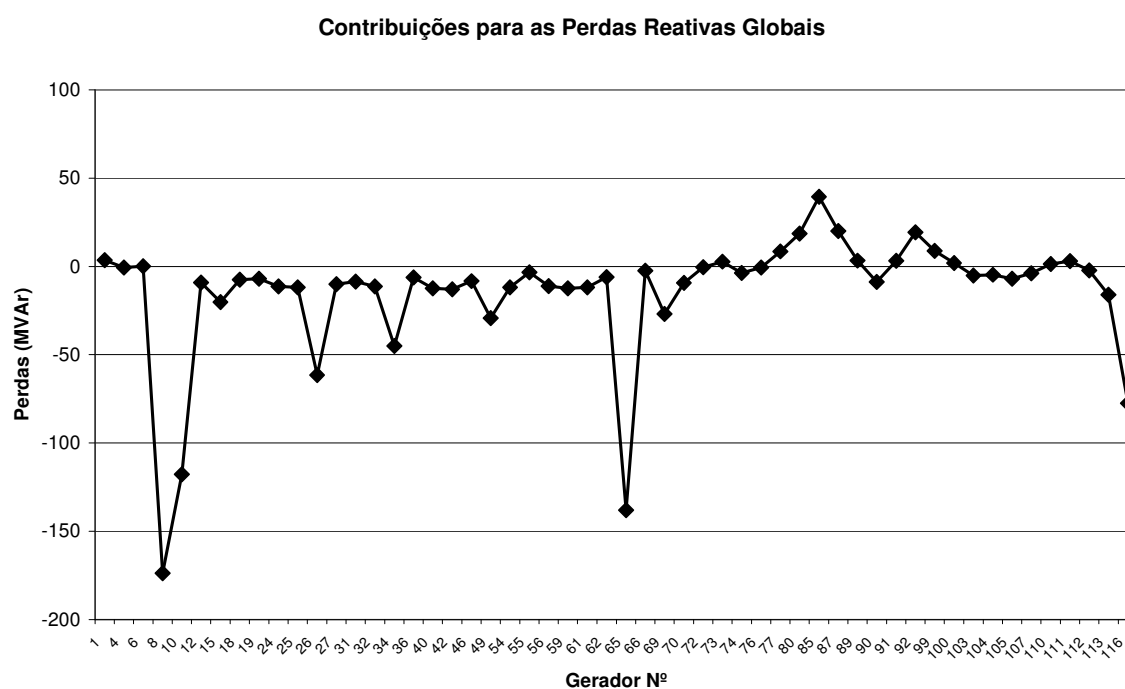


Figura 5.16 – Alocação de Perdas Reativas entre as Fontes