

## 8

### Referências Bibliográficas

- [1] Billinton, R., Allan, R. N., "Reliability Evaluation of Power Systems", Plenum Publishing, New York, 1984.
- [2] Soares, N. H. M., Sobral, S. C., Morand, S. R., Gomes, P., Sardinha, S., Queiroz, R., "Proposta de Serviços Ancilares para o Sistema Interligado Nacional", VII EDAO, março de 2002.
- [3] Shirmohammadi D., Vojdani, A., "An Overview of Ancillary Services", V SEPOPE, Recife, maio de 1996.
- [4] Alvarado, F. L., "Methods for the Quantification of Ancillary Services in Electric Power Systems", V SEPOPE, outubro de 1996.
- [5] Hao, S., Papalexopoulos, A., "Reactive Power Pricing and Management", IEEE/PES Winter Meeting, Baltimore, janeiro de 1996.
- [6] Siddiqi, S. N., Baughman, M. L., "Reliability Differentiated Pricing of Spinning Reserve", IEEE/PES Summer Meeting, San Francisco, julho de 1994.
- [7] National Grid Company – NGC, "The Grid Code – Connections Conditions", Inglaterra.
- [8] Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico – CAMMESA, "Procedimientos para la Programación de la Operación el Despacho de Cargas y el Cálculo de Precios", Argentina.
- [9] Red Eléctrica de España, "Operación del Sistema de Eléctrico – Procedimientos de Operación", Espanha.
- [10] The Independent Electricity Market Operator – IMO, "Market Rules for the Ontario Electricity Market", Canadá.
- [11] Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução nº 265, 10 de junho de 2003, Brasil.
- [12] Marcato, A. L. M., "Avaliação dos Requisitos e Comercialização da Reserva de Potência em Sistemas Competitivos", Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, PUC-Rio, janeiro de 1998.
- [13] Marzano, L. G. B., "Estudo de Alternativas de Partição de Custos de Potência Reativa em Sistemas de Transmissão em Ambientes Competitivos", Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, PUC-Rio, abril de 1998.
- [14] Lamont, J. W., Fu, J., "Cost Analysis of Reactive Power Support", IEEE Transactions on Power Systems, abril de 1998.
- [15] Cigré, "Methods and Tools for Costing Ancillary Services", SC 38, Advisory Group 05, Task Force 38-05-07, agosto de 1999.
- [16] Silva, E. L., "O Provimento de Potência Reativa como um Serviço Ancilar", XV SNPTEE, outubro de 1999.

- [17] Prada, R. B., Velasco, C. J., Silva, L. X., Vieira, M. A. M., “Serviços Ancilares à Operação de Sistemas Elétricos – Relatório I”, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, setembro de 2000.
- [18] Prada, R. B., Velasco, C. J., Silva, L. X., Vieira, M. A. M., “Serviços Ancilares à Operação de Sistemas Elétricos – Relatório II”, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, março de 2001.
- [19] Prada, R. B., Velasco, C. J., Silva, L. X., Vieira, “Serviços Ancilares à Operação de Sistemas Elétricos – Relatório V”, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, dezembro de 2001.
- [20] Vieira, M. A. M., “Alocação do Custo de Capital de Fonte de Potência Reativa”, Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, dezembro de 2001.
- [21] Prada, R. B., Velasco, C. J., Silva, L. X., Carvalho, F. G., Nogueira G. A. S., “Serviços Ancilares à Operação de Sistemas Elétricos – Relatório I – Fase 2”, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, outubro de 2002.
- [22] Prada, R. B., Velasco, C. J., Silva, L. X., Carvalho, F. G., Nogueira G. A. S., “Serviços Ancilares à Operação de Sistemas Elétricos – Relatório II – Fase 2”, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, abril de 2003.
- [23] Soares, N. H. M., Sobral, S. C., Morand, S. R., Gomes, P., Sardinha, S., Queiroz, R., “Proposta de Serviços Ancilares para o Sistema Interligado Nacional”, VII EDAO, março de 2002.
- [24] Soto, J. R. O., “Alocação de Custos de Novas Fontes de Potência Reativa em Ambientes Competitivos”, Estudo Orientado, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, dezembro de 2002.
- [25] Nogueira, G. A. S., “Identificação dos Beneficiários e Alocação de Custos de Fontes de Potência Reativa”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, PUC-Rio, março de 2003.
- [26] Velasco, C. J., “Metodologia para Cálculo do Valor do Serviço e da Remuneração dos Agentes Fornecedores de Reservas Operativas”, Tese de Doutorado, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, julho de 2004.
- [27] Ribeiro, P. M., Marzano L. G. B., Soto, J. R. O., Melo, A. C. G., “Methodology for Pricing the Generation Reserve and the Reactive Power Support as Ancillary Services When Provided by Generators”, IX SEPOPE, Rio de Janeiro, maio de 2004.
- [28] Barros, J. R. P., “Um Método para Alocação de Custos de Uso do Sistema de Transmissão Baseado em Coalizões e no Valor de Shapley”, IX SEPOPE, Rio de Janeiro, maio de 2004.
- [29] Barros, J. R. P., “Usando Técnicas e Algoritmos da Teoria dos Jogos Cooperativos para Repartir Custos de Perdas Ativas na Transmissão – Metodologia e Estudo de Casos”, IX SEPOPE, Rio de Janeiro, maio de 2004.
- [30] Faria, E. T., “Aplicação de Teoria dos Jogos à Repartição da Energia Firme de um Sistema Hidrelétrico”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Energia Elétrica, PUC-Rio, maio de 2004.
- [31] von Neumann, J., Morgenstern, O., “Theory of Games and Economic Behavior”, Princeton Press, 1947.

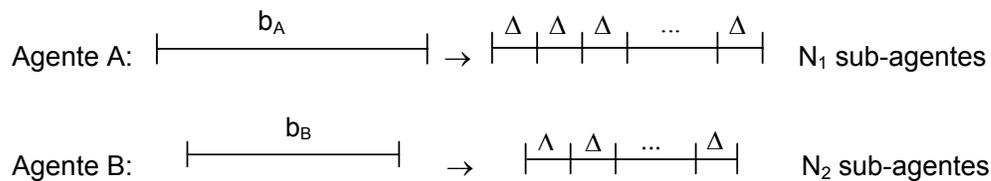
- [32] Young H. P., "Cost Allocation", in Handbook of Game Theory with Economic Applications, Volume 2, eds R. Aumann and S. Hart, North Holland, Elsevier, Amsterdam, 1994.
- [33] Schmeider, D., "The Nucleolus of a Characteristic Function Game", SIAM Journal on Applied Mathematics, 1969.
- [34] Monticelli, A. J., "Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica", Edgard Blücher, São Paulo, 1983.
- [35] Tinney, W. F., Hart, C. E., "Power Flow Solution by Newton's Method", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-86, 1967.
- [36] Stott, B., "Decoupled Newton Load Flow", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-91, pp. 1955-1959, 1972.
- [37] Stott, B., Alsac, O., "Fast Decoupled Load Flow", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-93, pp. 859-869, 1974.
- [38] Carpentier, J., "Contribution à l'étude du dispatching économique", Bulletin de la Société Française des Electriciens, ser. 8, vol. 3, pp. 431-447, agosto de 1962.
- [39] Dommel, H. W., Tinney, W. F., "Optimal Power Flow Solutions", IEEE Transactions on PAS, Vol. 87, outubro de 1968.
- [40] Carpentier, J., "Differential Injections Method: A General Method for Secure and Optimal Load Flows", Proc PICA, 1973.
- [41] Sun, D. I., Ashley, B. T., Brewer, B. J., Hughes, B. A., Tinney, W. F., "Optimal Power Flow by Newton Approach", IEEE Transactions on PAS, Vol. 103, N° 10, outubro de 1984.
- [42] Alsac, O., Bright, J., Prais, M., Stott, B., "Further Developments in LP-Based Optimal Power Flow", IEEE Transactions on PAS, Vol. 5, 1990.
- [43] Granville, S., "Optimal Reactive Dispatch Through Interior Point Method", IEEE/PES, N° 93, fevereiro de 1993.
- [44] Latorre, M. L., "Aplicação do Método de Pontos Interiores Primal-Dual para a Resolução do Problema de Fluxo de Potência Ótimo", Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 1995.
- [45] Bazaraa, M. S., Shetty, C. M., "Non Linear Programming Theory and Algorithms", John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1979.
- [46] Billinton, R., Allan, R. N., "Probabilistic Methodologies Used in the Assessment of Power System Reliability Evaluation", 1st PMAPS, Toronto, Canada, 1986.
- [47] Melo, A. C. G., "Avaliação dos Índices de Frequência e Duração no Cálculo da Confiabilidade Composta de Sistemas de Geração e Transmissão de Grande Porte", Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Elétrica, PUC-Rio, outubro de 1990.
- [48] CEPEL, "Sistema Computacional NH2 para Análise Probabilística e Avaliação de Confiabilidade em Sistemas de Grande Porte", Manual de Metodologia, Versão 5.0, 1998.
- [49] BEUNE, R., MODGRIDE, L., "Contracting for Ancillary Generation Services", Cigré Joint Working Group, 2000.
- [50] CEPEL, "Sistema Computacional FLUPOT – Programa de Fluxo de Potência Ótimo", Manual do Usuário, Versão 5.1, Novembro de 2000.

- [51] Faro, C., “Matemática Financeira”, Editora APEC, 1969.
- [52] IEEE RTS Task Force of the AMP Subcommittee, “IEEE Reliability Test System”, IEEE - PAS, Vol. 98, N° 6, 1979.
- [53] Gomes, P., Schilling, M. Th., “Custo de Interrupção: Conceituação, Metodologia de Avaliação, Valores Existentes e Aplicações”, XIV SNPTEE, 1997.
- [54] Larson, H. J., “Introduction to Probability Theory and Statistical Inference”, Wiley series in probability and mathematical statistics, Third edition.

## 9 Apêndice A – Método de Aumann-Shapley

Para demonstrar a formulação matemática do método de Aumann-Shapley, considere dois agentes A e B, por exemplo, com montantes  $b_A$  e  $b_B$  de utilização de um determinado serviço [13].

O método de Aumann-Shapley baseia-se na premissa de que cada agente deve ser repartido em diversos sub-agentes com mesmo montante de utilização do serviço ( $\Delta$ ). Assim, considere que os agentes A e B sejam repartidos em  $N_1$  e  $N_2$  sub-agentes distintos, respectivamente:



Definindo  $N = N_1 + N_2$  como o número total de sub-agentes obtidos, estes poderiam ser combinados de  $\binom{N}{N_1}$  maneiras possíveis. Cada uma dessas combinações pode ser interpretada como um “caminho” no espaço bidimensional, desde o ponto anterior à entrada dos agentes até o ponto onde os dois agentes A e B já entraram. A Figura A-1 ilustra o caminho ABA, considerando os sub-agentes  $N_1 = 2$  e  $N_2 = 1$ .

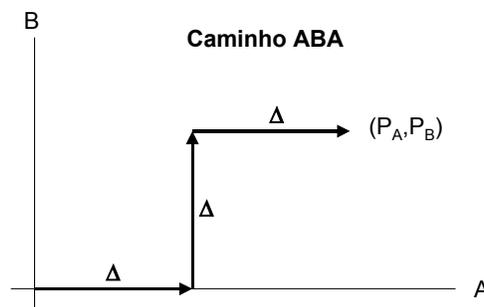


Figura A-1 – Caminho ABA

Para cada caminho  $\alpha$  obtido a partir das combinações dos sub-agentes, um custo marginal médio é obtido. Por exemplo, o custo marginal médio para o caminho mostrado na Figura A-1 seria:

$$\tilde{\pi}_A^\alpha = \frac{\left( \frac{\partial c}{\partial x}(\Delta, 0) \cdot \Delta + \frac{\partial c}{\partial x}(2\Delta, \Delta) \cdot \Delta \right)}{P_A} \quad (A.1)$$

$$\tilde{\pi}_B^\alpha = \frac{\left( \frac{\partial c}{\partial y}(\Delta, \Delta) \cdot \Delta \right)}{P_B} \quad (A.2)$$

Os coeficientes finais são obtidos como a média dos custos marginais médios de todos os caminhos:

$$\tilde{\pi}_A = \frac{\sum \tilde{\pi}_A^\alpha}{N_\alpha} \quad (A.3)$$

$$\tilde{\pi}_B = \frac{\sum \tilde{\pi}_B^\alpha}{N_\alpha} \quad (A.4)$$

onde  $N_\alpha = \begin{pmatrix} N \\ N_1 \end{pmatrix}$

Observa-se que (A.3) e (A.4) podem ser vistos como o valor esperado de uma variável aleatória em função de uma distribuição discreta. Além disso, quando o montante de serviço dos sub-agentes tende a zero ( $\Delta \rightarrow 0$ ), o número de sub-agentes tende ao infinito ( $N, N_1, N_2 \rightarrow \infty$ ).

Para obter o limite deve-se computar  $\tilde{\pi}_A$  e  $\tilde{\pi}_B$  em uma forma não sequencial. Seleciona-se um ponto no espaço bidimensional  $(\tau_A, \tau_B)$ , tal que  $0 \leq \tau_A \leq P_A$  e  $0 \leq \tau_B \leq P_B$ . Definindo  $k_1 = \tau_A/\Delta$  e  $k_2 = \tau_B/\Delta$ , o número de caminhos que passam por  $(k_1\Delta, k_2\Delta)$  e  $((k_1+1)\Delta, k_2\Delta)$  seria:

$$\binom{k_1+k_2}{k_1} \cdot \binom{N-(k_1+k_2)-1}{N_1-k_1-1} = N(k_1, k_2) \cdot \frac{N_1-k_1}{N-(k_1+k_2)} \quad (A.5)$$

onde:

$$N(k_1, k_2) = \binom{k_1+k_2}{k_1} \cdot \binom{N-(k_1+k_2)}{N_1-k_1} \quad (A.6)$$

Agora  $\tilde{\pi}_A$  pode ser rescrito da seguinte forma:

$$\tilde{\pi}_A = \frac{1}{P_A} \cdot \sum_{(k_1, k_2)} \frac{N_1-k_1}{N-(k_1+k_2)} \cdot \frac{N(k_1, k_2)}{N_\alpha} \cdot \frac{\partial c}{\partial x}(k_1\Delta, k_2\Delta)\Delta \quad (A.7)$$

ou, fazendo  $k = k_1 + k_2$ :

$$\tilde{\pi}_A = \frac{1}{P_A} \cdot \sum_{k=1}^N \sum_{k_1=1}^k \frac{N_1 - k_1}{N - k} \cdot \frac{N(k_1, k - k_1)}{N_\alpha} \cdot \frac{\partial C}{\partial X}(k_1 \Delta, (k - k_1) \Delta) \Delta \quad (A.8)$$

Verifica-se que

$$\frac{N(k_1, k - k_1)}{N_\alpha} = \frac{\binom{k}{k_1} \cdot \binom{N - k}{N_1 - k_1}}{\binom{N}{N_1}} = \frac{\binom{N_1}{k_1} \cdot \binom{N - N_1}{k - k_1}}{\binom{N}{k}} \quad (A.9)$$

é a distribuição hipergeométrica com parâmetros  $(N, N_1, k)$ . Fazendo  $p = N_1/N = P_A/(P_A + P_B)$ , sabe-se que quando  $N, N_1, N_2 \rightarrow \infty$ , mantendo-se  $p$  constante, a distribuição hipergeométrica se aproxima da distribuição binomial com parâmetros  $(k, p)$  [54].

Como:

$$\frac{N_1 - k_1}{N - k} \rightarrow \frac{N_1}{N}, \quad \text{quando } N_1, N \rightarrow \infty$$

Então:

$$\tilde{\pi}_A = \frac{1}{P_A} \cdot \frac{N_1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N \cdot \sum_{k_1=1}^k \binom{k}{k_1} \cdot p^{k_1} \cdot (1 - p)^{k - k_1} \cdot \frac{\partial C}{\partial X}(k_1 \Delta, (k - k_1) \Delta) \Delta \quad (A.10)$$

A partir da definição de  $k, k_1, k_2$ :

$$\begin{aligned} & \sum_{k_1=1}^k \binom{k}{k_1} \cdot p^{k_1} \cdot (1 - p)^{k - k_1} \cdot \frac{\partial C}{\partial X}(k_1 \Delta, (k - k_1) \Delta) = \\ & = \sum_{k_1=1}^k \binom{k}{k_1} \cdot p^{k_1} \cdot (1 - p)^{k - k_1} \cdot \frac{\partial C}{\partial X}\left(k_1 \frac{\tau}{k}, (k - k_1) \frac{\tau}{k}\right) = \\ & = E_{S_k} \left[ \frac{\partial C}{\partial X} \left( \frac{S_k}{k} \tau, \left(1 - \frac{S_k}{k}\right) \tau \right) \right] \end{aligned} \quad (A.11)$$

onde:

$$\tau = \tau_A + \tau_B$$

$S_k$  soma de  $k$  variáveis aleatórias independentes com função de distribuição de Bernoulli, probabilidade de sucesso  $p$

$E_{S_k} [.]$  valor esperado em relação a variável  $S_k$

Da lei dos grandes números [54]:

$$\frac{S_k}{k} \rightarrow p, \quad \text{com probabilidade 1} \quad (A.12)$$

Então, da continuidade de  $\frac{\partial C}{\partial X}$ , quando  $k \rightarrow \infty$  :

$$E_{S_k} \left[ \frac{\partial C}{\partial X} \left( \frac{S_k}{k} \tau, (1 - \frac{S_k}{k}) \tau \right) \right] \rightarrow \frac{\partial C}{\partial X} (p\tau, (1-p)\tau) = \frac{\partial C}{\partial X} (kp\Delta, (1-p)k\Delta) \quad (A.13)$$

Com isto:

$$\tilde{\pi}_A = \frac{1}{P_A} \cdot \frac{N_1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N \frac{\partial C}{\partial X} (kp\Delta, k(1-p)\Delta) \quad (A.14)$$

Como  $\Delta = P_A / N_1$ , então:

$$\tilde{\pi}_A = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N \frac{\partial C}{\partial X} (k \frac{P_A}{N}, k \frac{P_B}{N}) \quad (A.15)$$

Finalmente, como  $N \rightarrow \infty$ :

$$\tilde{\pi}_A = \int_{t=0}^1 \frac{\partial C}{\partial X} (tP_A, tP_B) dt \quad (A.16)$$

Da mesma forma, para o agente B:

$$\tilde{\pi}_B = \int_{t=0}^1 \frac{\partial C}{\partial Y} (tP_A, tP_B) dt \quad (A.17)$$

Onde  $\tilde{\pi}_A$  e  $\tilde{\pi}_B$  são chamados de custos unitários de Aumann-Shapley para os agentes A e B, respectivamente. Eles correspondem à média dos custos marginais, quando os montantes de utilização do serviço crescem uniformemente de zero até seus valores correntes.

Generalizando para n agentes, o custo que cabe a cada um utilizando-se a metodologia de Aumann-Shapley seria:

$$x_i = b_i \cdot \tilde{\pi}_i \quad (A.18)$$

onde:

$$\tilde{\pi}_i = \int_{t=0}^1 \frac{\partial C(t\mathbf{b})}{\partial b_i} dt \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$x_i$  montante que cabe ao agente i

$b_i$  montante de serviço utilizado do agente i

$\tilde{\pi}_i$  custo unitário de Aumann-Shapley para o agente i

# 10

## Apêndice B – Dados de Entrada para o Sistema-Exemplo

Num. Barra	Tipo	Módulo Tensão (p.u.)	Ângulo	Geração Ativa (MW)	Geração Reativa (MVar)	Geração Reativa Mínima	Geração Reativa Máxima	Carga Ativa (MW)	Carga Reativa (MVar)	Capacitor/ Reator (MVar)	Num. Área
1	2	1,020	0,00	1010,0	100,0	-100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	1
2	0	1,000	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	700,0	100,0	0,0	1
3	0	1,000	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	350,0	250,0	0,0	1
4	1	0,980	0,00	700,0	200,0	-200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	1
5	1	1,025	0,00	200,0	350,0	-350,0	350,0	100,0	50,0	0,0	1

Tabela A-1 – Dados de Barras AC para o Sistema-Exemplo

Tipos de barras AC:      0 – Barra PQ  
                                   1 – Barra PV  
                                   2 – Barra de referência

Barra DE	Barra PARA	Resistência (%)	Reatância (%)	Susceptância (MVar)	TAP de Transformador (p.u.)	TAP Min (p.u.)	TAP Max (p.u.)	Capacidade Normal (MVar)	Capacidade Emergência (MVar)
1	2	1.00	3.00	6.00	0.00	0.00	0.00	700.0	700.0
1	3	4.00	12.00	5.00	0.00	0.00	0.00	200.0	200.0
3	2	3.00	9.00	4.00	0.00	0.00	0.00	100.0	100.0
4	2	3.00	9.00	4.00	0.00	0.00	0.00	200.0	200.0
2	5	2.00	6.00	3.00	0.00	0.00	0.00	200.0	200.0
4	3	0.50	1.50	2.00	0.00	0.00	0.00	600.0	600.0
5	4	4.00	12.00	5.00	0.00	0.00	0.00	50.0	50.0

Tabela A-2 – Dados de Circuitos para o Sistema-Exemplo

Barra DE	Barra PARA	Taxa de Falha (falhas/ano)	Tempo Médio de Reparo (horas)	Taxa de Indisponibilidade Forçada – TIF
1	2	0,24	16,0	0,0004
1	3	0,51	10,0	0,0006
3	2	0,39	10,0	0,0004
4	2	0,39	10,0	0,0004
2	5	0,48	10,0	0,0005
4	3	0,38	10,0	0,0004
5	4	0,02	768,0	0,0018

Tabela A-3 – Dados Estocásticos de Circuitos para o Sistema-Exemplo

Onde:  $TIF = \frac{\text{taxa de falha}}{\text{taxa de falha} + \frac{8.760h}{\text{tempo médio de reparo}}}$

Num. da Usina	Conectada à Barra	Nome da Usina	Num. Unidades Geradoras	Geração Ativa Min. (MW)	Geração Ativa Max. (MW)	Geração Reativa Min. (MVar)	Geração Reativa Max. (MVar)
1	1	Usina---1	1	0,0	1010,0	-100,0	100,0
2	4	Usina---4	1	0,0	700,0	-200,0	200,0
3	5	Usina---5	1	0,0	200,0	-350,0	350,0

Tabela A-4 – Dados de Usinas para o Sistema-Exemplo

Num. da Usina	Nome da Usina	Taxa de Falha (falhas/ano)	Tempo Médio de Reparo (horas)	Taxa de Indisponibilidade Forçada (TIF)
1	Usina---1	2,98	60,0	0,02
2	Usina---4	19,47	50,0	0,01
3	Usina---5	19,47	50,0	0,01

Tabela A-5 – Dados de Estocásticos de Usinas para o Sistema-Exemplo

Condição de Operação	Limite Mínimo (p.u.)	Limite Máximo (p.u.)
Normal	0,95	1,05
Contingência	0,95	1,05

Tabela A-6 – Limites de Tensão para o Sistema Exemplo

## 11

## Apêndice C – Resultados Numéricos para a Metodologia de Precificação do Serviço Ancilar de Suporte de Potência Reativa

Gerador	Valor Unitário (\$/MVar)		Remuneração (\$/ano)	Gerador	Valor Unitário (\$/MVar)		Remuneração (\$/ano)
	Inferior	Superior			Inferior	Superior	
1	0,0000	-0,4952	1025,10	16	0,0000	-0,4004	961,05
2	0,0000	-0,4994	898,95	18	0,0000	-0,3226	1935,30
7	0,0000	-0,2280	820,65	21	0,0000	-0,3101	1860,90
13	0,0000	-0,4851	2328,30	22	0,0000	-0,1110	215,25
14	0,0000	-0,4554	1366,20	23	0,0000	-0,4211	3410,85
15	0,0000	-0,3912	1150,05				

Tabela B-1 – Remuneração dos Geradores que Provêm o Serviço Ancilar de Suporte de Potência Reativa – Sistema IEEE-RTS

Gerador	Valor Unitário (\$/MVar)		Remuneração (\$/ano)	Gerador	Valor Unitário (\$/MVar)		Remuneração (\$/ano)
	Inferior	Superior			Inferior	Superior	
4	0,000	-0,191	716,40	1821	0,040	-0,003	6,75
5	0,005	-0,185	93,00	1822	0,040	-0,003	6,75
6	0,007	-0,054	173,25	1823	0,040	-0,003	6,75
7	0,000	-0,148	44,25	1835	0,030	-0,002	3,00
8	0,000	-0,153	137,25	1842	0,000	-0,013	1,35
11	0,000	-0,214	1025,55	1843	0,000	-0,013	1,35
12	0,000	-0,248	558,45	1850	0,118	0,000	53,25
13	0,000	-0,223	1674,90	1898	0,000	-0,015	2,70
14	0,000	-0,182	1202,85	1907	0,000	-0,266	48,00
16	0,000	-0,312	8971,95	1956	0,000	-0,259	273,15
17	0,000	-0,101	957,75	1973	0,000	-0,174	783,00
21	0,003	-0,072	560,85	2019	0,000	-0,409	232,80
23	0,000	-0,206	262,35	2029	0,000	-0,816	318,15
24	0,000	-0,188	155,40	2046	0,000	-0,181	853,20
25	0,000	-0,153	161,10	2056	0,000	-0,827	62,10
28	0,030	-0,006	21,60	2066	0,000	-0,146	96,30
30	0,001	-0,032	582,60	2067	0,000	-0,146	96,30
33	0,007	-0,004	7,05	2094	0,000	-0,136	396,75
36	0,000	-0,121	596,40	2095	0,000	-0,136	396,75
37	0,000	-0,148	44,25	2096	0,000	-0,136	396,75
42	0,003	-0,037	106,80	2097	0,000	-0,136	396,75
45	0,000	-0,200	2332,65	2101	0,000	-0,351	126,45
176	0,001	-0,080	63,30	2102	0,000	-0,351	126,45
179	0,170	-0,001	799,35	2103	0,000	-0,351	126,45
185	0,000	-0,028	76,65	2104	0,000	-0,351	126,45
189	0,174	0,000	1408,05	2105	0,000	-0,351	126,45

Apêndice C – Resultados Numéricos para a Metodologia de Precificação do Serviço 142 Ancilar de Suporte de Potência Reativa

190	0,026	-0,003	79,50	2106	0,000	-0,351	126,45
191	0,214	0,000	3398,25	2145	0,009	-0,247	115,05
192	0,200	0,000	1761,15	2152	0,005	-0,119	34,50
193	0,006	-0,009	53,40	2174	0,000	-0,347	270,75
194	0,209	0,000	781,80	2176	0,000	-0,307	437,10
196	0,193	0,000	694,20	2183	0,000	-0,185	125,10
197	0,199	0,000	1205,85	2184	0,000	-0,185	125,10
224	0,074	0,000	20,10	2199	0,000	-0,492	140,25
225	0,000	-0,021	7,65	2239	0,000	-0,466	1398,00
229	0,001	-0,025	87,15	2245	0,000	-0,282	76,20
265	0,030	0,000	15,90	2266	0,014	-0,046	4,35
290	0,000	-0,445	941,40	2276	0,239	-0,033	29,10
291	0,000	-0,224	181,65	2294	0,298	-0,002	126,15
292	0,126	-0,002	187,50	2340	0,000	-0,120	13,50
293	0,000	-0,546	983,25	2349	0,172	-0,154	75,45
329	0,027	-0,013	45,30	2357	0,000	-0,986	48,75
330	0,027	-0,013	45,30	2539	1,001	0,000	49,50
370	0,004	-0,008	3,00	2551	0,381	0,000	68,55
376	0,002	-0,021	18,00	2560	0,625	0,000	103,05
403	0,000	-0,031	7,50	2569	0,312	0,000	1924,80
404	0,000	-0,157	132,00	2573	0,028	0,000	25,05
405	0,000	-0,045	34,05	2578	0,499	0,000	239,40
406	0,000	-0,044	44,40	2661	0,006	0,000	896,85
407	0,000	-0,151	155,85	2673	0,240	0,000	2157,15
851	0,000	-0,801	552,60	2674	0,305	0,000	1520,85
853	0,000	-0,519	1362,00	2695	0,424	0,000	190,65
856	0,000	-0,112	621,00	2702	0,000	-0,172	92,85
877	0,000	-0,225	253,50	2704	0,000	-0,112	63,60
878	0,000	-0,111	133,05	2705	0,000	-0,086	70,50
1028	0,000	-0,253	284,40	2706	0,000	-0,056	101,55
1030	0,000	-0,252	1059,30	2707	0,000	-0,050	235,95
1036	0,000	-0,246	369,45	2710	0,000	-0,316	350,25
1044	0,000	-0,153	39,45	2712	0,137	0,000	478,80
1056	0,000	-0,413	433,65	2713	0,136	-0,001	238,20
1143	0,000	-0,283	848,40	2714	0,293	0,000	3414,75
1196	0,000	-0,176	264,30	2715	0,427	0,000	5128,65
1203	0,000	0,000	7,80	2815	0,000	-0,354	318,75
1240	0,000	-0,295	442,95	2835	0,050	-0,060	42,15
1346	0,000	-0,007	3,30	2859	0,057	0,000	5,10
1446	0,000	-0,008	8,55	2896	0,283	0,000	190,95
1467	0,000	-0,232	139,35	2933	0,000	0,000	6,00
1484	0,001	-0,003	7,80	2948	0,000	-0,028	4,20
1491	0,015	0,000	0,45	2993	0,000	-0,003	439,65
1493	0,000	0,000	0,00	3181	0,000	-0,200	1249,35
1495	0,000	0,000	0,00	3182	0,000	-0,225	620,85
1498	0,000	-0,017	1,80	3183	0,000	-0,061	655,20
1518	0,000	-0,062	4,65	3184	0,000	-0,188	495,75
1523	0,017	0,000	5,70	3185	0,000	-0,220	622,35
1532	0,007	-0,002	4,80	3190	0,007	0,000	8,70
1538	0,000	0,000	0,00	3192	0,001	-0,195	141,00
1560	0,035	0,000	8,40	3194	0,011	0,000	3,90
1561	0,010	-0,006	8,10	3196	0,000	-0,187	84,00
1562	0,022	-0,001	17,40	3202	0,000	-0,257	81,15

Apêndice C – Resultados Numéricos para a Metodologia de Precificação do Serviço 143  
Ancilar de Suporte de Potência Reativa

1563	0,009	-0,012	32,25	3205	0,000	-0,087	13,05
1565	0,009	-0,013	23,85	3206	0,001	-0,164	172,50
1670	0,000	-0,519	85,50	3207	0,000	-0,177	375,15
1676	0,000	-0,406	36,60	3215	0,000	-0,298	134,10
1677	0,000	-0,178	8,10	3220	0,000	-0,006	15,00
1686	0,000	-0,137	6,15	3221	0,210	0,000	113,70
1689	0,000	-0,364	75,30	3223	0,000	-0,243	193,05
1694	0,000	-0,422	107,55	3266	0,047	0,000	31,35
1697	0,000	-0,344	26,85	3360	0,026	0,000	5,85
1802	0,032	0,000	3,30				

Tabela B-2 – Remuneração dos Geradores que Provêem o Serviço Ancilar  
de Suporte de Potência Reativa - Sistema Sul-Sudeste

## 12

## Apêndice D – Resultados Numéricos para a Metodologia de Precificação do Serviço Ancilar de Reserva de Potência

Gerador	Valor Unitário (\$/MW)	Remuneração (\$/ano)	Gerador	Valor Unitário (\$/MW)	Remuneração (\$/ano)
1	0,567	143.144,75	16	0,508	137.836,34
2	0,568	143.200,75	18	0,479	335.905,25
7	0,564	197.714,33	21	0,477	334.293,22
13	0,543	374.959,25	22	0,480	168.161,64
15	0,507	169.714,41	23	0,508	517.932,41

Tabela C-1 – Remuneração dos Geradores que Provêm o Serviço Ancilar de Reserva de Potência – Sistema IEEE-RTS

Gerador	Valor Unitário (\$/MW)	Remuneração (\$/ano)	Gerador	Valor Unitário (\$/MW)	Remuneração (\$/ano)
4	0,049	28.165,17	1315	0,246	3.884,68
11	0,039	37.417,63	1317	0,272	1.381,13
12	0,145	28.156,24	1341	0,274	7.979,85
13	0,046	53.298,86	1382	0,382	16.544,63
16	0,019	110.377,91	1383	0,384	16.633,95
17	0,026	52.664,16	1384	0,383	16.628,81
21	0,029	38.030,30	1394	0,345	4.536,76
23	0,041	11.512,02	1401	0,320	4.202,74
24	0,044	6.921,21	1402	0,321	4.216,77
25	0,034	9.851,01	1409	0,287	37.729,54
28	0,221	8.715,60	1425	0,357	1.063,43
40	0,027	8.801,21	1433	0,335	1.172,88
43	0,025	27.820,92	1437	0,322	1.836,10
45	0,025	10.141,39	1449	0,320	6.984,73
50	0,028	60.745,13	1469	0,164	33.714,13
156	0,055	271.600,63	1473	0,091	55.844,19
778	0,168	19.471,67	1475	0,232	8.531,91
780	0,164	54.538,54	1477	0,321	12.657,64
786	0,168	14.701,65	2348	0,251	12.114,94
794	0,095	4.669,85	2349	0,316	719,06
802	0,193	31.395,26	2351	0,348	426,85
1313	0,276	1.161,67			

Tabela C2 – Remuneração dos Geradores que Provêm o Serviço Ancilar de Reserva de Potência – Sistema Sul-Sudeste