

5 Resultados

A apuração dos resultados foi organizada conforme a seguir: primeiramente, apresentam-se as médias anuais dos PLDs para o ano de 2011 de cada submercado, calculadas com base nas simulações extraídas do sistema Newave. Posteriormente, apresentam-se as simulações de contratos de compra e venda entre os submercados. As simulações foram divididas em 6 etapas, para melhor visualização da metodologia adotada e detalhada na Seção 4.1.1.

5.1 Simulação dos PLDs

Na Figura 13, observa-se o histograma da média anual dos PLDs mensais do submercado Sudeste, extraídos do sistema Newave. Dessa forma, observa-se maior probabilidade associada a valores mais baixos, podendo o PLD atingir valores mais elevados, porém com baixa probabilidade.

Sudeste	
Média	64,97
Mediana	34,10
Desvio-Padrão	81,23
Mínimo	12,80
Máximo	622,21

Histograma PLDs Sudeste (R\$/MWh) - média anual

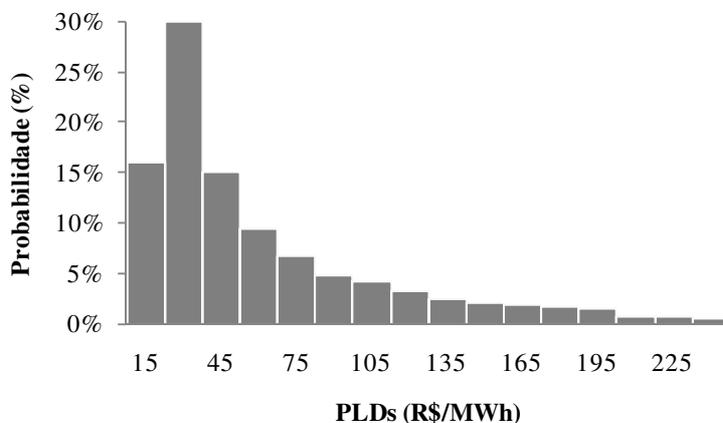


Figura 13: Histograma distribuição PLDs Sudeste/Centro-Oeste – média anual

Em seguida, podemos observar a distribuição da média anual dos PLDs mensais dos quatro submercados (Figura 14):

	Sudeste	Nordeste	Sul	Norte
Média	64,97	61,80	65,91	62,94
Mediana	34,10	33,59	34,42	33,00
Desvio-Padrão	81,23	74,10	81,21	77,41
Mínimo	12,80	12,80	12,80	12,80
Máximo	622,21	590,86	622,21	606,93

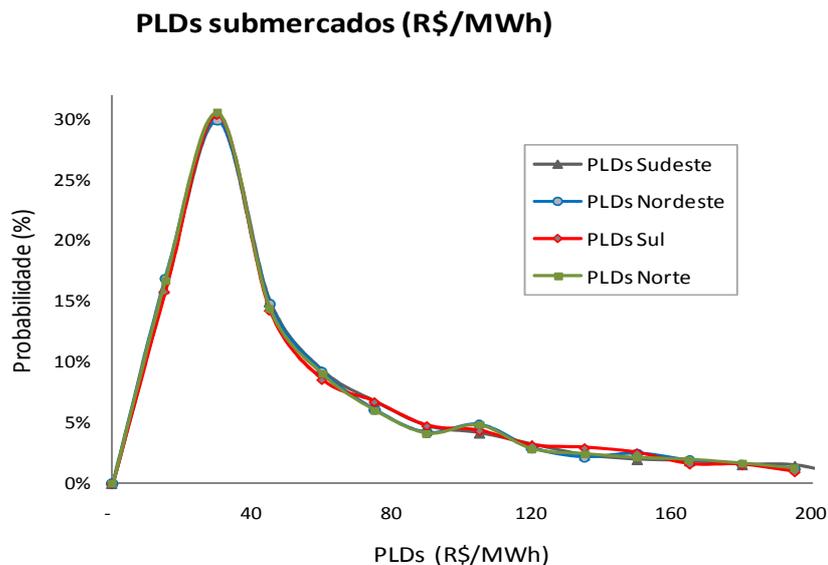
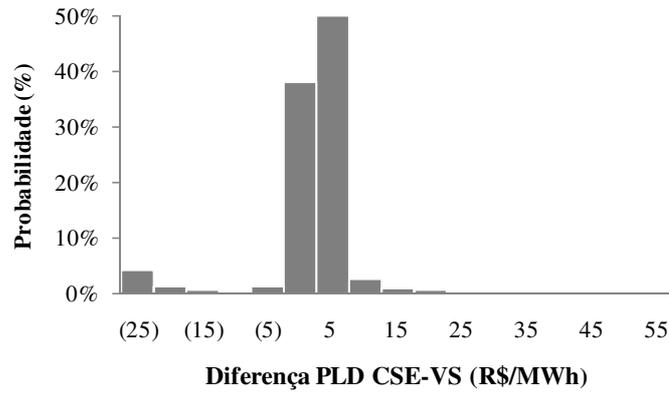


Figura 14: Distribuição dos PLDs dos quatro submercados para 2011 – média anual

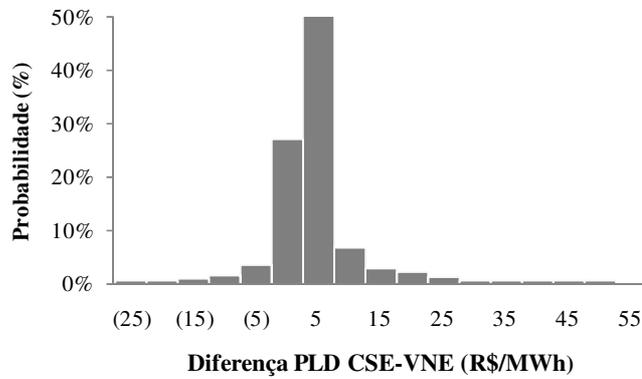
Observa-se que os quatro PLDs apresentam, na média, comportamento bastante similar, com baixa variação de preços. Os PLDs dos submercados Sul e Sudeste/Centro-Oeste apresentam maior média, uma vez que há maior probabilidade associada a valores mais elevados.

Na Figura 15, seguem histogramas da diferença da média anual de preços entre o submercado SE e os demais: CSE-VNE; CSE-VS e CSE-VN:

Histograma PLDs CSE-VS (R\$/MWh) - média anual



Histograma dif. PLDs CSE-VNE (R\$/MWh) - média anual



Histograma PLDs CSE-VN (R\$/MWh) - média anual

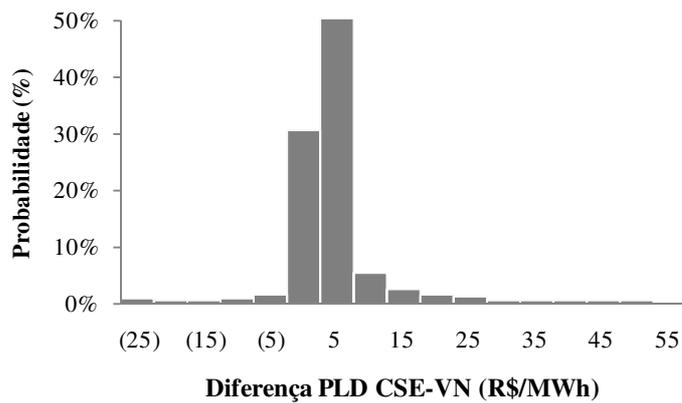


Figura 15: Histogramas de diferenças de preços entre submercados

Com base nos histogramas acima, observa-se que as operações CSE-VNE e CSE-VN apresentam maior margem média frente à operação CSE-VS.

5.2

Etapas das simulações de contratação de energia entre o submercado SE e os demais submercados

Etapa 1:

Primeiramente, assumiu-se como lastro o submercado SE e foram realizadas simulações de compra e venda entre o SE e as demais regiões.

Obteve-se, dessa maneira, três composições: CSE-VNE; CSE-VS e CSE-VN, conforme exposto na Tabela 5 abaixo:

Tabela 5: Tabela de Compra SE e Venda nos demais submercados (CSE+VDemais)

Compra SE - Venda demais submercados			
	CSE-VNE	CSE-VS	CSE-VN
MWmed	10	10	10
R\$			
Média	165,786	(50,088)	105,761
Mediana	24,595	815	9,702
Desvio Padrão	999,782	490,632	670,745
VaR 95%	(297,484)	(1,105,567)	(164,085)
VaR 99%	(927,815)	(1,955,198)	(1,114,023)
CVaR 5%	(726,332)	(1,417,625)	(1,048,737)
Pr Valor <0 (%)	25.6%	37.0%	23.6%

O volume de energia assumido para as simulações de compra e venda da etapa 1 foi de 10 MW e nesta etapa serve apenas para demonstrar a simetria negativa existente entre as simulações.

Posteriormente, foram simuladas operações exatamente opostas, assumindo-se o lastro nas demais regiões e venda no submercado SE, obtendo-se as seguintes composições CNE-VSE; CS-VSE e CN-VSE, conforme exposto na Tabela 6:

Tabela 6: Tabela de Venda SE e Compra nos demais submercados (CDemais+VSE)

Vende SE - Compra demais submercados			
	CNE-VSE	CS-VSE	CN-VSE
MWmed	10	10	10
R\$			
Média	(165,786)	50,088	(105,761)
Mediana	(24,595)	(815)	(9,702)
Desvio Padrão	999,782	490,632	670,745
VaR 95%	(789,852)	(253,333)	(645,738)
VaR 99%	(3,422,874)	(944,001)	(2,185,883)
CVaR 5%	(1,350,465)	(800,928)	(1,105,676)
Pr Valor <0 (%)	67.5%	54.9%	66.4%

Observa-se que há uma nítida simetria negativa entre o Swap CSE+VDemais (Etapa 1) e CDemais+VSE (Etapa 2). Esta correlação negativa ocorre em função de os resultados obtidos com as simulações de CSE+VDemais serem apurados a partir da diferença de preços entre os submercados. Já nas operações de CDemais+VSE, o resultado é calculado de forma exatamente oposta, ou seja, também são obtidos pela diferença de preços entre os mesmos submercados. Como os preços de venda são iguais aos preços de compra em cada submercado, os resultados obtidos também são iguais, porém com sinais contrários.

Etapa 2:

Utilizando-se a ferramenta Solver do Excel, obteve-se o montante de energia que maximiza a medida Ω dada a restrição de $VaR_{95\%}$ de R\$ 300 mil, para cada contrato. Dessa forma obtiveram-se os seguintes resultados ótimos para a operações de CSE+VDemais (Tabela 7):

Tabela 7: Tabela de Compra SE e Venda nas demais regiões

Compra SE - Venda demais submercados			
Contratos	CSE-VNE	CSE-VS	CSE-VN
MWmed (Ótimo)	10	3	18
R\$			
Média	167,189	(13,592)	193,365
Mediana	24,803	221	17,738
Desvio Padrão	1,008,239	133,135	1,226,339
VaR 95%	(300,000)	(300,000)	(300,000)
VaR 99%	(935,663)	(530,551)	(2,036,793)
CVaR 5%	(728,151)	(472,313)	(1,377,694)
Pr Valor <0 (%)	25.6%	37.0%	23.6%
Alvo	100,000	100,000	100,000
Média Pos >Alvo	703,560	156,465	800,304
Prob Pos > Alvo	26%	3%	29%
Média Neg < Alvo	(150,630)	(122,663)	(197,493)
Prob Neg < Alvo	75%	97%	71%
Ômega	1.5987	0.0428	1.6673

Novamente utilizando a ferramenta Solver do Excel foi obtido o Ω máximo para as simulações contratuais exatamente opostas, conforme Tabela 8 abaixo:

Tabela 8: Tabela de Compra demais regiões e Venda SE

Vende SE - Compra demais submercados			
Contratos	CNE-VSE	CS-VSE	CN-VSE
MWmed (Ótimo)	4	12	5
R\$			
Média	(62,969)	59,315	(49,135)
Mediana	(9,342)	(965)	(4,507)
Desvio Padrão	379,735	581,013	311,618
VaR 95%	(300,000)	(300,000)	(300,000)
VaR 99%	(1,300,069)	(1,117,898)	(1,015,528)
CVaR 5%	(1,070,457)	(855,300)	(864,299)
Pr Valor <0 (%)	67.5%	54.9%	66.4%
Alvo	100,000	100,000	100,000
Média Pos >Alvo	147,582	1,250,706	282,763
Prob Pos > Alvo	6%	9%	4%
Média Neg < Alvo	(182,615)	(168,405)	(169,249)
Prob Neg < Alvo	94%	91%	96%
Ômega	0.051	0.735	0.078

Vale destacar que o volume de energia não é uma variável de decisão, sendo apenas uma variável que maximiza a medida Ω em função das restrições aplicadas.

Etapa 3:

Analisando-se as operações simuladas na Etapa 2 (CSE+VDemais) e (CDemais+VSE), foram eliminadas as três operações que apresentaram Ω s mais baixos. Após as eliminações, restaram as seguintes operações: CSE-VNE, CS-VSE e CSE-VN

Etapa 4:

Nesta fase, foram realizadas as combinações em duplas entre as três alternativas que restaram, e cujos Ω s foram mais elevados. A Tabela 9 apresenta os resultados das combinações em duplas realizadas entre os três contratos de maior medida Ω :

Tabela 9: Tabela com combinações em duplas

Combinações (i)			
Contratos	(i) CSE-VNE (ii) CS-VSE	(i) CSE-VNE (ii) CSE-VN	(i) CS-VSE (ii) CSE-VN
MWmed Ótimo (i)	10	4	-
MWmed Ótimo (ii)	0	11	18
R\$			
Média	167,371	187,240	193,365
Mediana	24,900	22,366	17,738
Desvio Padrão	1,008,143	1,132,577	1,226,339
VaR 95%	(300,000)	(300,000)	(300,000)
VaR 99%	(936,767)	(1,462,371)	(2,036,793)
CVaR 5%	(728,630)	(1,104,838)	(1,377,694)
Pr Valor <0 (%)	25.8%	25.7%	23.6%
Alvo	100,000	100,000	100,000
Média Pos >Alvo	704,372	772,057	800,304
Prob Pos > Alvo	26%	28%	29%
Média Neg < Alvo	(150,663)	(179,078)	(197,493)
Prob Neg < Alvo	75%	72%	71%
Ômega	1.6002	1.6766	1.6673

O objetivo de se fazer as combinações foi o de conseguir montar um portfólio de contratos de energia elétrica, buscando atingir uma medida Ω ainda mais elevada frente ao melhor retorno até então atingido com a transação CSE-VN ($\Omega = 1,6673$). De fato, obteve-se um resultado ainda maior chegando a um Ω de 1,6766 com a combinação dos Swaps: CS-VNE+CSE-VN.

Etapa 5:

Nesta etapa, foram realizadas combinações entre as três operações de maior medida Ω obtidas nas Etapa 2 e 3, chegando-se ao seguinte resultado: CSE-VNE + CS-VSE + CSE-VN. Veja Tabela abaixo (Tabela 10):

Tabela 10: Tabela com combinações entre as três opções de maior medida Ω

Combinações (ii)	
	(i) CSE-VNE
Contratos	(ii) CS-VSE
	(iii) CSE-VN
MWmed Ótimo (i)	4
MWmed Ótimo (ii)	-
MWmed Ótimo (iii)	11
R\$	
Média	187,240
Mediana	22,366
Desvio Padrão	1,132,577
VaR 95%	(300,000)
VaR 99%	(1,462,371)
CVaR 5%	(1,104,838)
Pr Valor <0 (%)	25.7%
Alvo	100,000
Média Pos >Alvo	772,057
Prob Pos > Alvo	28%
Média Neg < Alvo	(179,078)
Prob Neg < Alvo	72%
Ômega	1.6766

Esperava-se que ao combinar três Swaps seria possível obter uma medida Ω ainda maior do que a de todas as etapas anteriores, visto que estaria ocorrendo uma diluição do risco entre três contratos em três regiões diferentes. Porém, o teste demonstrou que, neste caso, a combinação ótima não poderia envolver CS-VSE já que este contrato não conseguiu elevar a probabilidade de resultados positivos, piorando significativamente a medida Ω .

Etapa 6

Conforme os resultados obtidos, o Swap ótimo de operações casadas de compra e venda de energia elétrica é composto pelas seguintes operações: 4MWCSE-VNE + 11MWCSE-VN, cujo Ω foi de 1,6766.

5.3 Análises de sensibilidade

Foram realizadas análises de sensibilidade alterando-se o valor do alvo (L) e do $VaR_{95\%}$ para se testar o comportamento da medida Ω . Os testes foram realizados individualmente com as três simulações de Swaps que retornaram Ω s mais elevados: CSE-VNE, CS-VSE e CSE-VN.

Para elaborar a análise foi utilizada a ferramenta Tabela de Dados do Excel. Essa ferramenta retorna toda a distribuição de resultados dentro de premissas previamente estabelecidas. As únicas premissas definidas exogenamente foram o alvo (L) e o volume de energia, a partir daí calculou-se qual $VaR_{95\%}$ que maximiza a medida Ω para cada volume de energia da curva. Com base nos dados da tabela foram obtidas as curvas de $VaR_{95\%}$ e medida Ω para cada alvo e volume conforme Figuras 16, 17 e 18. Os testes foram feitos para os seguintes alvos: R\$ 100 mil, R\$ 500 mil e R\$1 milhão:

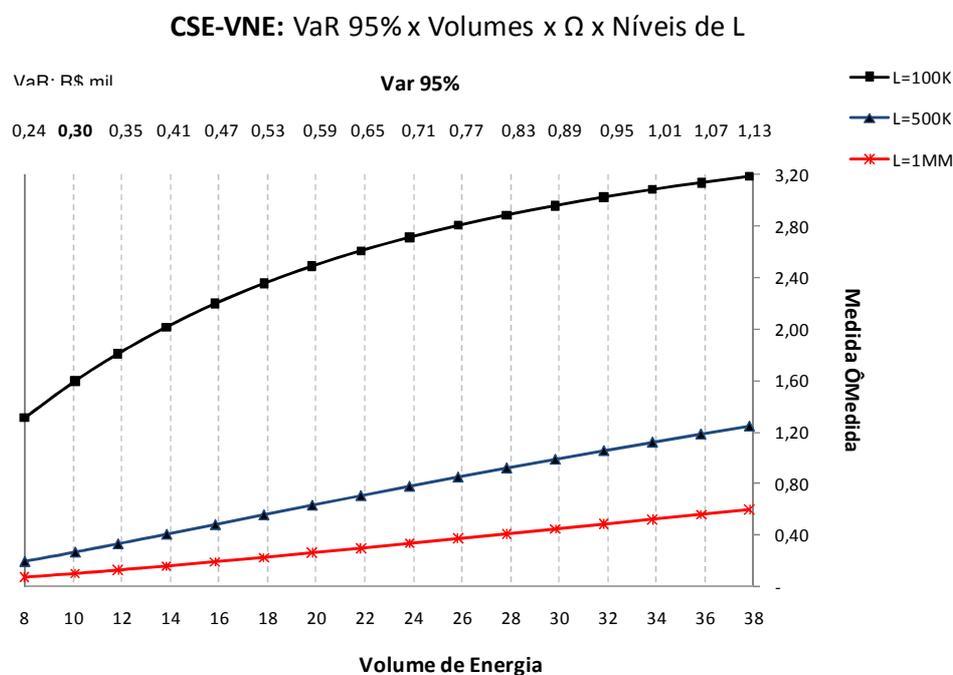


Figura 16: Simulação CSE-VNE

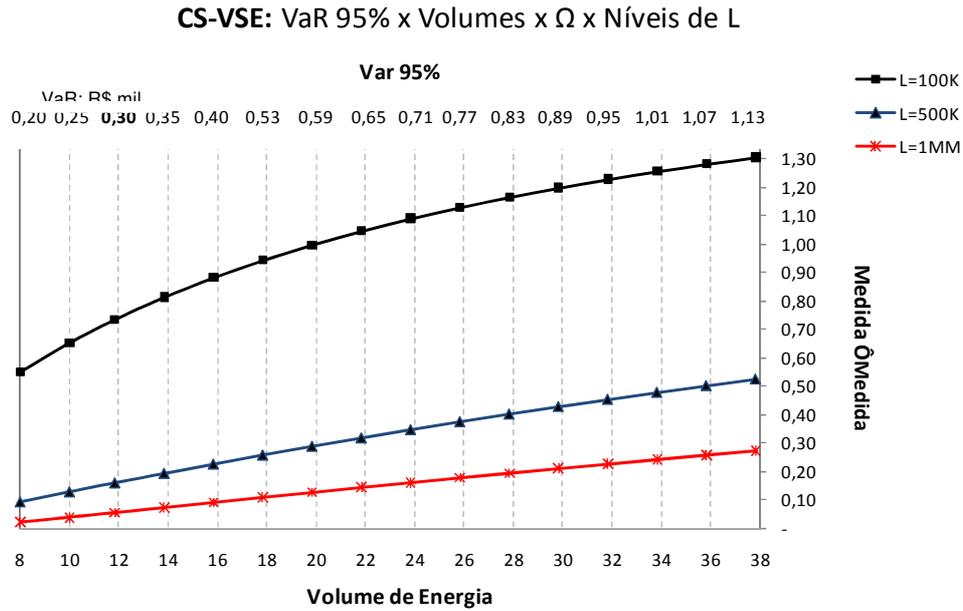


Figura 17: Simulação CS-VSE

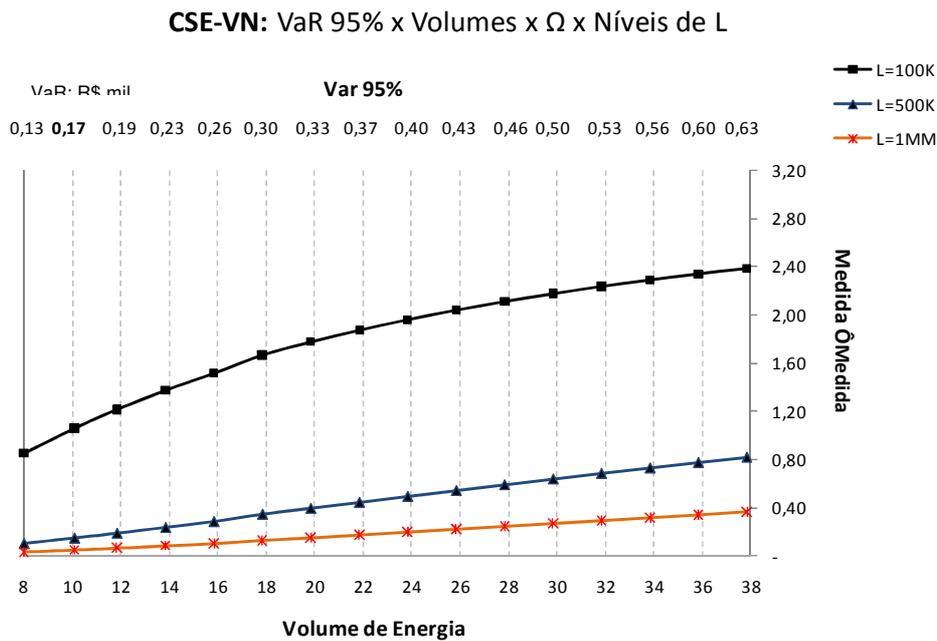


Figura 18: Simulação CSE-VN

Como pode ser observado, a medida Ω reduz significativamente quando o alvo (L) é aumentado. Dessa forma, caso seja estabelecida uma meta de ganho muito elevada para o porte da operação a probabilidade de ocorrência de retornos negativos poderá ser maior do que a de positivos, levando Ω a níveis muito baixos.

Vale observar também o comportamento do $VaR_{95\%}$ e do volume de energia, visto que, quanto maior o $VaR_{95\%}$ maior deverá ser o volume de energia comercializado para que se obtenha Ω mais elevados.

Dessa forma, as análises de sensibilidade servem para mostrar que ao escolher o valor do alvo/meta (L), o gestor deve levar em conta o porte da operação, para não desequilibrar demasiadamente a relação entre ganho e perda apurada pela medida Ω .