

## 5 Apresentação e análise dos resultados

A apresentação dos resultados segue a mesma ordem em que foi apresentada a metodologia, sendo dividido em quatro partes.

Primeiro serão apresentados os resultados referentes à simulação dos PLDs para o ano de 2012 e 2013 divididos em cada um dos quatro submercados. Em seguida os resultados dos *Swaps* serão analisados e apresentadas as soluções ótimas para os volumes contratados que maximizam  $\Omega$  em cada uma das transações. Por último as análises de sensibilidade serão discutidas.

Nas tabelas e nas figuras o submercado Sudeste/Centro-Oeste será representado apenas como Sudeste, e em relação aos *Swaps* o primeiro submercado será o mercado comprador de energia, ou seja, o mercado onde a energia será vendida e o segundo o mercado onde a energia será comprada, ou seja, o mercado comprador.

### 5.1. Simulação dos PLDs

Foram feitos estudos a partir dos dados simulados a fim de encontrar características sobre a distribuição formada. Na Tabela 3 há um resumo das estatísticas descritivas separadas por submercados para o ano de 2012 e a Tabela 4 para o ano de 2013.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas dos PLDs de 2012

	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Média	45,36	45,19	45,96	45,74
Variância	2550,02	2558,97	2654,34	2641,13
Desvio-padrão	50,50	50,59	51,52	51,39
Assimetria	3,35	3,41	3,18	3,17
Curtose	18,75	7,02	19,15	8,44
Mediana	27,31	27,26	28,12	27,92
Moda	12,08	12,08	12,08	12,08
Mínimo	12,08	12,08	12,08	12,08
Máximo	466,34	466,34	468,65	468,95
Amplitude	454,26	454,26	456,57	456,87
Quantidade	2000	2000	2000	2000
1st Quartil	14,83	14,83	15,09	15,13
3rd Quartil	55,13	54,80	56,29	55,38
Amplitude Interquartil	40,30	39,96	41,20	40,25
1,00%	12,08	12,08	12,08	12,08
2,50%	12,08	12,08	12,08	12,08
5,00%	12,08	12,08	12,08	12,08

Com os dados da Tabela 3, é possível ver que todos os submercados apresentam, em grande maioria, valores muito semelhantes para o ano em estudo, inclusive com as modas idênticas e com médias, medianas e desvios-padrão na mesma ordem de grandeza.

Com os dados da Tabela 4 é possível notar uma diferença clara entre os valores dos diferentes submercados para o ano de 2013.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas dos PLDs de 2013

	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Média	56,07	55,96	61,48	60,54
Variância	3281,95	3477,50	5.833,83	5669,60
Desvio-padrão	57,29	58,97	76,38	75,30
Assimetria	1,9300	2,1465	3,18	3,1770
Curtose	7,0179	8,4345	16,13	16,0647
Mediana	31,71	31,56	32,54	31,94
Moda	12,08	12,08	12,08	12,08
Mínimo	12,08	12,08	12,08	12,08
Máximo	372,29	381,79	574,97	558,67
Amplitude	360,21	369,71	562,89	546,59
Quantidade	2000	2000	2.000	2000
1st Quartil	16,02	15,99	16,20	16,28
3rd Quartil	74,26	72,36	75,20	73,49
Amplitude Interquartil	58,25	56,37	59,00	57,21
1,00%	12,08	12,08	12,08	12,08
2,50%	12,08	12,08	12,08	12,08
5,00%	12,08	12,08	12,08	12,08

Os valores estimados para os submercados de Sudeste/Centro-Oeste e Sul são consideravelmente maiores que os valores estimados para os de Norte e Nordeste. É possível ver essa diferença também na variância e para o desvio-padrão, assim como para amplitude mostrando que há uma maior variabilidade para os dois submercados citados. Vale também destacar que a assimetria e a curtose também possuem essas diferenças evidenciando que o formato das distribuições também difere. Os submercados para o ano de 2013 possuem certas semelhanças entre si, entre Norte e Nordeste e entre Sul e Sudeste/Centro-Oeste, no entanto esses dois pares de *Swaps* são bastante distintos.

Comparando-se os dois anos é possível aferir que as simulações para o ano de 2013 apresentam expectativas de valores mais altos para os PLDs de todos os submercados. Enquanto no ano de 2012 as médias dos PLDs ficam por volta de R\$ 45,00, em 2013 ficam em parte próximas a R\$ 56,00 e em parte próximas a R\$ 61,00, apresentando assim uma diferença significativa.

Além disso, analisando-se a variância e o desvio-padrão, é possível notar que para o ano de 2012 há uma menor dispersão dos dados quando se comparado ao ano de 2013. No entanto a amplitude não serviu para reforçar essas idéias, pois os valores para 2012, entre 454,26 e 456,87, ficam em posição intermediária em relação aos de 2013, entre 360,21 e 562,89.

Nas Figuras 6, 7, 8 e 9 constam os histogramas das simulações de PLDs para cada um dos submercados para o ano de 2012 e 2013. No eixo das abscissas estão os valores dos PLDs simulados e no eixo das ordenadas a frequência relativa para cada um dos intervalos, que representa o percentual de valores que estão nessa faixa.

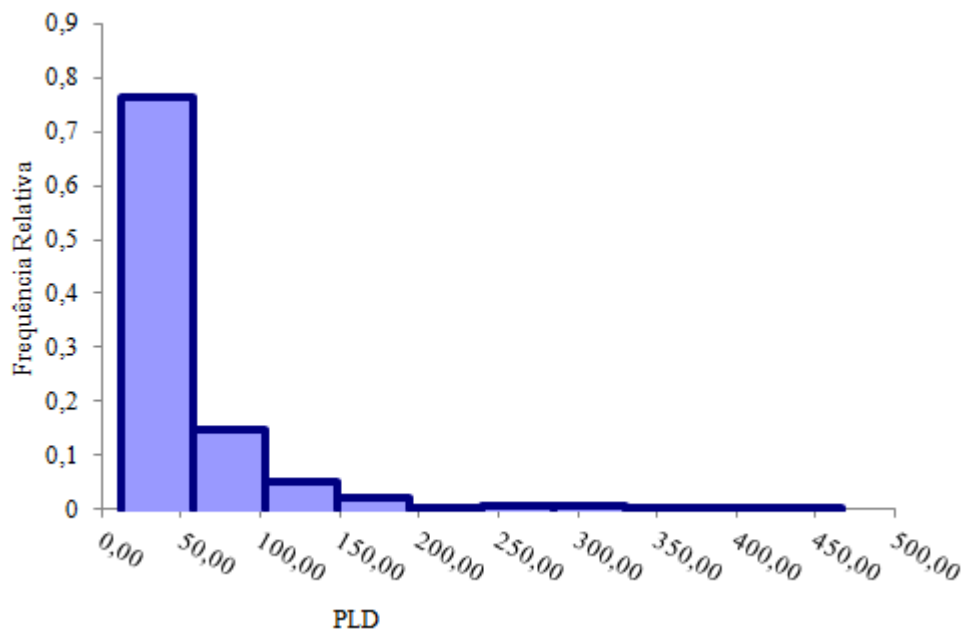


Figura 6 - Histograma dos PLDs do submercado Nordeste para 2012

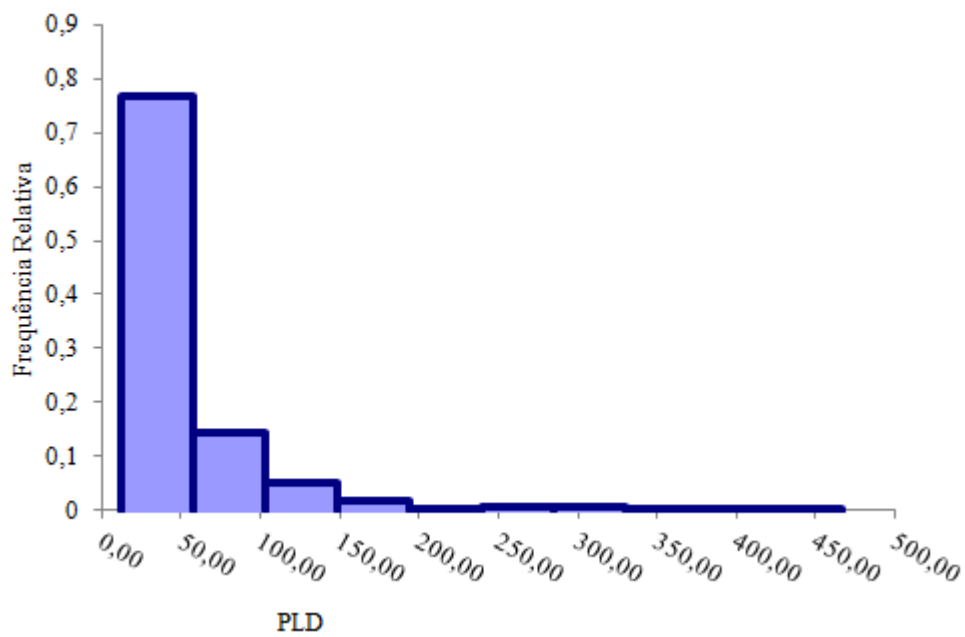


Figura 7 - Histograma dos PLDs do submercado Norte para 2012

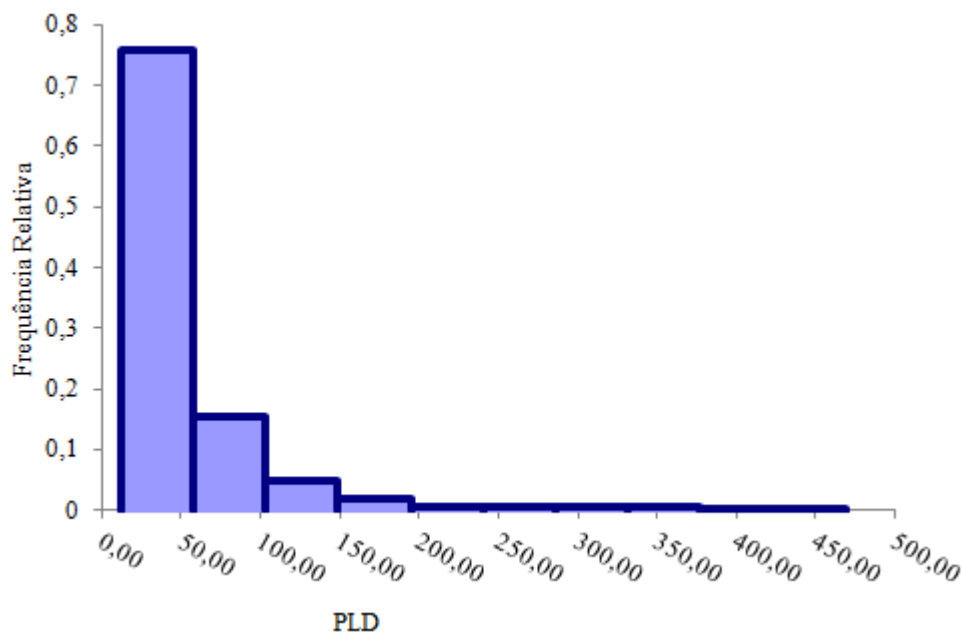


Figura 8 - Histograma dos PLDs do submercado Sudeste para 2012

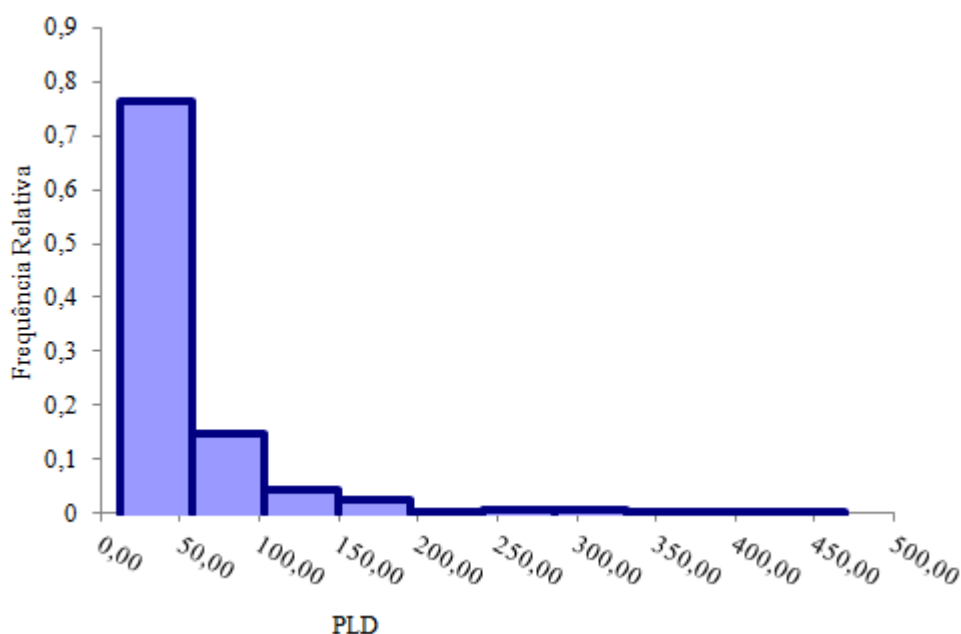


Figura 9 - Histograma dos PLDs do submercado Sul para 2012

Assim como suas estatísticas descritivas, os histogramas dos valores médios anuais dos PLDs de cada submercado para o ano de 2012 são muito semelhantes quando comparados entre si.

Os formatos dos histogramas sugerem funções geratrizes semelhantes a uma log-normal, o que é razoável considerando-se a moda como R\$ 12,08 sabendo que não há PLD negativo, já que inexistente a possibilidade de receber dinheiro para consumir energia, e que o número de ocorrências nas faixas diminui com aumento do valor esperado.

Nas Figuras 10, 11, 12 e 13 estão representados os histogramas do ano de 2013.

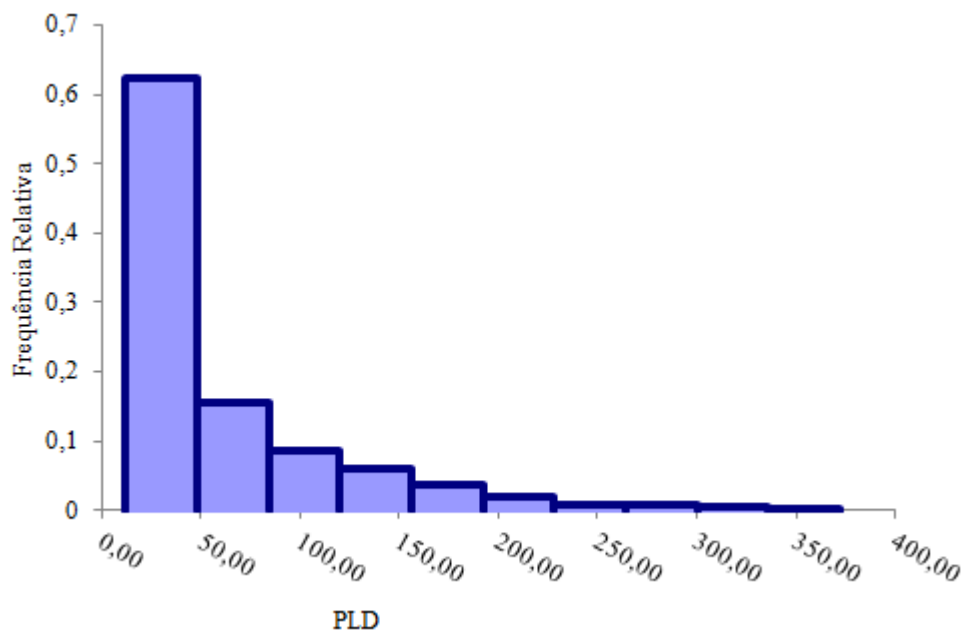


Figura 10 - Histograma dos PLDs do submercado Nordeste para 2013

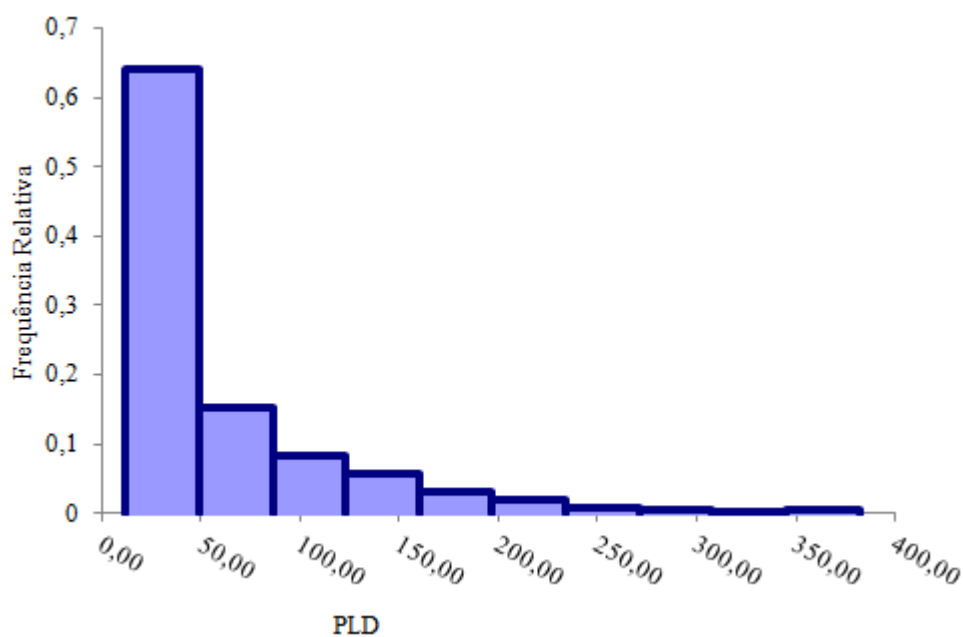


Figura 11 - Histograma dos PLDs do submercado Norte para 2013

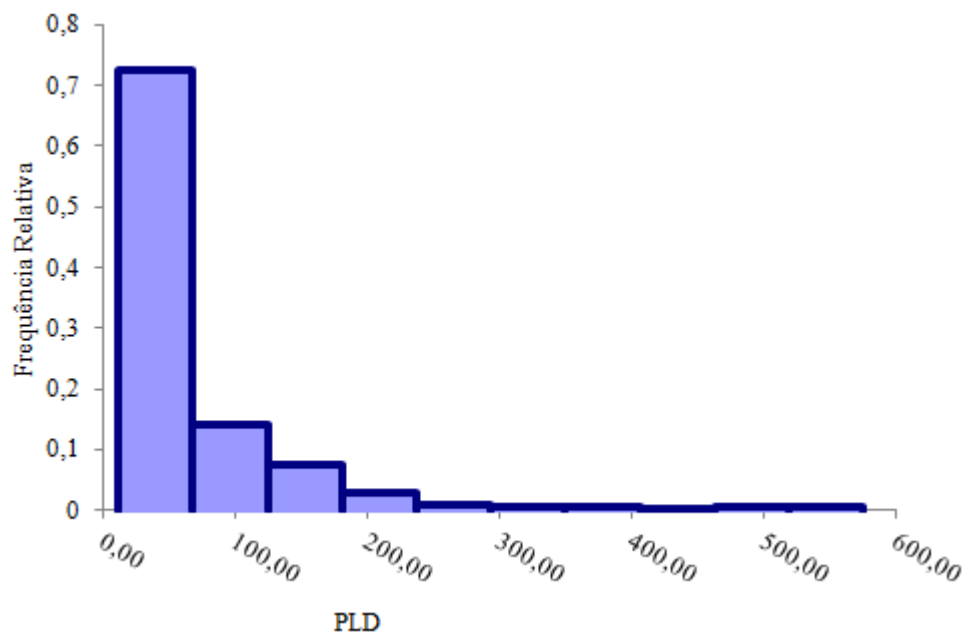


Figura 12 - Histograma dos PLDs do submercado Sudeste para 2013

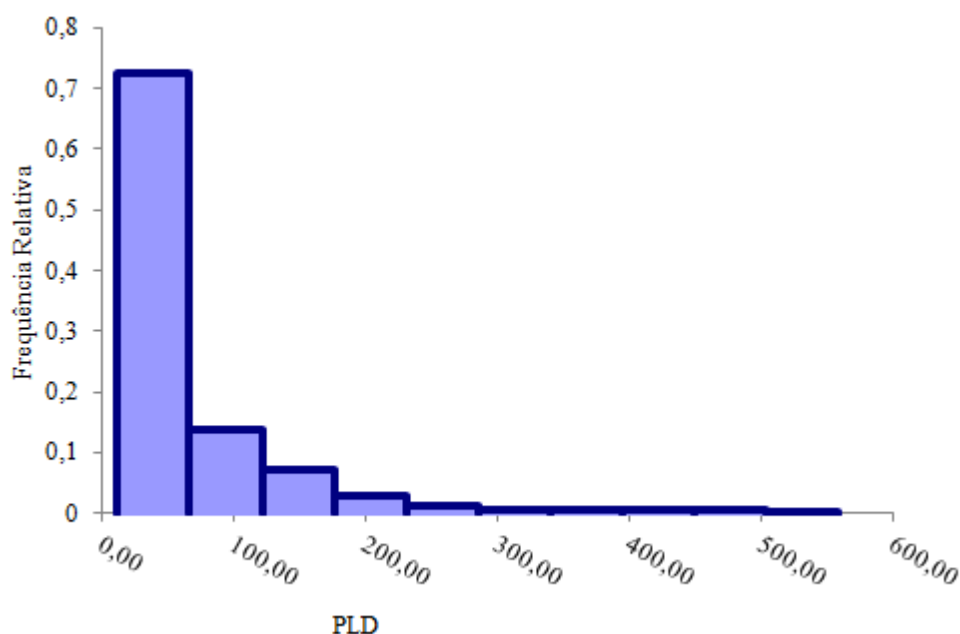


Figura 13 - Histograma dos PLDs do submercado Sul para 2013

Os submercados de Norte e Nordeste são semelhantes entre si diferindo bastante dos de Sudeste/Centro-Oeste e Sul, que também são semelhantes entre si. Esse resultado é coerente com os dados apresentados na Tabela 4.

Comparando os dois anos, em relação a seus histogramas, as conclusões são as mesmas encontradas com os dados das Tabelas 3 e 4. Para o ano de 2012 os dados são mais parecidos entre os quatro submercados, quando comparados com os dados do ano de 2013. É possível notar que a moda está em todos os casos no

primeiro intervalo que compõem o histograma, e que os dados para o ano de 2013 apresentam probabilidades maiores de serem alocados em faixas mais afastadas da primeira, isso é explicado por sua maior variância, fato este já destacado anteriormente.

## **5.2. Swaps de energia elétrica entre submercados**

Nessa seção serão analisados os doze *Swaps* com resultados positivos, com expectativa de ganhos, seis para o ano de 2012 e outros seis para o ano de 2013. Os *Swaps* em pares invertidos, quando os submercados que participam da operação são os mesmos apenas mudando a situação de mercado entre comprador e vendedor, apresentam alguns resultados idênticos, como variância, desvio-padrão, amplitude, e outros invertidos seja em relação à positividade e negatividade, sendo o caso da média, da mediana, e em outros casos invertidos, como máximo e mínimo e percentis. Isso se dá, pois esses pares possuem a mesma distribuição de valores apenas com sinais opostos quando ocorre a situação oposta. Além disso, como já mencionado, para a composição de carteiras, os *Swaps* de valor esperado negativo podem ser referenciados pelo sinal negativo para o valor MW médio contratado, assim significando que as operações estão invertidas, como também garantindo que todas as possibilidades foram consideradas na busca pela carteira ótima em relação a  $\omega$ .

Foram geradas as estatísticas descritivas e apresentadas na Tabela 5, referente ao ano de 2012 e na Tabela 6 ao ano de 2013.



Tabela 5 - Estatísticas descritivas dos *Swaps* com valor esperado positivo de 2012

	Sudeste Sul	Sudeste Norte	Sudeste Nordeste	Sul Norte	Sul Nordeste	Nordeste Norte
Média	0,23	0,77	0,60	0,55	0,38	0,17
Variância	20,53	10,19	15,27	33,92	40,43	2,28
Desvio-Padrão	4,53	3,19	3,91	5,82	6,36	1,51
Assimetria	-4,40	7,71	8,17	4,94	4,67	-17,85
Curtose	81,53	114,98	126,35	57,41	53,50	492,20
Mediana	0,00	0,09	0,09	0,01	0,01	0,00
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mínimo	-62,61	-31,75	-33,47	-38,79	-40,85	-42,71
Máximo	56,48	57,33	74,00	81,04	81,58	6,99
Amplitude	119,09	89,08	107,47	119,83	122,43	49,70
Quantidade	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
1 Quartil	455,62	1.548,82	1.209,12	1.093,20	753,50	339,70
3 Quartil	-0,03	0,00	-0,05	-0,26	-0,45	-0,05
Amplitude Interquartil	0,35	0,72	0,75	0,71	0,73	0,04
1,00%	0,38	0,72	0,80	0,97	1,18	0,09
2,50%	-20,71	-2,69	-5,79	-12,92	-14,25	-0,43
5,00%	-0,51	-0,90	-2,77	-4,18	-5,51	-0,17

Com os dados Tabela 5 é possível notar diferenças na distribuição entre os distintos *Swaps* para o ano de 2012. Apesar dos valores estarem na mesma ordem de grandeza para a média, entre 0 e 1, praticamente todas as estatísticas descritivas apresentam valores significativamente diferentes.

É possível inferir que o submercado Sudeste/Centro-Oeste apresenta em geral valores de PLDs mais altos, pois ele foi a ponta compradora em todos os *Swaps* escolhidos que o continham na operação, sendo seguido pelo submercado Sul com duas pontas compradores e Nordeste que só foi a ponta compradora quando transacionado com o Norte. Essa análise não poderia ter sido feita apenas com os valores de PLDs, pois como foi apresentado anteriormente, com apenas suas distribuições não era possível notar nenhuma diferença significativa entre esses para o ano de 2012.

Como as distribuições de PLDs para o ano de 2012 são muito semelhantes entre si, os *Swaps* gerados apresentam distribuições também semelhantes não havendo uma clara separação entre grupos de *Swaps*.

A Tabela 6 apresenta os resultados para o ano de 2013.

Tabela 6 - Estatísticas descritivas dos *Swaps* com valor esperado positivo de 2013

	Sudeste Sul	Sudeste Norte	Sudeste Nordeste	Sul Norte	Sul Nordeste	Nordeste Norte
Média	0,94	5,50	5,41	4,58	4,47	0,11
Variância	24,99	723,43	880,89	712,52	871,29	27,01
Desvio-padrão	5,00	26,90	29,68	26,69	29,52	5,20
Assimetria	-3,30	8,53	7,89	8,46	7,80	-7,03
Curtose	76,22	87,68	75,31	89,54	76,57	107,08
Mediana	0,04	0,29	0,16	0,08	0,03	0,00
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mínimo	-75,97	-17,95	-39,37	-30,57	-48,56	-95,65
Máximo	49,09	381,99	394,78	404,52	417,31	33,67
Amplitude	125,06	399,95	434,16	435,09	465,87	129,32
Quantidade	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
1 Quartil	1.871,43	11.003,69	10.820,01	9.159,28	8.948,58	210,70
3 Quartil	-0,01	0,00	-0,02	-0,27	-0,51	0,00
Amplitude Interquartil	0,87	1,77	1,68	1,36	1,25	-4,028
1,00%	0,88	1,77	1,70	1,63	1,75	-3,045
2,50%	-4,43	-2,86	-16,24	-13,51	-25,38	-1,820
5,00%	-0,68	-0,68	-4,98	-4,98	-9,32	-1,59

Para o ano de 2013 as médias apresentam valores bem distintos entre os *Swaps*, assim como a maioria das estatísticas descritivas apresentadas.

A semelhança notada anteriormente entre os valores dos PLDs dos submercados Sudeste/Centro-Oeste e Sul, e entre Norte e Nordeste podem ser observadas pelos valores da média e do desvio-padrão das operações. São valores baixos se comparados com os outros pares possíveis, mostrando a semelhança entre essas distribuições e a divergência entre os outros submercados, reforçando ainda mais as informações já apresentadas.

Comparando-se os dois anos estudados, o ano de 2013 apresenta valores mais altos para suas médias e desvios-padrão, gerando assim, a expectativa de ganhos maiores, mas ao mesmo tempo apresentando um risco maior, pois, há uma maior diversidade entre as suas simulações. Também ficou evidente a expectativa de maiores PLDs para os submercados Sudeste/Centro-Oeste e Sul, assim como no ano anterior, pois os *Swaps* lucrativos são os mesmos.

As Figuras 14 a 19 representam os histogramas para cada um dos *Swaps* do ano de 2012.

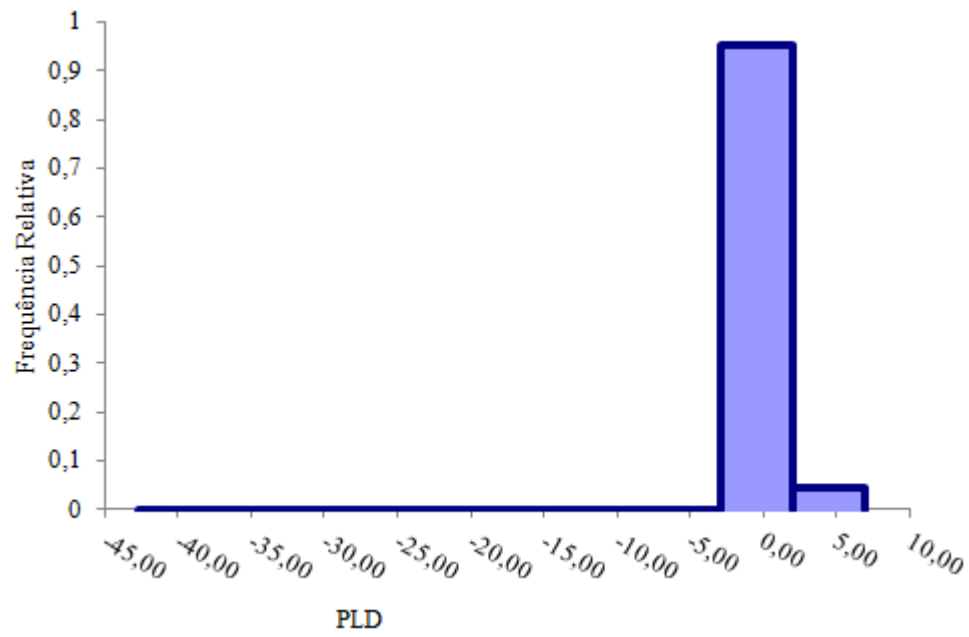


Figura 14 - Histograma do Swap Nordeste Norte de 2012

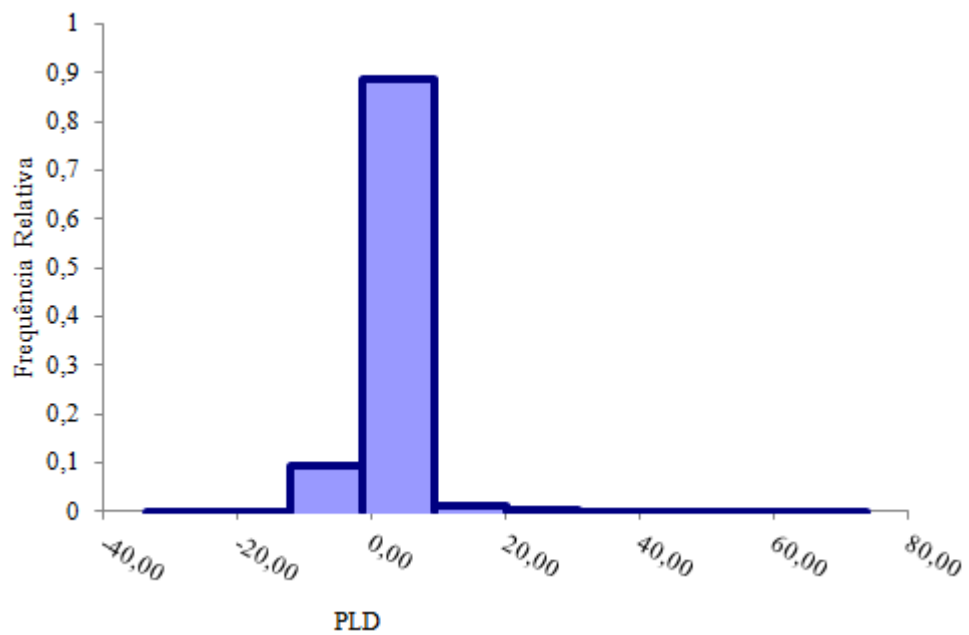


Figura 15 - Histograma do Swap Sudeste Nordeste de 2012

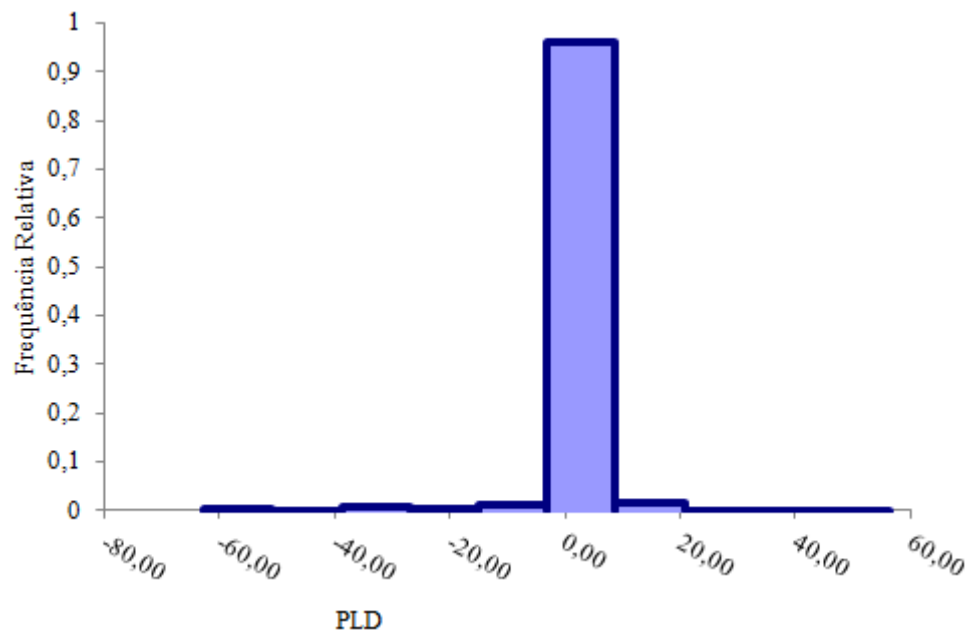


Figura 16 - Histograma do Swap Sudeste Sul de 2012

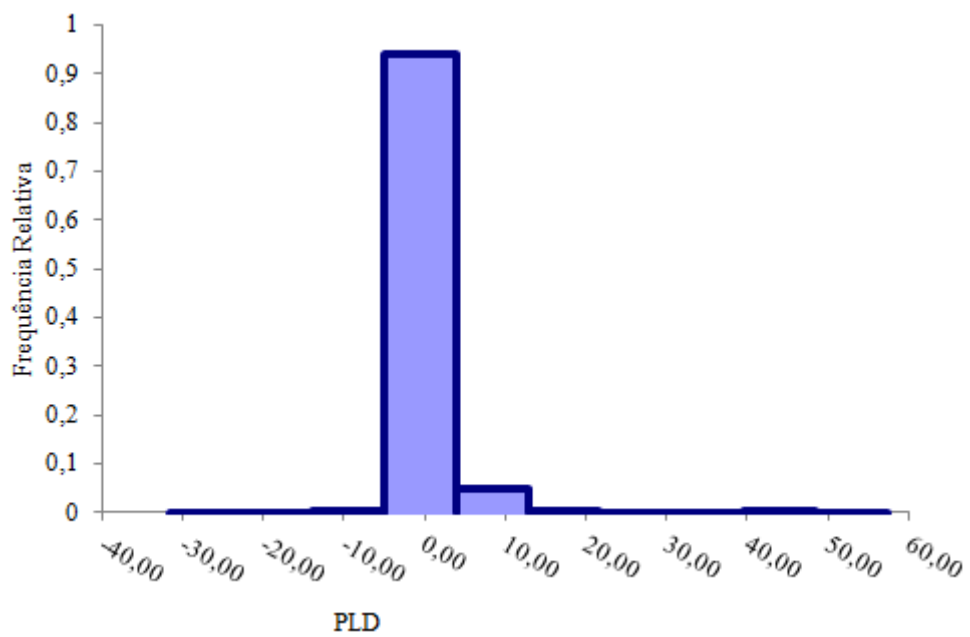


Figura 17 - Histograma do Swap Sudeste Norte de 2012

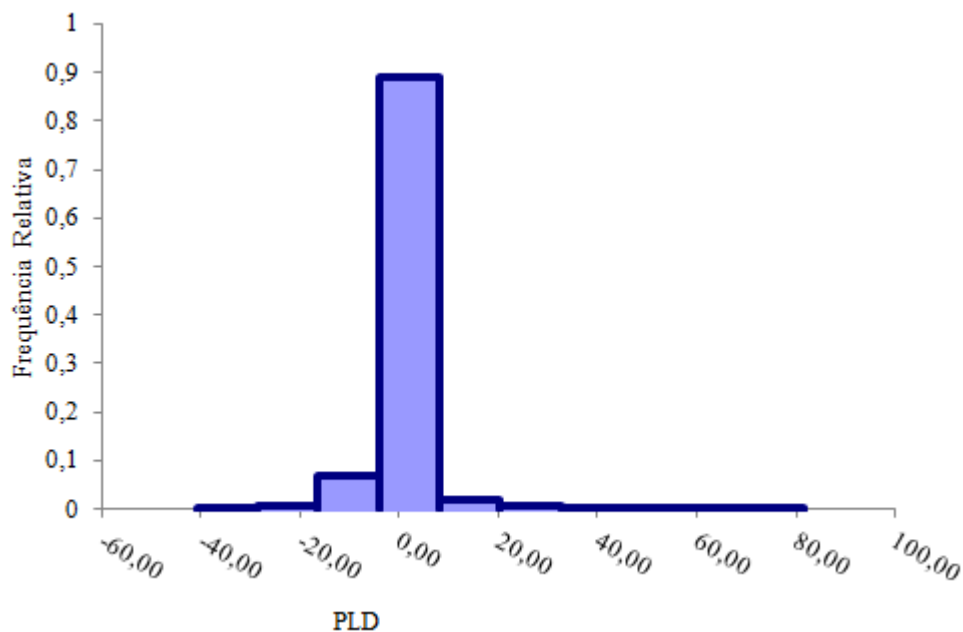


Figura 18 - Histograma do Swap Sul Nordeste de 2012

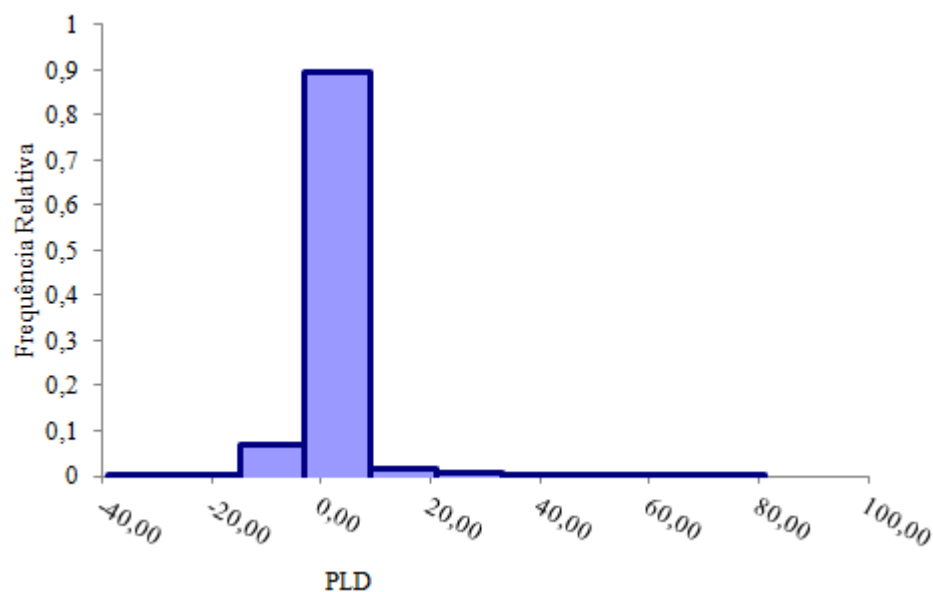


Figura 19 - Histograma do Swap Sul Norte de 2012

Os histogramas acima, assim como os dados estatísticos descritivos das operações, apresentam valores próximos de zero sendo que todos eles apresentam cerca de 90% dos dados dentro do primeiro intervalo, indo de acordo com o comentário anterior de que não é possível fazer afirmações quanto às diferenças significativas entre as diferentes operações.

As Figuras 20 a 25 representam os histogramas para cada um dos *Swaps* do ano de 2013.

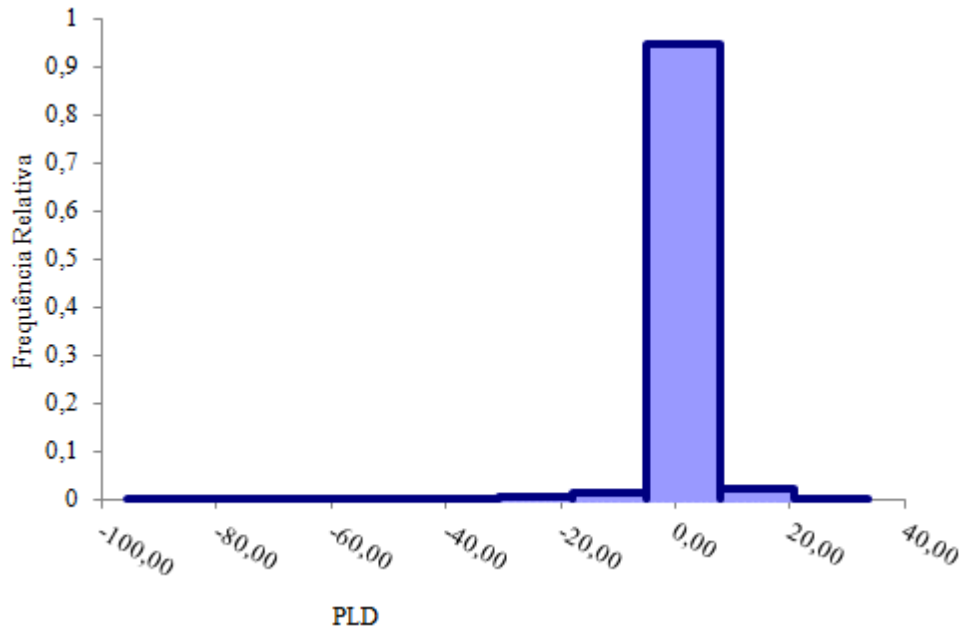


Figura 20 - Histograma do Swap Nordeste Norte de 2013

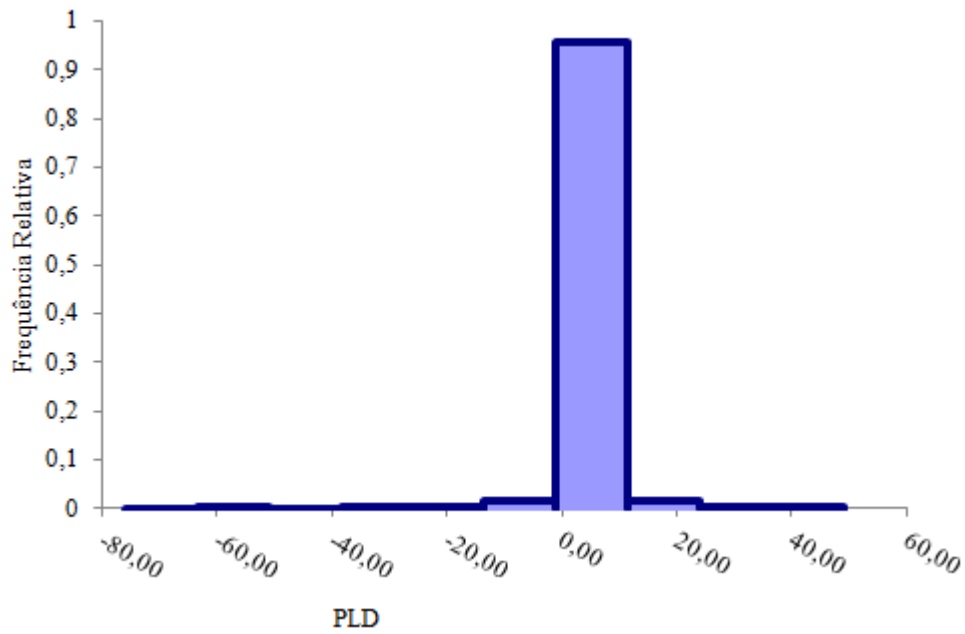


Figura 21 - Histograma do Swap Sudeste Sul de 2013

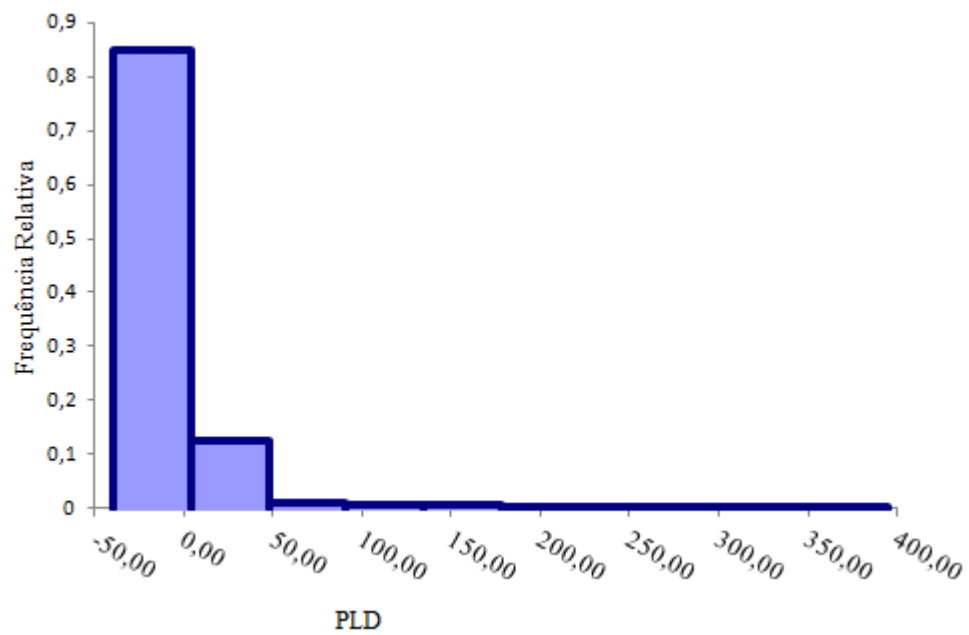


Figura 22 - Histograma do Swap Sudeste Nordeste de 2013

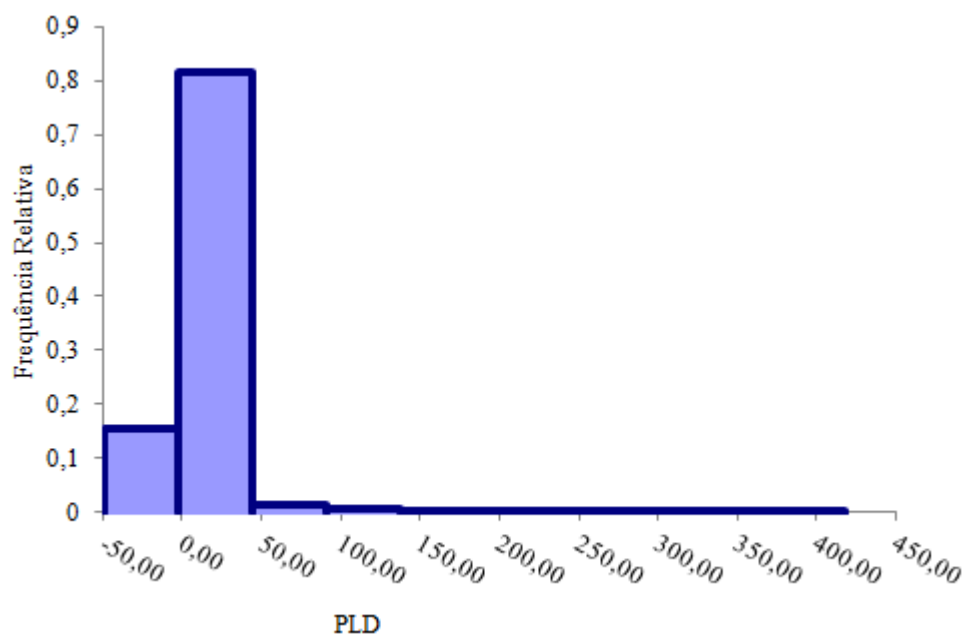


Figura 23 - Histograma do Swap Sul Nordeste de 2013

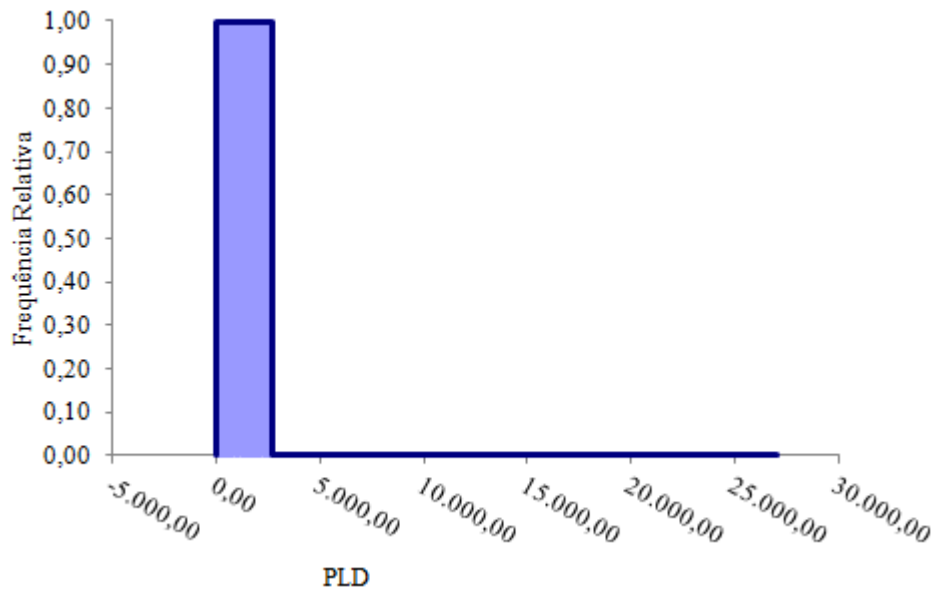


Figura 24 - Histograma do Swap Sudeste Norte de 2013

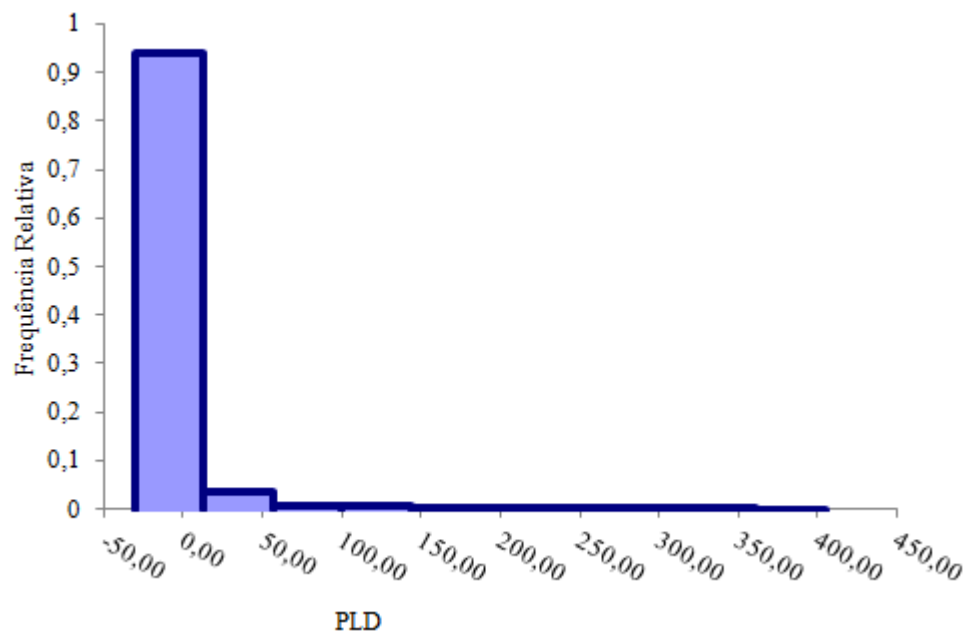


Figura 25 - Histograma do Swap Sul Norte de 2013

Para o ano de 2013 os histogramas são menos semelhantes, e alguns, menos concentrados no primeiro intervalo, mostrando assim uma maior dispersão entre os valores calculados. Em concordância com os dados encontrado na Tabela 6, existe uma grande concentração para valores próximos a zero, e a ocorrência de pequenas concentrações de retornos fora da classe central que ainda diminuem à medida que se afasta dessa.



Os *Swaps* Sudeste Nordeste e Sul Norte apresentam sua maior concentração na faixa que contem valores negativos, parecendo assim que sua concentração maior é de valores negativos quando na verdade se trata de valores próximos à zero, tanto negativos, quanto positivos, que acabaram fazendo parte do mesmo intervalo gerando uma impressão equivocada.

Os histogramas servem como uma forma mais clara para apresentação e visualização dos dados, sendo assim mais fácil sua interpretação.

### 5.3. Maximização da medida $\Omega$ para a Carteira de *Swaps*

Na busca pela melhor carteira, fez-se a otimização para cada um dos *Swaps* de forma individual. A Tabela 7 apresenta o resumo dos resultados encontrados para a maximização de  $\Omega$ , tendo como restrição o CVaR<sub>95%</sub> de R\$ 300.000,00, o valor de meta L de R\$ 100.000,00, para o ano de 2012 e 2013.

Tabela 7 - *Swaps* otimizados individualmente para L= R\$ 100.000,00

Venda	Compra	2012			2013		
		M	$\Omega$	CVaR	M	$\Omega$	CVaR
Norte	Nordeste	4,56	0,05	300.000	0,63	0,00	300.000
Norte	Sudeste	3,41	0,01	300.000	0,37	0,00	277.261
Norte	Sul	2,01	0,03	300.000	0,37	0,00	279.458
Nordeste	Norte	27,31	0,43	300.000	2,86	0,07	300.000
Nordeste	Sudeste	3,08	0,02	300.000	0,23	0,00	195.419
Nordeste	Sul	1,90	0,04	300.000	0,36	0,00	300.000
Sudeste	Norte	14,35	0,97	300.000	13,26	8,73	300.000
Sudeste	Nordeste	6,76	0,34	300.000	2,83	1,36	300.000
Sudeste	Sul	3,70	0,09	300.000	5,35	0,39	300.000
Sul	Norte	3,58	0,22	300.000	3,29	1,32	300.000
Sul	Nordeste	3,04	0,18	300.000	1,87	0,75	300.000
Sul	Sudeste	3,93	0,11	300.000	2,53	0,04	300.000

A medida Ômega por sua natureza não pode apresentar valores negativos, por se tratar de uma divisão de valores com mesmo sinal, assim uma interpretação para o valor de  $\Omega$  é de que os valores acima da unidade são interessantes, enquanto os valores entre 0 e 1 são menos interessantes, pois, os prejuízos tem um valor esperado maior que os lucros.

Algumas informações interessantes podem ser obtidas da Tabela 7. Primeiramente nota-se que o valor de CVaR<sub>95%</sub> chegou ao seu limite em todos os

casos para o ano de 2012 e só ficou distante em uma operação para ano de 2013, assim pode-se aferir que caso essa restrição fosse relaxada maiores valores de  $\Omega$  poderiam ter sido encontrados.

Outra informação importante é que a maioria dos *Swaps*, tanto para o ano de 2012 como para 2013, mesmo com o seu valor já maximizado, obtiveram valores de  $\Omega$  inferiores a 1. Isso significa que para o grau de risco escolhido, controlado pelo CVaR<sub>95%</sub> de R\$ 300.000,00 e para a meta L estabelecida de lucro de R\$ 100.000,00, poucos são os *Swaps* que apresentam um valor esperado maior de ganho do que de prejuízo em relação à meta. Uma possível interpretação é que a relação risco retorno não está bem acertada, pois a meta de lucro está muita alta para o risco que está se aceitando tomar para buscá-la.

Como CVaR<sub>95%</sub> é uma restrição enquanto L é uma meta, optou-se pela redução do valor de L para que fossem encontrados valores mais atrativos para o estudo. A Tabela 8 apresenta o novo resumo, agora com L igual a R\$ 10.000,00.

Tabela 8 - *Swaps* otimizados individualmente para L = R\$ 10.000,00

Venda	Compra	2012			2013		
		M	$\Omega$	CVaR	M	$\Omega$	CVaR
Norte	Nordeste	4,56	0,34	300.000	0,63	0,10	300.000
Norte	Sudeste	3,41	0,09	300.000	0,40	0,00	300.000
Norte	Sul	2,01	0,36	300.000	0,40	0,05	300.000
Nordeste	Norte	27,31	2,08	300.000	2,86	0,69	300.000
Nordeste	Sudeste	3,08	0,25	300.000	0,35	0,05	300.000
Nordeste	Sul	1,90	0,46	300.000	0,36	0,11	300.000
Sudeste	Norte	14,35	4,52	300.000	13,26	30,88	300.000
Sudeste	Nordeste	6,76	1,90	300.000	2,83	6,06	300.000
Sudeste	Sul	3,70	0,89	300.000	5,35	2,55	300.000
Sul	Norte	3,58	1,24	300.000	3,29	5,13	300.000
Sul	Nordeste	3,04	1,00	300.000	1,87	3,06	300.000
Sul	Sudeste	3,93	0,47	300.000	2,53	0,18	300.000

Foram feitas as doze combinações possíveis para cada ano com o objetivo de verificar se *Swaps* com valor esperado negativo poderiam ter valores superiores a 1 para a medida Ômega e em nenhuma dessas operações isso foi verificado.

Mesmo com a redução da meta L, houve operações cujo valor esperado era positivo e que  $\Omega$  maximizado ficou com valor abaixo de um. Isso significa que ainda existem *Swaps* com valores esperados dos seus ganhos menores que os valores esperados para o prejuízo.

No entanto, usando  $L$  igual a R\$ 10.000,00, os resultados encontrados de  $\Omega$ , para os *Swaps* com valor esperado positivo, foram em grande maioria superiores à unidade. Além disso, em todos os casos o valor máximo para a restrição de  $CVaR_{95\%}$  foi atingido cumprindo assim o objetivo de sua mudança e esse novo  $L$  passou a ser o valor usado nos estudos posteriores.

O pacote de resolução de problemas de programação linear e inteira do MS Excel, denominado Solver, é eficiente na resolução de problemas simples, no entanto, o problema em questão se mostrou complexo demais para ser feito com apenas um conjunto de iterações. Isso ocorreu, pois o modelo de cálculo de  $\Omega$  é não linear, pois, envolve operações de divisão e multiplicação de variáveis, dificultando o algoritmo a chegar ao máximo global e não apenas a um máximo local. Dessa forma foram feitas otimizações para todas as combinações de *Swaps*, de forma a garantir o melhor resultado para cada uma delas e então escolher a melhor entre todas levando em consideração o maior  $\Omega$  e a parcimônia.

Os resultados das operações com apenas um *Swap* já foram apresentados anteriormente e abaixo na Tabela 9 estão apresentadas as melhores carteiras para certa quantidade de operações para o ano de 2012, e na Tabela 10 para o ano de 2013. Só se acrescentam mais elementos caso haja um aumento no valor maximizado de  $\Omega$ , já que esse valor máximo pode ser alcançado com uma carteira que não contenha todos os 6 *Swaps*, isso foi feito para garantir o melhor resultado levando em consideração também à parcimônia.

Tabela 9 - Carteiras otimizadas de 2012

Quantidade de operações	MW						$\Omega$
	Nordeste Norte	Sudeste Nordeste	Sudeste Norte	Sudeste Sul	Sul Nordeste	Sul Norte	
2	18,63	17,63	0,00	0,00	0,00	0,00	7,887
2	36,26	0,00	17,63	0,00	0,00	0,00	7,887
2	0	36	-19	0	0	0	7,887
3	0,00	36,26	-18,63	0,00	0,00	0,00	7,887
3	33,97	0,00	18,23	0,63	0,00	0,00	7,955
4	16,24	20,63	-2,69	0,62	0,00	0,00	8,128
4	18,93	11,79	0,00	6,78	6,15	0,00	8,128

Para o ano de 2012 os melhores resultados encontrados foram para as combinações envolvendo quatro *Swaps* distintos, com um  $\Omega$  máximo de 8,128. Outras carteiras chegaram a esse mesmo valor, no entanto necessitaram de mais operações para se chegar ao mesmo valor, assim, foram priorizadas as carteiras

com menor número de operações e o maior valor de  $\Omega$ . Vale destacar que o *Swap* Sul-Norte não foi utilizado em nenhuma das carteiras escolhidas para o ano de 2012.

Todos os valores de  $\Omega$  para as carteiras otimizadas ficaram próximos a 8, mais de 60% maior que o melhor *Swap* analisado individualmente que ocorreu na venda no submercado Sudeste/Centro-Oeste e com compra no submercado Norte, cujo valor ficou em 4,52, mostrando assim um grande benefício em realizar operações combinadas no lugar de *Swaps* únicos.

Na Tabela 10 se encontram os dados referentes às carteiras otimizadas para o ano de 2013.

Tabela 10 - Carteiras otimizadas de 2013

Quantidade de operações	MW						$\Omega$
	Nordeste Norte	Sudeste Nordeste	Sudeste Norte	Sudeste Sul	Sul Nordeste	Sul Norte	
2	11,77	23,54	0,00	0,00	0,00	0,00	64,691
2	35,31	0,00	23,54	0,00	0,00	0,00	64,691
2	0,00	35,31	-11,77	0,00	0,00	0,00	64,691
3	10,49	24,48	0,00	0,85	0,00	0,00	67,861
3	10,44	25,34	0,00	0,00	-0,86	0,00	67,861
3	0,00	35,88	-10,56	0,00	-0,85	0,00	67,861
3	0,00	34,96	-9,63	0,00	0,00	-0,85	67,861
3	0,00	25,33	0,00	0,00	9,59	-10,44	67,861
3	0,00	0,00	-10,44	35,77	34,92	0,00	67,861
4	15,46	19,46	5,02	0,85	0,00	0,00	67,861
4	14,99	19,93	5,40	0,00	0,00	-0,85	67,861

Para o ano de 2013, as carteiras com quatro elementos foram as que obtiveram melhores resultados para  $\Omega$ , apesar de serem idênticos ao resultado de carteiras com três operações, quando analisados até a terceira casa decimal.

Nesse caso, todos os *Swaps* entraram mais de uma vez entre as carteiras otimizadas, e os valores encontrados para  $\Omega$  foram muito maiores que os encontrados para o ano anterior. Com os dados de 2013, esses valores chegaram próximos a 68, mais de 700% maior que os 8,128 encontrados em 2012 e mais que o dobro encontrado em seu melhor *Swap* individual 30,88 na venda no Sudeste/Centro-Oeste e compra no norte.

Os dados foram encontrados através da resolução de problemas não lineares, usando os algoritmos presentes na ferramenta Solver. Os valores encontrados para os Ms referentes às diferentes operações são números reais que podem ser

arredondados para não ficarem com casas decimais se tornando assim números inteiros.

As carteiras escolhidas assim como a quantidade de energia contratada em cada um dos *Swaps* estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Carteiras escolhidas em 2012 e 2013

Ano	MW						$\Omega$
	Nordeste	Sudeste	Sudeste	Sudeste	Sul	Sul	
	Norte	Nordeste	Norte	Sul	Nordeste	Norte	
2012	18,93	11,79	0,00	6,78	6,15	0,00	8,128
2013	14,99	19,93	5,40	0,00	0,00	-0,85	67,861

A carteira escolhida para o ano de 2012 apresentou o valor de 8,128 para  $\Omega$ . As quantidades contratadas para cada um dos *Swaps* foram 18,93 MW vendendo no Nordeste e comprando no Norte, 11,79 MW vendendo no Sudeste/Centro-Oeste e comprando no Norte, 6,78 MW vendendo no Sudeste/Centro-Oeste e comprando no Sul e 6,15 MW vendendo no Sul e comprando no Norte.

Selecionando-se a melhor carteira para o ano 2012, foram feitos estudos de estatísticas descritivas que estão explicitadas na Tabela 12. Foi inserida uma nova característica chamada de  $Pr VP < 0$ , que é a probabilidade do valor da carteira ser negativo.

Tabela 12 - Estatísticas descritivas da carteira otimizada de 2012

Média	151.129,61
Variância	240.690.661.247,68
Desvio-padrão	490.602,35
Assimetria	6,0075
Curtose	118,4079
Mediana	33.532,71
Moda	0,00
Mínimo	-6.045.693,27
Máximo	8.761.238,71
Amplitude	14.806.931,98
Quantidade	2.000
1 Quartil	302.259.223,09
3 Quartil	0,00
Amplitude Interquartil	167474,41
1,00%	-282.158,87
2,50%	-110.545,00
5,00%	-41.584,31
Pr VP < 0 (%)	27,50%

O valor esperado para o retorno da carteira é de R\$ 151.129,61, muito acima dos R\$ 10.000,00 usados como limite, no entanto bem abaixo do CVaR<sub>95%</sub> de controle, que é de R\$ 300.000,00. Mas como CVaR<sub>95%</sub> é de 95%, espera-se estar nessa faixa de risco em apenas 5% dos casos sendo essa uma medida muito conservadora. O valor  $Pr V P < 0$  é de 27,50 %, sendo essa a probabilidade da operação resultar em prejuízos reais, resultados com valores abaixo de zero. O ganho máximo para essa carteira é de R\$ 8.761.238,71 e seu maior prejuízo de R\$ 6.045.693,27.

A Tabela 13 apresenta os dados que vão constituir o histograma dos retornos encontrados para o ano de 2012 que é representado na Figura 26.

Tabela 13 - Valores que compõem o histograma dos retornos da carteira ótima de 2012

Intervalos	Mínimo	Máximo	Ponto Médio	Frequência	Freq. Rel.
1	-6.045.508,75	-4.811.608,61	-5.428.558,68	0	0,0
2	-4.811.608,61	-3.577.708,47	-4.194.658,54	1	0,0005
3	-3.577.708,47	-2.343.808,34	-2.960.758,41	0	0,0
4	-2.343.808,34	-1.109.908,20	-1.726.858,27	1	0,0005
5	-1.109.908,20	0,00	-554.954,10	549	0,2745
6	0,00	1.357.892,07	678.946,03	1.415	0,7075
7	1.357.892,07	2.591.792,20	1.974.842,14	25	0,0125
8	2.591.792,20	3.825.692,34	3.208.742,27	4	0,002
9	3.825.692,34	5.059.592,47	4.442.642,41	1	0,0005
10	5.059.592,47	6.293.492,61	5.676.542,54	1	0,0005
11	6.293.492,61	7.527.392,75	6.910.442,68	2	0,001
12	7.527.392,75	8.761.292,88	8.144.342,81	1	0,0005

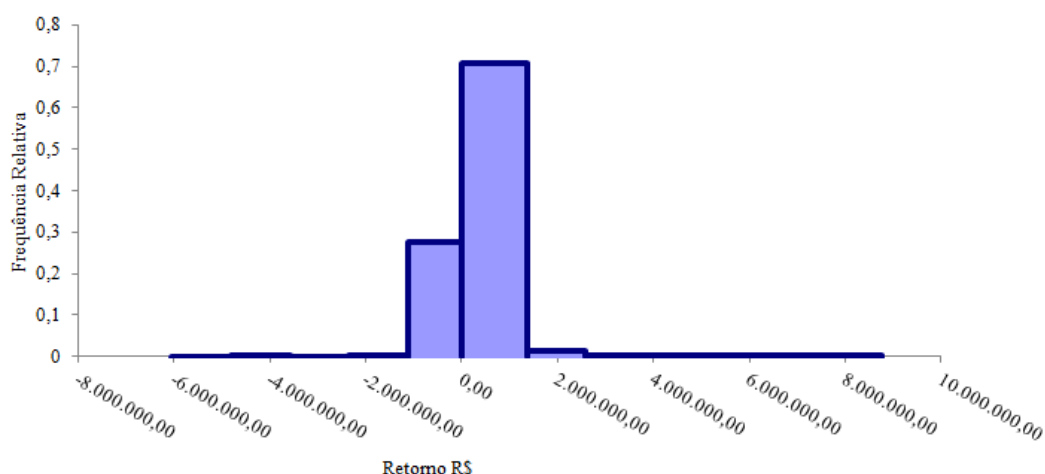


Figura 26 - Histograma dos retornos da carteira ótima de 2012

Pelo histograma acima, Figura 26, nota-se que mais de 25% dos dados apresentam valores negativos, o que está de acordo com os dados apresentados na Tabela 12 que apresenta valores 27,50% para esse mesmo dado. Cerca de 70%

dos dados se encontram entre R\$ 0,00 e R\$ 1.357.892,07 e menos de 2% de chances de obter valores maiores que esse.

Para o ano de 2013 a carteira escolhida como ótima foi composta pelos seguintes *Swaps* e quantidades de MW, 14,99 vendendo no Nordeste e comprando no Norte, 19,93 vendendo no Sudeste/Centro-Oeste e comprando no Norte, 5,40 vendendo no Sudeste/Centro-Oeste e comprando no Nordeste e 0,85 vendendo no Nordeste e comprando no Sul. Esse último *Swap* está invertido em relação à posição original, pois o seu resultado otimizado foi alcançado com valores negativos mostrando assim que para se encontrar o melhor resultado final, nem sempre apenas os retornos devem ser levados em consideração para se adicionar um ativo a uma carteira.

A Tabela 14 apresenta as estatísticas descritivas para a carteira selecionada para o ano de 2013.

Tabela 14 - Estatísticas descritivas da carteira otimizada de 2013

Média	1.199.316,57
Variância	30.984.039.904.438,90
Desvio-padrão	5.566.330,92
Assimetria	8,78
Curtose	93,18
Mediana	112.458,59
Moda	0,00
Mínimo	-2.148.071,59
Máximo	80.576.054,41
Amplitude	82.724.126,00
Quantidade	2.000,00
1 Quartil	2.398.633.141,36
3 Quartil	6.863,45
Amplitude Interquartil	511.348,44
1,00%	504.484,98
2,50%	-370.148,59
5,00%	-118.178,96
Pr V P < 0 (%)	17,90%

O ano de 2013 apresenta resultados bem mais interessantes que o ano de 2012. Primeiramente, sua média, valor esperado para retorno da carteira, é aproximadamente 1 milhão e 200 mil reais, muito acima da meta e mais que 1 milhão acima quando comparado com o ano anterior que foi cerca de 150 mil reais. A relação entre o mínimo e o máximo é mais atrativa, tendo como perda máxima um prejuízo próximo a mais de 2 milhões enquanto o ganho máximo é maior que 80 milhões. Além disso, a estatística Pr V P < 0 (%) é menor para o ano

de 2013, 17,90% contra 27,50 % do ano anterior, assim há quase 30% a menos de chances de apresentar um resultado negativo.

A Tabela 15 apresenta os dados que compõem o histograma dos retornos da carteira ótima para o ano de 2013 representado na Figura 27.

Tabela 15 - Valores quem compõem o histograma dos retornos da carteira ótima de 2013

Intervalos	Mínimo	Máximo	Ponto Médio	Frequência.	Freq. Rel.
1	-2.148.071,593	0	-1.074.035,796	358	0,179
2	0	11.639.282,74	5.819.641,37	1601	0,8005
3	11.639.282,74	18.532.959,91	15.086.121,32	7	0,0035
4	18.532.959,91	25.426.637,07	21.979.798,49	10	0,005
5	25.426.637,07	32.320.314,24	28.873.475,66	6	0,003
6	32.320.314,24	39.213.991,41	35.767.152,82	5	0,0025
7	39.213.991,41	46.107.668,58	42.660.829,99	5	0,0025
8	46.107.668,58	53.001.345,74	49.554.507,16	2	0,001
9	53.001.345,74	59.895.022,91	56.448.184,33	0	0
10	59.895.022,91	66.788.700,08	63.341.861,49	2	0,001
11	66.788.700,08	73.682.377,24	70.235.538,66	2	0,001
12	73.682.377,24	80.576.054,41	77.129.215,83	2	0,001

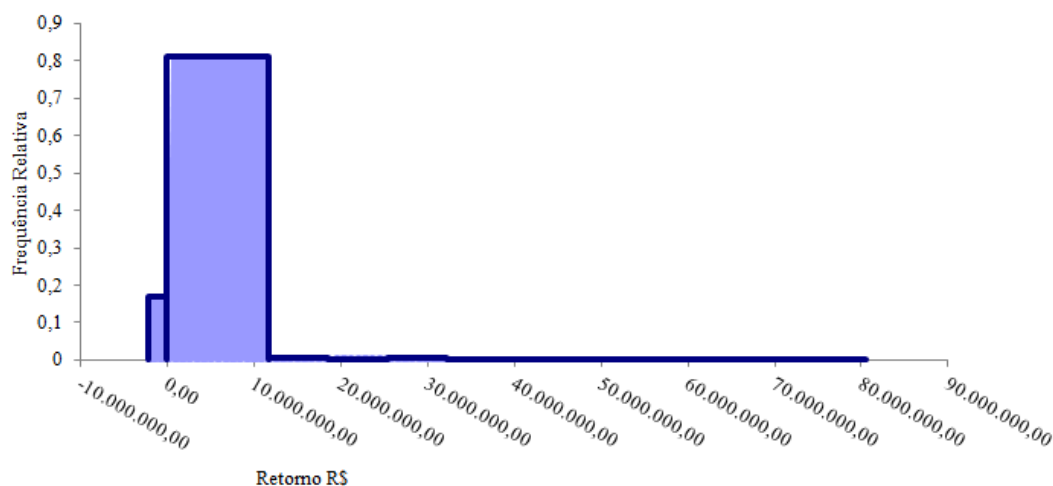


Figura 27 - Histograma dos retornos da carteira ótima de 2013

Analisando o histograma acima, Figura 27, em conjunto com a Tabela 15, nota-se que a chance de ocorrerem valores negativos para o ano de 2013 é bem menor que para o ano de 2012, sendo menos de 20 %. Mais de 80 % dos retornos se encontram entre R\$ 0,00 e R\$ 11.639.282,74 e apenas cerca de 2% ultrapassam esse valor. Os resultados positivos também são mais favoráveis para o ano de 2013, podendo alcançar valores muito maiores, assim como os negativos são menos frequentes e com amplitudes menores.



## 5.4. Análise das sensibilidades

Para melhorar o entendimento sobre o comportamento do modelo apresentado foram feitas análises de sensibilidades que comparam o resultado da medida  $\hat{\Omega}$  em diferentes situações. Primeiramente foram estudados os *Swaps* individualmente e em seguida as carteiras que apresentaram os melhores resultados para cada ano estudado.

### 5.4.1. Sensibilidade $\Omega$ x L

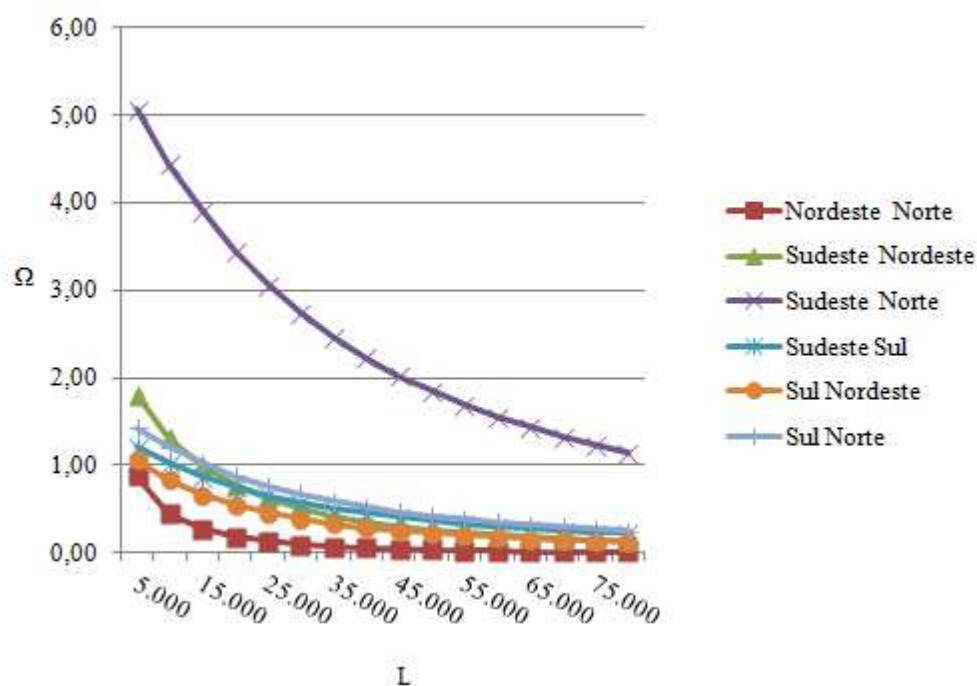
No primeiro estudo de sensibilidade se analisa o valor de  $\Omega$  dada à variação dos valores de L entre R\$5.000,00 e R\$ 80.000,00 usando M igual a 1 para os *Swaps*, no caso das carteiras foram utilizados os M encontrados na carteira ótima. Analisando-se a fórmula de  $\Omega$  é notável que seu crescimento ocorreu em direção inversa em relação ao crescimento de L. Os dados foram separados em três tabelas e depois representados em três gráficos para facilitar sua interpretação. A primeira se refere aos *Swaps* do ano de 2012, a segunda aos *Swaps* de 2013 e a terceira às carteiras otimizadas de ambos os anos.

A Tabela 16 contém os dados referentes à análise de sensibilidade entre  $\Omega$  e L para *Swaps* do ano de 2012.

Tabela 16 - Sensibilidade de  $\Omega$  x L para os Swaps de 2012

L	$\Omega$					
	Nordeste Norte	Sudeste Nordeste	Sudeste Norte	Sudeste Sul	Sul Nordeste	Sul Norte
5.000	0,88	1,80	5,07	1,21	1,06	1,43
10.000	0,45	1,32	4,43	1,02	0,83	1,20
15.000	0,28	1,00	3,89	0,87	0,67	1,02
20.000	0,19	0,78	3,44	0,75	0,55	0,88
25.000	0,13	0,62	3,06	0,65	0,46	0,76
30.000	0,10	0,51	2,73	0,57	0,39	0,67
35.000	0,07	0,42	2,46	0,51	0,33	0,59
40.000	0,05	0,36	2,22	0,45	0,29	0,53
45.000	0,04	0,31	2,02	0,41	0,26	0,47
50.000	0,03	0,27	1,84	0,37	0,23	0,43
55.000	0,03	0,23	1,69	0,33	0,20	0,39
60.000	0,02	0,21	1,55	0,30	0,18	0,35
65.000	0,02	0,18	1,43	0,28	0,17	0,32
70.000	0,01	0,16	1,33	0,25	0,15	0,30
75.000	0,01	0,15	1,23	0,23	0,14	0,27
80.000	0,01	0,13	1,15	0,21	0,13	0,25

Como o esperado, para o ano de 2012 há um decréscimo no valor de  $\Omega$  em decorrência do aumento de L. Em alguns casos essa queda foi mais acentuada mostrando a divergência de comportamento entre as diferentes operações, no entanto, todas as operações tiveram seus valores reduzidos. A Figura 28 facilita a análise dos dados.

Figura 28 - Sensibilidade de  $\Omega$  x L para os Swaps de 2012

A Tabela 17 apresenta os dados referentes à análise de sensibilidade entre  $\Omega$  e L para os *Swaps* do ano de 2013.

Tabela 17 - Sensibilidade de  $\Omega$  x L para os *Swaps* de 2013

L	$\Omega$					
	Nordeste Norte	Sudeste Nordeste	Sudeste Norte	Sudeste Sul	Sul Nordeste	Sul Norte
5.000	0,88	6,93	34,06	3,06	3,48	5,76
10.000	0,69	6,06	30,88	2,55	3,06	5,13
15.000	0,55	5,32	28,02	2,15	2,70	4,58
20.000	0,46	4,71	25,49	1,84	2,41	4,12
25.000	0,39	4,20	23,25	1,59	2,16	3,72
30.000	0,33	3,78	21,31	1,39	1,95	3,38
35.000	0,29	3,41	19,61	1,23	1,77	3,08
40.000	0,25	3,10	18,11	1,09	1,62	2,83
45.000	0,22	2,84	16,79	0,98	1,49	2,61
50.000	0,20	2,61	15,61	0,88	1,38	2,42
55.000	0,17	2,41	14,56	0,79	1,28	2,24
60.000	0,16	2,23	13,63	0,72	1,19	2,09
65.000	0,14	2,08	12,79	0,66	1,11	1,96
70.000	0,13	1,94	12,04	0,61	1,04	1,84
75.000	0,12	1,82	11,36	0,56	0,98	1,73
80.000	0,11	1,71	10,73	0,52	0,92	1,63

Para o ano de 2013 os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados para o ano de 2012, já que o comportamento de  $\Omega$  foi o mesmo em ambos os casos, em 2013 também diminuíram com o aumento de L.

A Figura 29 é a representação gráfica da Tabela 17 e ajuda na interpretação dos resultados.

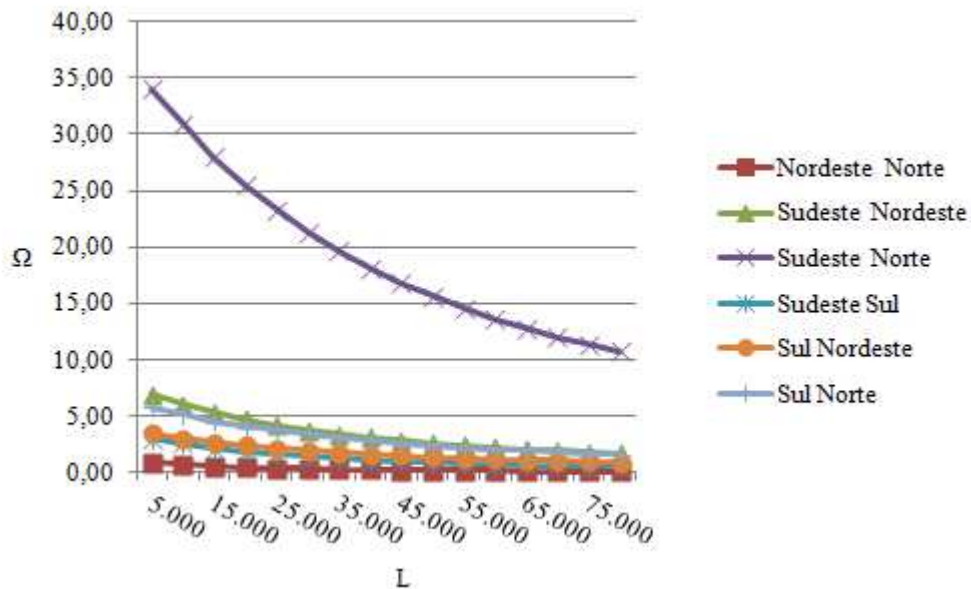


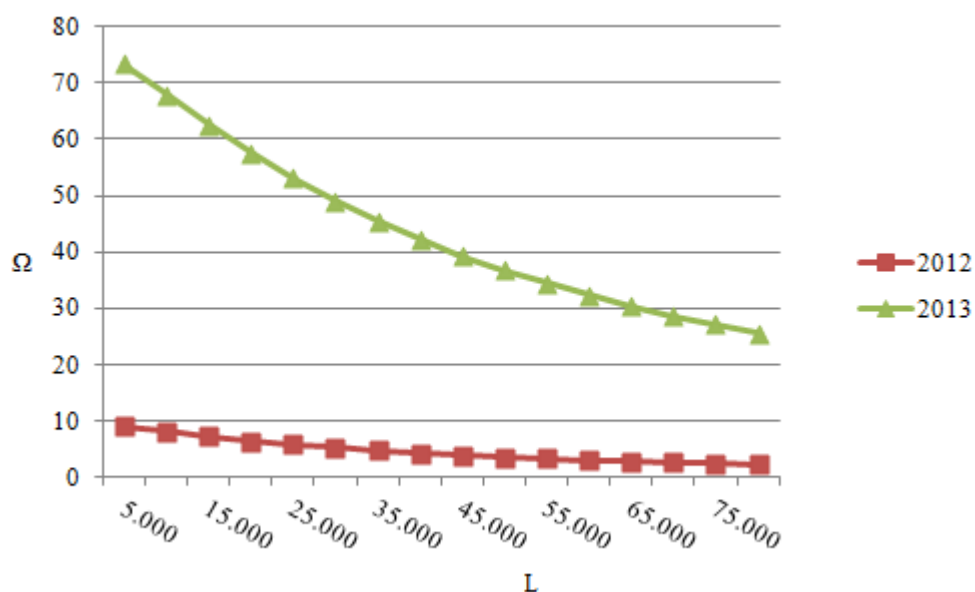
Figura 29 - Sensibilidade de  $\Omega$  x L para os *Swaps* de 2013

Nas Figuras 28 e 29 é possível observar o efeito do acréscimo de L sobre o valor de  $\Omega$ . Em todos os casos houve uma relação negativa entre as duas variáveis, corroborando a expectativa que havia pela composição da fórmula, onde, quanto menor a meta de lucro requerida maior é o valor de  $\Omega$ . Pode-se notar que para os dois anos as curvas não apresentam o mesmo coeficiente angular em toda sua extensão, assim a relação entre L e  $\Omega$  não é linear de primeira ordem, e que se trata de uma função monotônica.

Para o caso das carteiras otimizadas, os resultados não foram divergentes em relação aos *Swaps*, também apresentaram uma relação inversa entre os comportamentos de  $\Omega$  e L. Isso fica evidenciado na Tabela 18 e na Figura 30.

Tabela 18 - Sensibilidade de  $\Omega$  x L para carteiras otimizadas de 2012 e 2013

L	$\Omega$	
	2012	2013
5.000	9,11	73,32
10.000	8,13	67,86
15.000	7,26	62,55
20.000	6,50	57,64
25.000	5,84	53,15
30.000	5,26	49,09
35.000	4,76	45,47
40.000	4,32	42,23
45.000	3,94	39,34
50.000	3,61	36,75
55.000	3,31	34,42
60.000	3,05	32,32
65.000	2,82	30,42
70.000	2,61	28,70
75.000	2,43	27,12
80.000	2,26	25,68

Figura 30 - Sensibilidade de  $\Omega$  x L para as carteiras otimizadas de 2012 e de 2013

#### 5.4.2. Sensibilidade $\Omega$ x M

Na segunda análise de sensibilidade foram feitas alterações no valor de M de 2,0 MW até 9,5 MW com acréscimos de 0,5 MW em cada etapa, e analisado o comportamento de  $\Omega$ . Nesse estudo, o valor escolhido para L foi de R\$ 10.000,00. Era esperada uma relação positiva entre as variações de  $\Omega$  e M, já que esse multiplica os valores dos *Swaps*.

Para os *Swaps*, o valor de M foi substituído direto no valor contratado de MW médio. Para as carteiras, M é um multiplicador comum a todos os MWs médios contratados nas carteiras ótimas.

Na Tabela 19 se encontram os dados de análise de sensibilidade de  $\Omega$  para essa variação em M para os *Swaps* do ano de 2012.

Tabela 19 - Sensibilidade de  $\Omega$  x M para os *Swaps* de 2012

M	$\Omega$					
	Nordeste Norte	Sudeste Nordeste	Sudeste Norte	Sudeste Sul	Sul Nordeste	Sul Norte
2,0	0,30	1,05	1,40	0,62	0,86	0,98
2,5	0,39	1,22	1,75	0,72	0,94	1,09
3,0	0,48	1,36	2,05	0,80	1,00	1,17
3,5	0,56	1,48	2,32	0,86	1,04	1,23
4,0	0,64	1,58	2,56	0,92	1,08	1,28
4,5	0,71	1,66	2,77	0,96	1,11	1,32
5,0	0,78	1,72	2,95	1,00	1,13	1,35
5,5	0,85	1,78	3,12	1,03	1,15	1,38
6,0	0,91	1,83	3,27	1,06	1,17	1,41
6,5	0,97	1,88	3,41	1,09	1,18	1,43
7,0	1,03	1,92	3,53	1,11	1,20	1,45
7,5	1,09	1,95	3,64	1,13	1,21	1,46
8,0	1,14	1,98	3,74	1,14	1,22	1,48
8,5	1,19	2,01	3,84	1,16	1,23	1,49
9,0	1,23	2,03	3,92	1,17	1,23	1,50
9,5	1,28	2,06	4,00	1,19	1,24	1,51

A Figura 31 é a representação gráfica da Tabela 19, mostrando a sensibilidade de  $\Omega$  para as variações em M para os *Swaps* do ano de 2012.

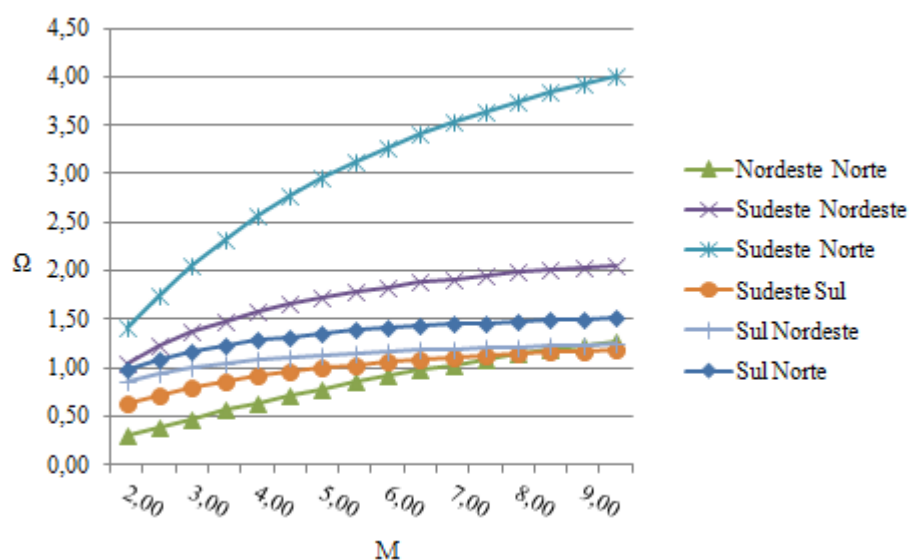


Figura 31 - Sensibilidade de  $\Omega$  x M para os *Swaps* de 2012

Para o ano de 2012 a relação direta entre os dois valores está presente em todos os *Swaps*, corroborando as expectativas anteriores. Essa relação como no caso anterior não é linear de primeira ordem.

Na Tabela 20 se encontram os dados de análise de sensibilidade de  $\Omega$  para essa variação em M para os *Swaps* do ano de 2013.

Tabela 20 - Sensibilidade de  $\Omega$  x M para os *Swaps* de 2013

M	$\Omega$					
	Nordeste	Sudeste	Sudeste	Sudeste	Sul	Sul
	Norte	Nordeste	Norte	Sul	Nordeste	Norte
2,0	0,57	5,44	12,59	1,52	3,11	4,44
2,5	0,64	5,85	14,96	1,76	3,26	4,77
3,0	0,70	6,15	16,99	1,97	3,37	5,01
3,5	0,75	6,38	18,72	2,13	3,45	5,20
4,0	0,79	6,55	20,21	2,27	3,51	5,34
4,5	0,82	6,70	21,50	2,39	3,56	5,45
5,0	0,85	6,81	22,63	2,49	3,60	5,55
5,5	0,87	6,91	23,63	2,58	3,63	5,63
6,0	0,89	6,99	24,51	2,65	3,66	5,69
6,5	0,91	7,06	25,29	2,72	3,68	5,75
7,0	0,92	7,11	25,99	2,78	3,70	5,80
7,5	0,94	7,17	26,62	2,83	3,72	5,84
8,0	0,95	7,21	27,18	2,88	3,73	5,88
8,5	0,96	7,25	27,70	2,92	3,75	5,91
9,0	0,97	7,29	28,16	2,96	3,76	5,94
9,5	0,98	7,32	28,59	2,99	3,77	5,97

A Figura 32 é a representação gráfica da Tabela 20, mostrando a sensibilidade de  $\Omega$  para as variações em M para os *Swaps* do ano de 2013.

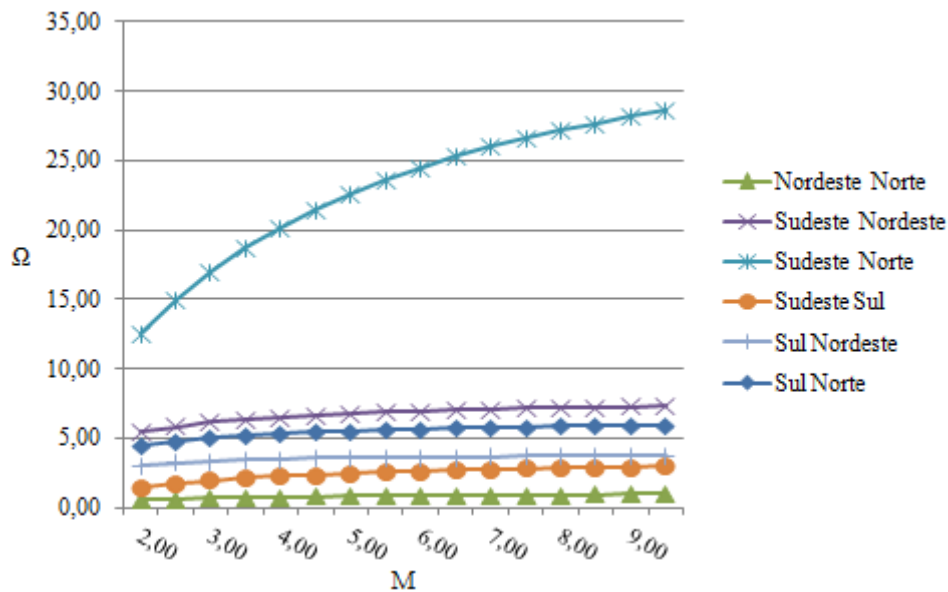


Figura 32 - Sensibilidade de  $\Omega$  x M para Swaps de 2013

Os resultados para o ano de 2013 também foram de acordo com o esperado, tendo uma relação direta entre as variações das medidas. Também não apresentou uma relação linear de primeira ordem entre elas.

Para o caso das carteiras otimizadas o estudo se deu de outra forma diferentemente dos *Swaps*, as carteiras apresentam vários valores de MW contratados, um para cada *Swap* que a compõem. Sendo assim não seria interessante alterar apenas um deles para o estudo ao passo que variar todos seria pouco produtivo para uma análise mais geral.

Assim optou-se por criar um novo multiplicador que é comum a todos os *Swaps* que compõem as carteiras, e esse, variou entre 2 e 9,5 com intervalos de 0,5 e, então, analisados os resultados encontrados. Esse mesmo procedimento foi feito para a próxima seção onde serão analisadas as variações de CVaR<sub>95%</sub> calculado.

Na Tabela 21 se encontram os dados de análise de sensibilidade de  $\Omega$  para essa variação em M para as carteiras ótimas para os anos de 2012 e 2013.

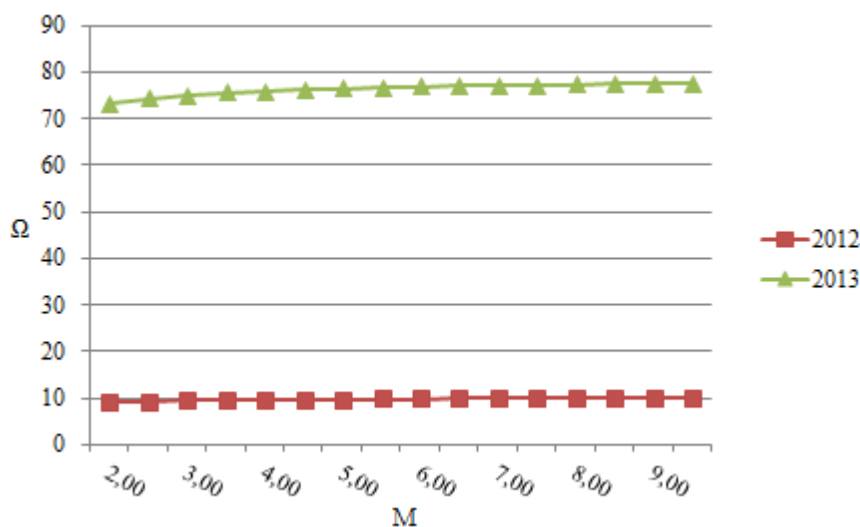


Tabela 21 - Sensibilidade de  $\Omega$  x M para carteiras otimizadas de 2012 e de 2013

M	$\Omega$	
	2012	2013
2,0	9,11	73,32
2,5	9,31	74,39
3,0	9,45	75,11
3,5	9,55	75,62
4,0	9,63	76,00
4,5	9,69	76,30
5,0	9,74	76,54
5,5	9,78	76,74
6,0	9,81	76,90
6,5	9,84	77,04
7,0	9,86	77,15
7,5	9,88	77,25
8,0	9,90	77,34
8,5	9,92	77,42
9,0	9,93	77,49
9,5	9,94	77,55

Os valores de  $\Omega$  variam na mesma direção que o valor de M, porém, não de forma proporcional, sendo ainda assim, uma função monótona crescente. Isso corrobora a idéia de que se fossem relaxadas às restrições, no caso CVaR<sub>95%</sub>, haveria um aumento do valor ótimo de  $\Omega$ , já que essa é a única restrição do modelo, sendo dessa forma o limitador de ganhos.

A Figura 33 é a representação gráfica da Tabela 21, mostrando a sensibilidade de  $\Omega$  para a variação em M para os *Swaps* do ano de 2013.

Figura 33 - Sensibilidade de  $\Omega$  x M para as carteiras ótimas de 2012 e de 2013

A Figura 33 mostra que a relação é direta, mas também chama a atenção ao fato de que o crescimento de  $\Omega$  é pouco sensível ao aumento de  $M$ , isso mostra que os valores encontrados otimizam a carteira dadas à restrição e os *inputs*, levando a crer que com outras restrições as carteiras ótimas poderiam ser alcançadas com proporções diferentes e até talvez com operações distintas das encontradas.

#### **5.4.3. Sensibilidade CVaR95% x M**

A fim de se analisar como o CVaR95% se comporta em relação as variações no valor de  $M$ , também foram feitas análises das sensibilidades, com os valores  $M$  variando entre 2,0 MW e 9,5 MW com intervalos de 0,5 MW e tendo o valor de  $L$  constante a R\$ 10.000,00. Como  $M$  é usado de forma direta na equação que se utiliza para se encontrar o CVaR95%, e sendo o CVaR95% uma média simples das observações que se encontram abaixo do valor de VaR95% na distribuição quando essa apresenta eventos equiprováveis, é crível que seu aumento seja monotônico, de mesma direção, ou seja, crescente e ainda linear de primeira ordem em relação ao aumento de  $M$ . Nessa seção, o CVaR95% deixa de ser um *input*, exógeno ao modelo, e se torna um valor calculado.

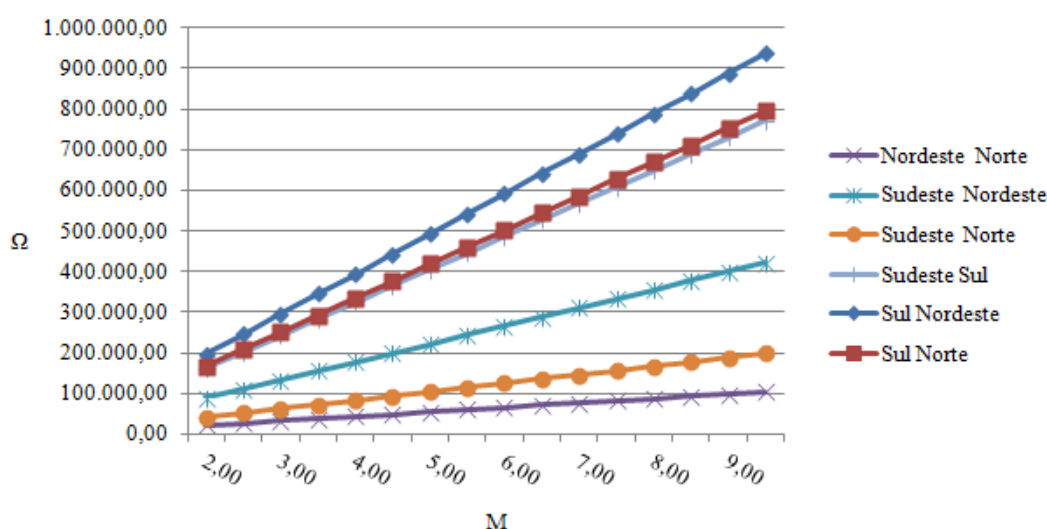
Na Tabela 22 se encontram os dados de análise de sensibilidade de CVaR95% para essa variação em  $M$  para os *Swaps* para o ano de 2012.

Tabela 22 - Sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> x M para Swaps de 2012

M	CVaR <sub>95%</sub>					
	Nordeste Norte	Sudeste Nordeste	Sudeste Norte	Sudeste Sul	Sul Nordeste	Sul Norte
2,0	21.969,98	88.797,18	41.812,27	162.095,56	197.157,28	167.434,68
2,5	27.462,47	110.996,48	52.265,34	202.619,46	246.446,60	209.293,35
3,0	32.954,97	133.195,78	62.718,41	243.143,35	295.735,92	251.152,02
3,5	38.447,46	155.395,07	73.171,48	283.667,24	345.025,24	293.010,69
4,0	43.939,96	177.594,37	83.624,55	324.191,13	394.314,56	334.869,36
4,5	49.432,45	199.793,67	94.077,62	364.715,02	443.603,88	376.728,02
5,0	54.924,95	221.992,96	104.530,68	405.238,91	492.893,21	418.586,69
5,5	60.417,44	244.192,26	114.983,75	445.762,80	542.182,53	460.445,36
6,0	65.909,93	266.391,55	125.436,82	486.286,69	591.471,85	502.304,03
6,5	71.402,43	288.590,85	135.889,89	526.810,59	640.761,17	544.162,70
7,0	76.894,92	310.790,15	146.342,96	567.334,48	690.050,49	586.021,37
7,5	82.387,42	332.989,44	156.796,03	607.858,37	739.339,81	627.880,04
8,0	87.879,91	355.188,74	167.249,09	648.382,26	788.629,13	669.738,71
8,5	93.372,41	377.388,04	177.702,16	688.906,15	837.918,45	711.597,38
9,0	98.864,90	399.587,33	188.155,23	729.430,04	887.207,77	753.456,05
9,5	104.357,40	421.786,63	198.608,30	769.953,93	936.497,09	795.314,72

A Tabela 22 ajuda a mostrar que a relação direta CVaR<sub>95%</sub> calculado e M, no entanto como os valores são grandes e complexos, a Figura 33 auxilia a percepção de linearidade.

A Figura 34 é a representação gráfica da Tabela 22, mostrando a sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> para as variações em M para os Swaps do ano de 2012.

Figura 34 - Sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> x M para Swaps de 2012

A relação entre CVaR<sub>95%</sub> e M também é linear, para os Swaps do ano 2012. É interessante notar as diferentes sensibilidades para cada Swap com relação às

alterações nos valores de M que estão representadas graficamente pelos diferentes coeficientes angulares das retas da Figura 34. Isso significa que há uma diferença na intensidade de aumento dos CVaR<sub>95%</sub> calculado para cada *Swap* em relação ao mesmo aumento em M.

Na Tabela 23 se encontram os dados de análise de sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> para essa variação em M para os *Swaps* para o ano de 2013.

Tabela 23 - Sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> x M para *Swaps* de 2013

M	CVaR <sub>95%</sub>					
	Nordeste Norte	Sudeste Nordeste	Sudeste Norte	Sudeste Sul	Sul Nordeste	Sul Norte
2,0	209.964,36	212.345	45.240,13	112.174,77	321.259,96	182.307,80
2,5	262.455,46	265.431	56.550,17	140.218,46	401.574,95	227.884,75
3,0	314.946,55	318.517	67.860,20	168.262,15	481.889,94	273.461,70
3,5	367.437,64	371.604	79.170,24	196.305,84	562.204,93	319.038,65
4,0	419.928,73	424.690	90.480,27	224.349,53	642.519,92	364.615,60
4,5	472.419,82	477.776	101.790,30	252.393,23	722.834,91	410.192,55
5,0	524.910,91	530.862	113.100,34	280.436,92	803.149,90	455.769,50
5,5	577.402,00	583.948	124.410,37	308.480,61	883.464,90	501.346,45
6,0	629.893,09	637.035	135.720,40	336.524,30	963.779,89	546.923,40
6,5	682.384,19	690.121	147.030,44	364.567,99	1.044.094,88	592.500,35
7,0	734.875,28	743.207	158.340,47	392.611,69	1.124.409,87	638.077,29
7,5	787.366,37	796.293	169.650,50	420.655,38	1.204.724,86	683.654,24
8,0	839.857,46	849.380	180.960,54	448.699,07	1.285.039,85	729.231,19
8,5	892.348,55	902.466	192.270,57	476.742,76	1.365.354,84	774.808,14
9,0	944.839,64	955.552	203.580,60	504.786,45	1.445.669,83	820.385,09
9,5	997.330,73	1.008.638	214.890,64	532.830,14	1.525.984,82	865.962,04

A relação direta entre os dados se manteve, assim como no ano anterior, a Figura 35 será usada com o mesmo objetivo da Figura 34, auxiliar na percepção da linearidade da relação entre CVaR<sub>95%</sub> e M, só que para os *Swaps* do ano de 2013.

A Figura 35 é a representação gráfica da Tabela 23, mostrando a sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> para as variações em M para os *Swaps* do ano de 2013.

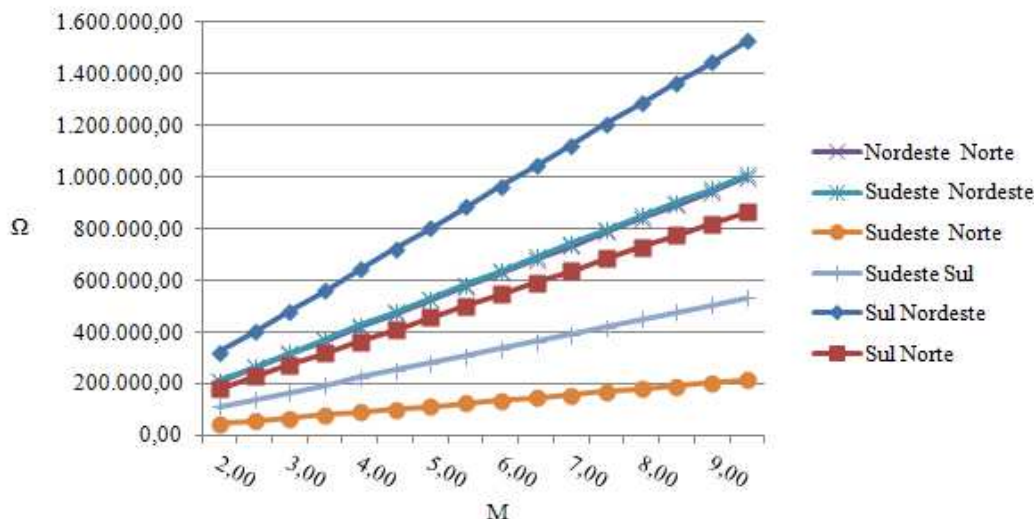


Figura 35 - Sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> x M para Swaps de 2013

Também é possível ver a linearidade, assim como os diferentes coeficientes angular para as operações.

Como na seção anterior, para análise da sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> em relação a variações de M, foi criado um multiplicador comum para todos MW médios contratados nas carteiras ótimas para todos os Swaps. Diferentemente dos casos anteriores, onde o MW médio contratado variou, nesse ele se encontrou constante em seu valor ótimo, sendo apenas multiplicados pelos valores definidos para M.

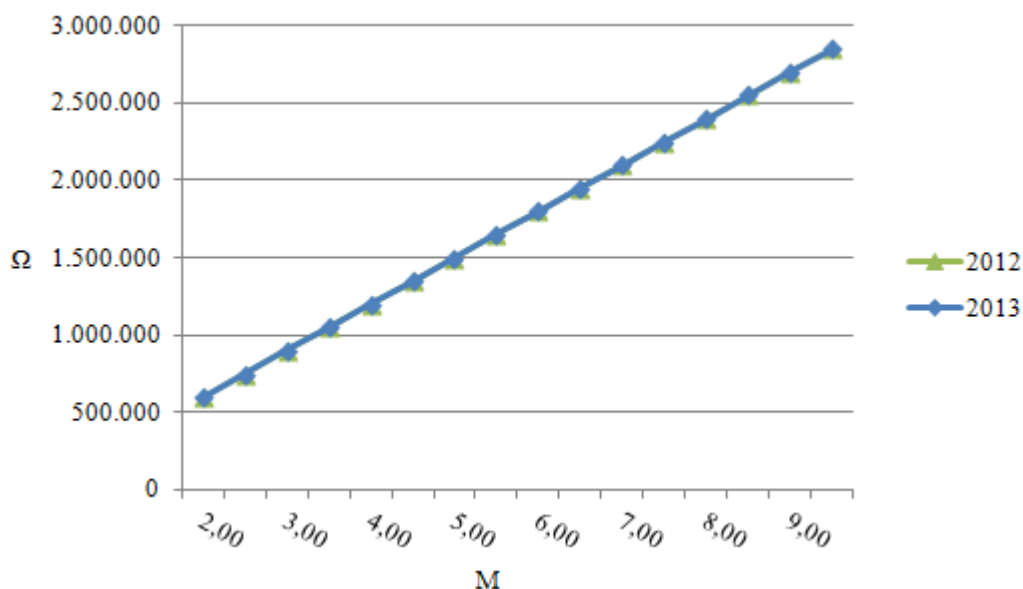
Como as carteiras já apresentavam o valor de CVaR<sub>95%</sub> no limite de R\$ 300.000,00 espera-se que os valores sejam apenas múltiplos desse valor, já que a proporção entre as operações se mantém as mesmas.

Na Tabela 24 se encontram os dados de análise de sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> para essa variação em M para as carteiras ótimas para os anos de 2012 e 2013.

Tabela 24 - Sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> x M para carteiras otimizadas de 2012 e de 2013

M	CVaR <sub>95%</sub>	
	2012	2013
2,0	600.000	600.000
2,5	750.000	750.000
3,0	900.000	900.000
3,5	1.050.000	1.050.000
4,0	1.200.000	1.200.000
4,5	1.350.000	1.350.000
5,0	1.500.000	1.500.000
5,5	1.650.000	1.650.000
6,0	1.800.000	1.800.000
6,5	1.950.000	1.950.000
7,0	2.100.000	2.100.000
7,5	2.250.000	2.250.000
8,0	2.400.000	2.400.000
8,5	2.550.000	2.550.000
9,0	2.700.000	2.700.000
9,5	2.850.000	2.850.000

Como visto na Tabela 24, tanto para o ano de 2012 como para 2013 as variações do CVaR<sub>95%</sub> são diretamente proporcionais ao aumento do valor que multiplica os Ms das carteiras ótimas. A Figura 36 ilustra esses dados.

Figura 36 - Sensibilidade de CVaR<sub>95%</sub> x M para as carteiras otimizadas de 2012 e de 2013

Em todos os casos de *Swaps* ficou clara a relação linear e diretamente proporcional entre CVaR<sub>95%</sub> e M. Para as carteiras, o aumento proporcional do valor da carteira pelo valor de M mostra que o CVaR<sub>95%</sub> aumenta de forma proporcional, enquanto o valor de  $\Omega$  não aumenta na mesma intensidade,

chegando à conclusão de que com uma variação em suas restrições a carteira ótima não teria a obrigatoriedade de manter as mesmas proporções talvez nem os mesmo elementos das carteiras aqui escolhidas.