

7. RESULTADOS DAS PREVISÕES “OUT OF SAMPLE”

O Capítulo 7 mostra os resultados das previsões “*out of sample*”. É importante para verificar a adequação dos modelos escolhidos no Capítulo 6 num contexto preditivo.

Considera-se nas previsões “*out of sample*” o melhor modelo utilizando toda a série histórica. Ou seja, as previsões foram feitas com o melhor modelo do ajuste “*in sample*” escolhido no Capítulo 6.

Para uma melhor compreensão, as metodologias foram divididas em dois grupos:

- i. Item 7.1: Previsões a curto prazo: Metodologias I, II e III;
- ii. Item 7.2: Previsões a longo prazo: Metodologias IV e V;

Além disso, o Item 7.3 apresenta uma análise dos resultados das previsões dos cinco conjuntos de dados: Bacia de Campos, Bacia do Recôncavo, Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará, Bacia de Sergipe/Alagoas e a do Golfo do México. Estes conjuntos de dados são constituídos por 31, 39, 26, 39 e 28 observações anuais, respectivamente.

7.1. Previsões a curto prazo: Modelos $R(t)$ - Metodologias I, II e III

Três metodologias são aplicadas nesta seção: a metodologia de Knoring *et al.* (1999), item 3.5.1, e duas metodologias propostas, itens 4.1 e 4.2.

Estas metodologias nos dão confiança em fazer previsões apenas para o curto prazo, pois o ajuste depende do valor do ano imediatamente anterior. A previsão piora na medida em que nos afastamos da data atual. Por esta razão, utilizou-se um horizonte de planejamento de três anos nas Metodologias I, II e III.

7.1.1. Metodologia I

Novamente, adota-se a nomenclatura “Knoring_1” a “Knoring_9” para representar os nove modelos propostos por Knoring *et al.* (1999) que evoluem com o tempo (Equações 25 a 33). As previsões para os cinco conjuntos de dados considerados são mostradas abaixo.

7.1.1.1. Bacia de Campos

Para testar a capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 28 das 31 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo Knoring_8. A Tabela 29 e a Figura 79 mostram o resultado da previsão. O valor observado é $R_{2004} = 2.316,57$ e o valor previsto utilizando as primeiras 28 observações é 2.006,81, resultando num erro percentual de $-13,37\%$.

Tabela 1 – Bacia de Campos: previsão 3 anos - Metodologia I.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2002	1953.69	1801.64	-7.78%
2003	2187.48	1902.37	-13.03%
2004	2316.57	2006.81	-13.37%

Fonte: o autor.

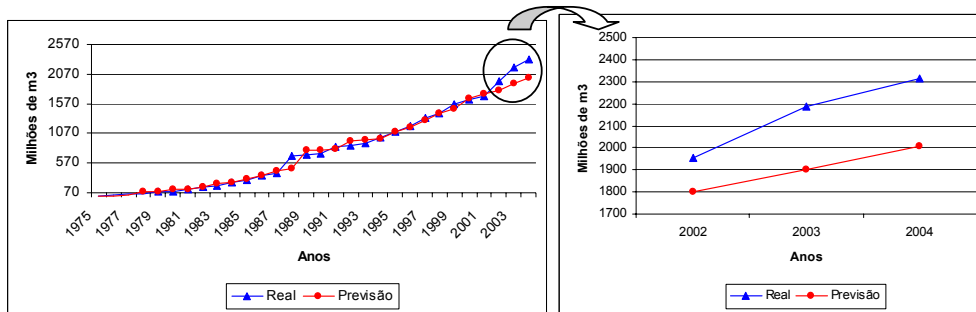


Figura 1 – Bacia de Campos: Previsão 3 anos utilizando o Modelo Knoring_8.

Fonte: o autor.

7.1.1.2. Bacia do Recôncavo

A Tabela 30 e a Figura 80 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 36 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo Knoring_7. O valor observado é $R_{2002} = 258,00$ e o valor previsto utilizando as primeiras 36 observações é 249,25, resultando num erro percentual de $-3,39\%$.

Tabela 2 – Bacia do Recôncavo: previsão 3 anos - Metodologia I.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2000	253.00	249.09	-1.55%
2001	258.00	249.17	-3.42%
2002	258.00	249.25	-3.39%

Fonte: o autor.

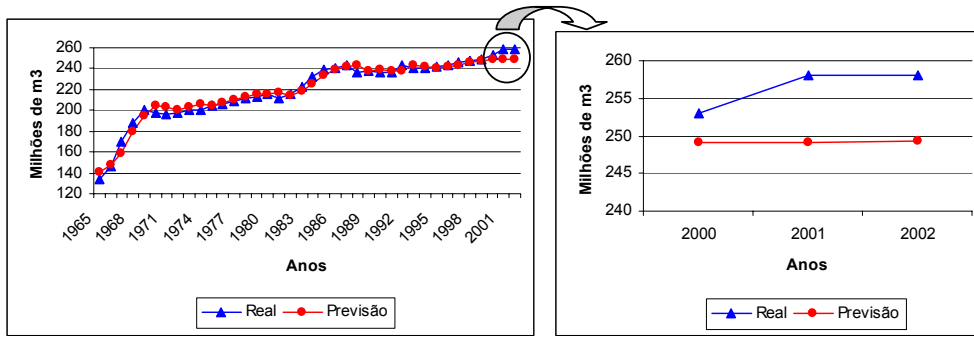


Figura 2 – Bacia do Recôncavo: Previsão 3 anos utilizando o Modelo Knoring_7.
Fonte: o autor.

7.1.1.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

A Tabela 31 e a Figura 81 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 23 das 26 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo Knoring_8. O valor observado é $R_{2004} = 117,83$ e o valor previsto utilizando as primeiras 23 observações é 126,13, resultando num erro percentual de 7,05%.

Tabela 3 – Bacia do RN/CE: previsão 3 anos - Metodologia I.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2002	110.84	114.30	3.12%
2003	115.15	120.08	4.28%
2004	117.83	126.13	7.05%

Fonte: o autor.

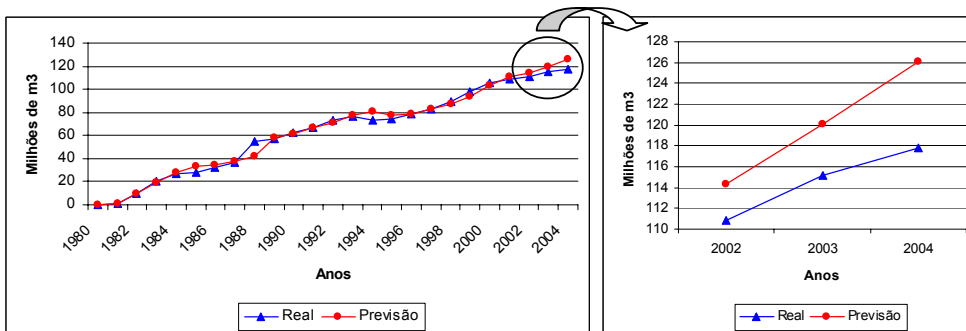


Figura 3 – Bacia do RN/CE: Previsão 3 anos utilizando o Modelo Knoring_8.
Fonte: o autor

7.1.1.4. Bacia de Sergipe/Alagoas

A Tabela 32 e a Figura 82 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 29 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo Knoring_8. O valor observado é $R_{2004} = 111,45$ e o valor previsto utilizando as primeiras 36 observações é 109,44, resultando num erro percentual de -1,80%.

Tabela 4 – Bacia de SE/AL: previsão 3 anos - Metodologia I.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2002	103.51	104.93	1.37%
2003	107.55	107.18	-0.35%
2004	111.45	109.44	-1.80%

Fonte: o autor.

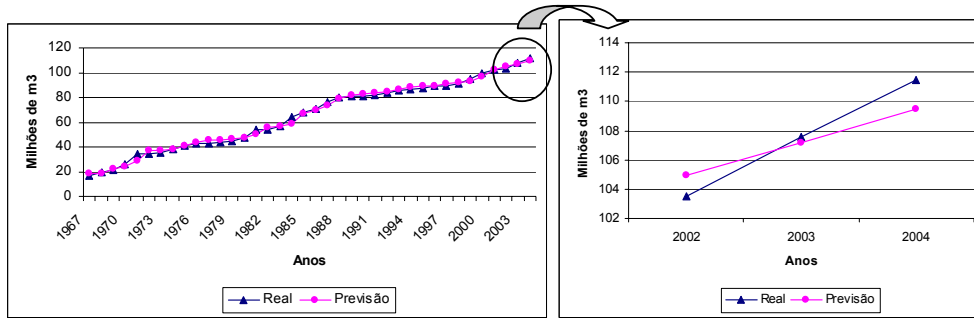


Figura 4 – Bacia do SE/AL: Previsão 3 anos utilizando o Modelo Knoring_8.

Fonte: o autor

7.1.1.5. Golfo do México

A Tabela 33 e a Figura 83 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 25 das 28 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo Knoring_9. O valor observado é $R_{2002} = 18.754,36$ e o valor previsto utilizando as primeiras 25 observações é $15.694,25$, resultando num erro percentual de -16,32%.

Tabela 5 – Golfo do México: previsão 3 anos - Metodologia I.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2000	14928.18	14793.50	-0.90%
2001	16549.80	15229.91	-7.98%
2002	18754.36	15694.25	-16.32%

Fonte: o autor.

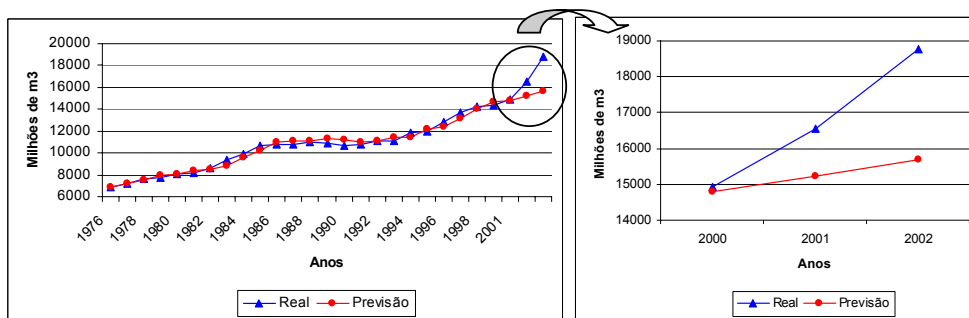


Figura 5 – Golfo do México: Previsão 3 anos utilizando o Modelo Knoring_9.

Fonte: o autor

7.1.2. Metodologia II

Adotou-se a nomenclatura “Modelo 1x1” a “Modelo 7x9” para representar os 63 modelos. Os ajustes e as previsões para os cinco conjuntos de dados considerados são mostrados abaixo.

7.1.2.1. Bacia de Campos

A Tabela 34 e a Figura 84 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 28 das 31 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 6x7. O valor observado é $R_{2004} = 2.316,57$ e o valor previsto utilizando as primeiras 28 observações é 1.971,58, resultando num erro percentual de -14,89%.

Tabela 6 – Bacia de Campos: previsão 3 anos - Metodologia II.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2002	1953.69	1793.12	-8.22%
2003	2187.48	1882.23	-13.95%
2004	2316.57	1971.58	-14.89%

Fonte: o autor.

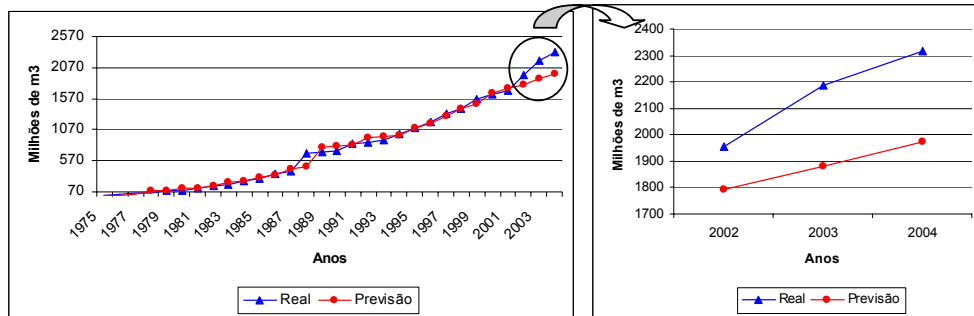


Figura 6 – Bacia de Campos: Previsão 3 anos utilizando o Modelo 6x7.

Fonte: o autor

7.1.2.2. Bacia do Recôncavo

A Tabela 35 e a Figura 85 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 36 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 7x8. O valor observado é $R_{2002} = 258,00$ e o valor previsto utilizando as primeiras 36 observações é 253,04, resultando num erro percentual de -1,92%.

Tabela 7 – Bacia do Recôncavo: previsão 3 anos - Metodologia II.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2000	253.00	250.35	-1.05%
2001	258.00	251.70	-2.44%
2002	258.00	253.04	-1.92%

Fonte: o autor.

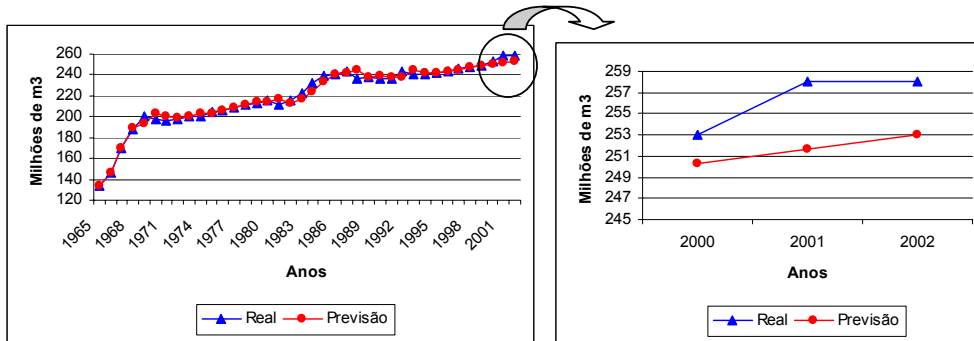


Figura 7 – Bacia do Recôncavo: Previsão 3 anos utilizando o Modelo 7x8.

Fonte: o autor

7.1.2.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

A Tabela 36 e a Figura 86 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 23 das 26 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 1x2. O valor observado é $R_{2004} = 117,83$ e o valor previsto utilizando as primeiras 23 observações é 120,23, resultando num erro percentual de 2,04%.

Tabela 8 – Bacia do RN/CE: previsão 3 anos - Metodologia II.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2002	110.84	112.64	1.62%
2003	115.15	116.46	1.14%
2004	117.83	120.23	2.04%

Fonte: o autor.

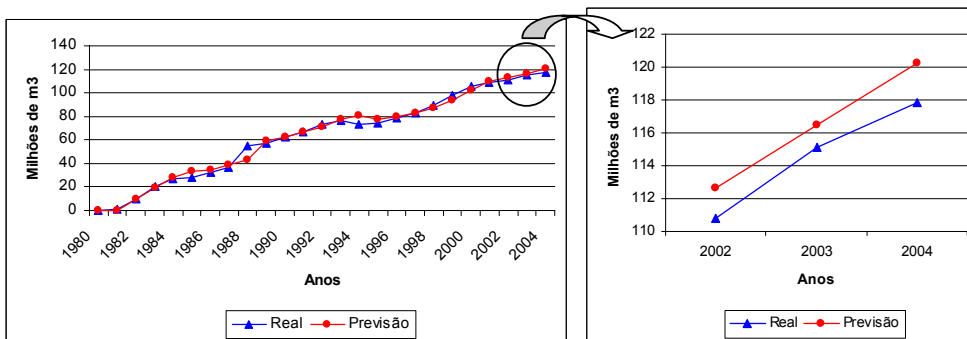


Figura 8 – Bacia do RN/CE: Previsão 3 anos utilizando o Modelo 1x2.

Fonte: o autor

7.1.2.4. Bacia de Sergipe/Alagoas

A Tabela 37 e a Figura 87 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 36 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 7x9. O valor observado é $R_{2004} = 111,45$ e o valor previsto utilizando as primeiras 36 observações é 109,29, resultando num erro percentual de -1,94%.

Tabela 9 – Bacia de Sergipe/Alagoas: previsão 3 anos - Metodologia II.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2002	103.51	104.89	1.34%
2003	107.55	107.09	-0.43%
2004	111.45	109.29	-1.94%

Fonte: o autor.

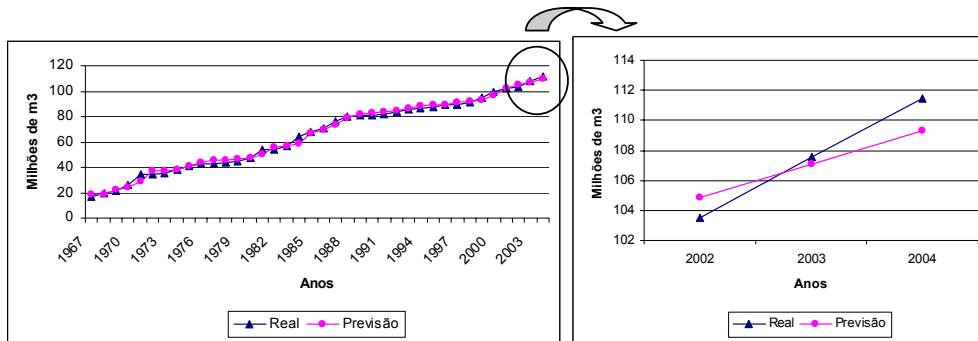


Figura 9 – Bacia de Sergipe/Alagoas: Previsão 3 anos utilizando o Modelo 7x9.

Fonte: o autor

7.1.2.5. Golfo do México

A Tabela 38 e a Figura 88 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 25 das 28 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 7x8. O valor observado é $R_{2002} = 18.754,36$ e o valor previsto utilizando as primeiras 25 observações é 16.154,79, resultando num erro percentual de -13,86%.

Tabela 10 – Golfo do México: previsão 3 anos - Metodologia II.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2000	14928.18	14932.96	0.03%
2001	16549.80	15523.21	-6.20%
2002	18754.36	16154.79	-13.86%

Fonte: o autor.

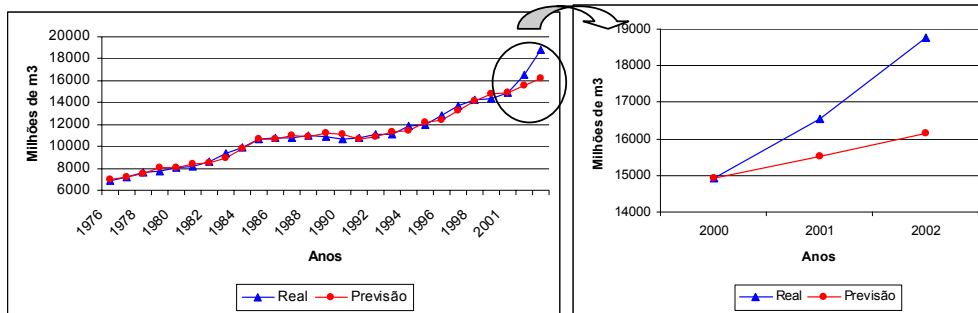


Figura 10 – Golfo do México: Previsão 3 anos utilizando o Modelo 7x8.
Fonte: o autor

7.1.3. Metodologia III

Novamente, adota-se a nomenclatura “Modelo 1x1” a “Modelo 7x9” para representar os 63 modelos propostos no item 4.2. As previsões utilizando dados do Recôncavo são mostrados abaixo.

7.1.3.1. Bacia do Recôncavo

A Tabela 39 e a Figura 89 mostram o resultado da previsão utilizando-se somente 10 das 13 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 1x2 (3ª curva-S). O valor observado é $R_{2002} = 258,00$ e o valor previsto utilizando as primeiras 10 observações é 252,96, resultando num erro percentual de -1,96%.

Tabela 11 – Bacia do Recôncavo: previsão 3 anos - Metodologia III.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro (%)
2000	253.00	250.32	-1.06%
2001	258.00	251.64	-2.46%
2002	258.00	252.96	-1.96%

Fonte: o autor.

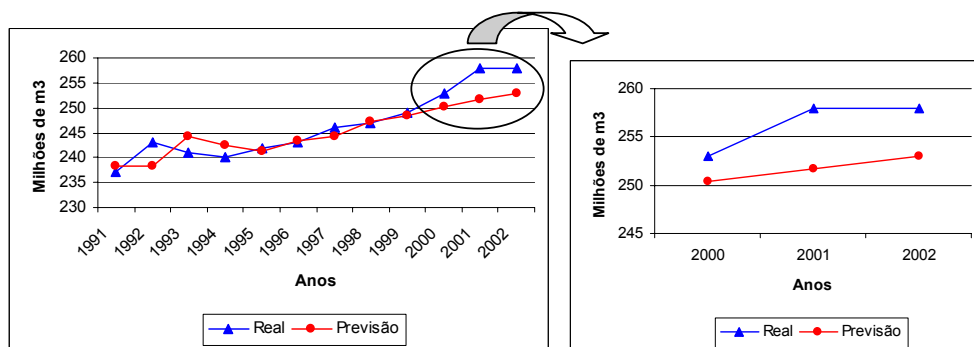


Figura 11 – Bacia do Recôncavo: Previsão 3 anos utilizando o Modelo 1x2.
Fonte: o autor.

7.2. Previsões a longo prazo: Modelos R(L) - Metodologias IV e V

O presente item investiga o desempenho do número de poços (L) como variável explicativa para prever o volume de óleo recuperável. Duas metodologias são aplicadas nesta seção: a metodologia de Knoring *et al.* (1999), item 3.5.3, e a metodologia proposta na presente tese, item 4.3.

Estas metodologias são importantes para previsões a longo prazo, pois os modelos não dependem do valor imediatamente anterior, conforme descrito nas três metodologias anteriores (item 6.1). Necessita-se somente do número acumulado de poços a serem perfurados.

7.2.1. Metodologia IV

Os nove modelos propostos por Knoring *et al.* (1999), que evoluem com o esforço exploratório (L), Equações 39 a 47, receberão nesta seção o nome de L_1 a L_9.

7.2.1.1. Bacia de Campos

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 21 das 31 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo L_9. A Tabela 40 e a Figura 90 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2004} = 2.316,57$ e o valor previsto utilizando as primeiras 21 observações é 1.818,08, resultando num erro percentual de -21,52%. Além disso, apenas com o propósito comparativo, sugere-se o cálculo de limites “máximo” e “mínimo” para as previsões.

A previsão máxima é calculada com base no esforço exploratório máximo ($L_{\text{máx}}$). Adotou-se o valor “ $L_{\text{máx}}$ ” como sendo a soma do número de poços a serem perfurados no futuro (μ) mais três vezes o desvio padrão do volume perfurado anualmente (3σ). Em outras palavras, $L_{\text{máx}} = \mu + 3 \cdot \sigma_L$.

Analogamente, a previsão mínima é calculada com base no esforço exploratório mínimo (L_{min}), onde $L_{\text{min}} = \mu - 3 \cdot \sigma_L$, desde que este valor seja maior que o valor do ano anterior L_{1994} . O desvio padrão do esforço exploratório anual calculado é igual a $\sigma_L = 19,37$.

Tabela 12 – Bacia de Campos: Previsão 10 anos - Metodologia IV.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1995	1096.74	1028.45	-6.23%	1256.49	966.09
1996	1201.30	1117.47	-6.98%	1363.91	966.09
1997	1324.61	1172.68	-11.47%	1430.53	966.09
1998	1399.33	1230.45	-12.07%	1500.22	1006.88
1999	1562.82	1322.15	-15.40%	1610.84	1082.86
2000	1640.80	1396.32	-14.90%	1700.28	1144.33
2001	1704.25	1509.87	-11.41%	1837.19	1238.45
2002	1953.69	1626.65	-16.74%	1977.97	1335.27
2003	2187.48	1740.24	-20.45%	2114.87	1429.46
2004	2316.57	1818.08	-21.52%	2208.68	1494.02

Fonte: o autor.

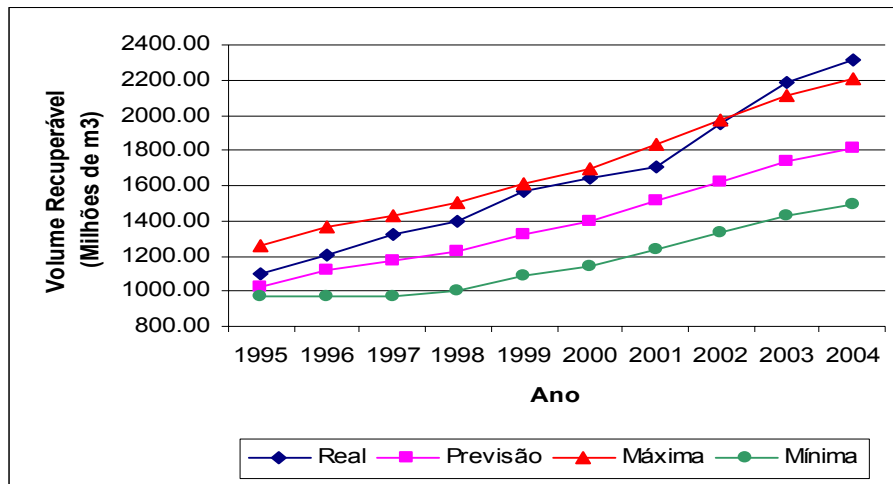


Figura 12 – Bacia de Campos: Previsão 10 anos utilizando o Modelo L_9.
Fonte: o autor.

7.2.1.2. Bacia do Recôncavo

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 29 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo L_2. A Tabela 41 e a Figura 91 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2004} = 261,00$ e o valor previsto utilizando as primeiras 29 observações é 251,92, resultando num erro percentual de -3,48%. O desvio padrão do esforço exploratório anual utilizado para calcular os limites “máximo” e “mínimo” é igual a $\sigma_L = 22,09$.

Tabela 13 – Bacia do Recôncavo: Previsão 10 anos - Metodologia IV.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1993	245.87	245.60	-0.11%	250.29	240.70
1994	246.64	246.53	-0.04%	251.19	241.68
1995	248.23	247.60	-0.25%	252.21	242.80
1996	249.53	248.52	-0.40%	253.10	243.76
1997	252.76	249.08	-1.45%	253.64	244.34
1998	252.04	249.71	-0.92%	254.24	245.00
1999	253.75	250.06	-1.45%	254.58	245.36
2000	256.10	250.55	-2.17%	255.04	245.87
2001	260.76	251.51	-3.54%	255.97	246.87
2002	261.00	251.92	-3.48%	256.36	247.30

Fonte: o autor.

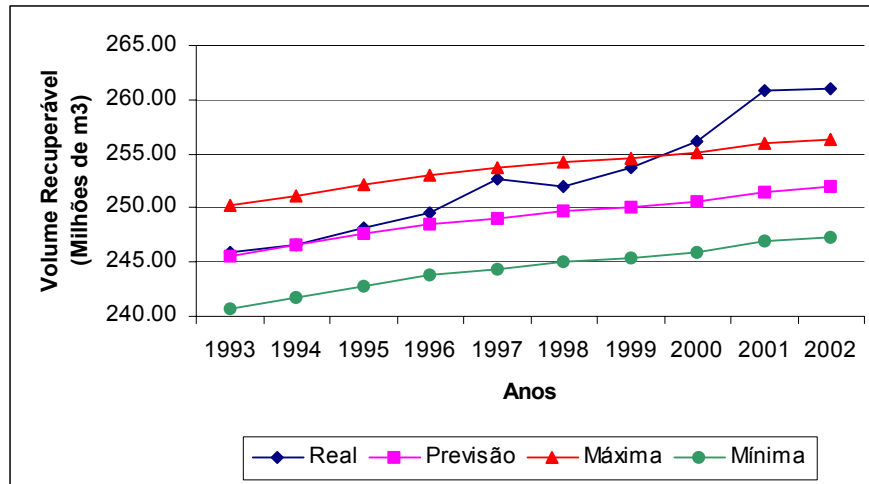


Figura 13 – Bacia do Recôncavo: Previsão 10 anos utilizando o Modelo L_2.

Fonte: o autor.

7.2.1.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 16 das 26 observações anuais para estimar os parâmetros do modelo L_9. A Tabela 42 e a Figura 92 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2004} = 117,83$ e o valor previsto utilizando as primeiras 16 observações é 112,05, resultando num erro percentual de -4,90%. O desvio padrão do esforço exploratório anual utilizado para calcular os limites “máximo” e “mínimo” é igual a $\sigma_L = 29,11$.

Tabela 14 – Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará: Previsão 10 anos - Metodologia IV.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1995	74.79	81.11	8.46%	94.47	78.47
1996	78.69	88.03	11.87%	101.88	78.47
1997	82.98	91.90	10.75%	106.02	78.71
1998	89.06	95.85	7.63%	110.23	82.39
1999	98.33	98.74	0.42%	113.31	85.09
2000	105.90	101.18	-4.46%	115.91	87.37
2001	108.77	106.13	-2.43%	121.18	92.01
2002	110.84	107.47	-3.04%	122.60	93.26
2003	115.15	109.16	-5.20%	124.39	94.84
2004	117.83	112.05	-4.90%	127.46	97.56

Fonte: o autor.

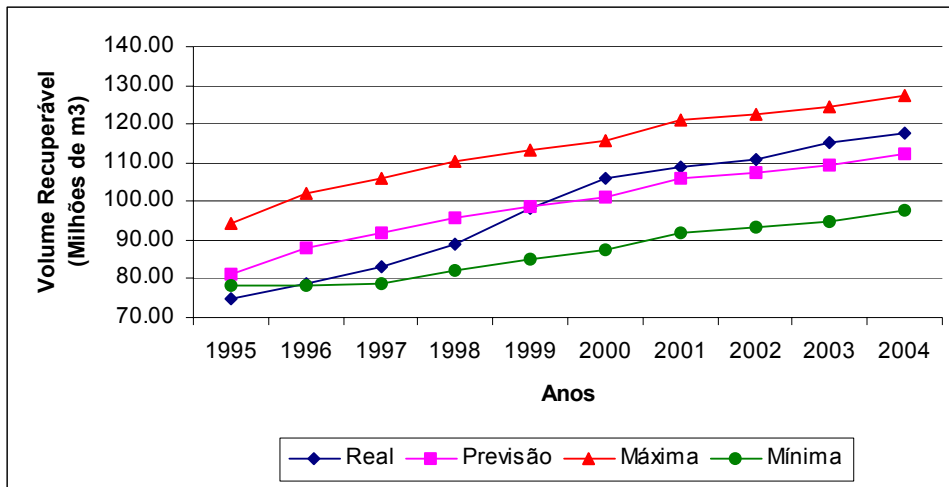


Figura 14 – Bacia do RN/CE: Previsão 10 anos utilizando o Modelo L_9.

Fonte: o autor.

7.2.1.4. Bacia do Sergipe/Alagoas

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 29 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do modelo L_9. A Tabela 43 e a Figura 93 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2004} = 111,45$ e o valor previsto utilizando as primeiras 29 observações é 92,23, resultando num erro percentual de -17,25%. O desvio padrão do esforço exploratório anual utilizado para calcular os limites “máximo” e “mínimo” é igual a $\sigma_L = 20,30$.

Tabela 15 – Bacia do Sergipe/Alagoas: Previsão 10 anos - Metodologia IV.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1995	87.34	86.50	-0.96%	90.22	82.77
1996	89.15	86.75	-2.70%	90.46	83.02
1997	89.60	86.99	-2.91%	90.70	83.26
1998	91.15	87.48	-4.03%	91.19	83.75
1999	94.53	88.94	-5.91%	92.65	85.22
2000	99.67	90.34	-9.36%	94.04	86.63
2001	102.69	90.71	-11.67%	94.41	87.00
2002	103.51	90.83	-12.25%	94.53	87.12
2003	107.55	91.50	-14.92%	95.20	87.79
2004	111.45	92.23	-17.25%	95.92	88.52

Fonte: o autor.

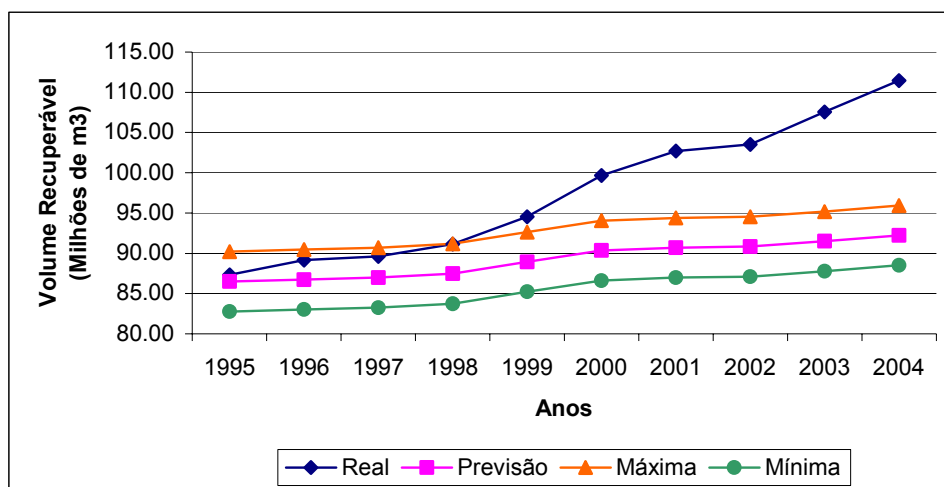


Figura 15 – Bacia do SE/AL: Previsão 10 anos utilizando o Modelo L_9.
Fonte: o autor.

7.2.2. Metodologia V

Conforme visto no item 4.3, a Metodologia V considera o controle e a condição em função do esforço exploratório. Para poder comparar os resultados das Metodologias IV e V, utilizam-se nesta seção os mesmos dados do item 7.2.1.

Novamente, adota-se a nomenclatura “Modelo 1x1” a “Modelo 7x9” para representar os 63 modelos propostos neste item.

7.2.2.1. Bacia de Campos

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 21 das 31 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 1x8. A Tabela 44 e a Figura 94 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2004} = 2.316,57$ e o valor previsto utilizando as primeiras 21 observações é 1.927,65, resultando num erro percentual de -16,79%. O desvio padrão do esforço exploratório anual utilizado para calcular os limites “máximo” e “mínimo” é igual a $\sigma_L = 19,37$.

Tabela 16 – Bacia de Campos: Previsão 10 anos - Metodologia V.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1995	1096,74	1041,13	-5,07%	1290,51	974,03
1996	1201,30	1137,75	-5,29%	1410,00	974,03
1997	1324,61	1198,15	-9,55%	1484,70	974,03
1998	1399,33	1261,73	-9,83%	1563,33	1017,85
1999	1562,82	1363,41	-12,76%	1689,07	1100,07
2000	1640,80	1446,29	-11,85%	1791,57	1167,09
2001	1704,25	1574,25	-7,63%	1949,83	1270,56
2002	1953,69	1707,15	-12,62%	2114,18	1378,02
2003	2187,48	1837,59	-15,99%	2275,51	1483,50
2004	2316,57	1927,65	-16,79%	2386,88	1556,31

Fonte: o autor.

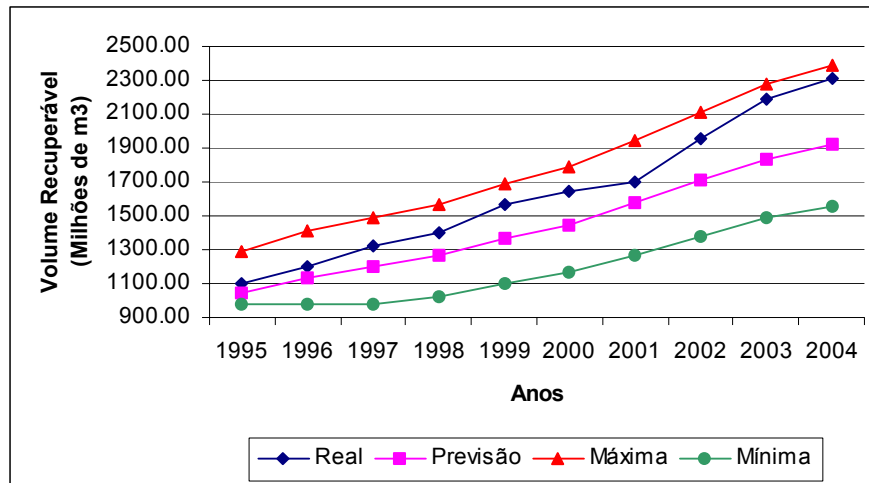


Figura 16 – Bacia de Campos: Previsão 10 anos utilizando o Modelo 1x8.
Fonte: o autor.

7.2.2.2. Bacia do Recôncavo

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 29 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 7x3. A Tabela 45 e a Figura 95 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2002} = 261,00$ e o valor previsto utilizando as primeiras 29 observações é 258,91, resultando num erro percentual de -0,80%. O desvio padrão do esforço exploratório anual utilizado para calcular os limites “máximo” e “mínimo” é igual a $\sigma_L = 22,09$.

Tabela 17 – Bacia do Recôncavo: Previsão 10 anos - Metodologia V.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1993	245.87	249.29	1.39%	256.34	242.42
1994	246.64	250.66	1.63%	257.75	243.75
1995	248.23	252.25	1.62%	259.38	245.30
1996	249.53	253.63	1.65%	260.80	246.65
1997	252.76	254.49	0.68%	261.68	247.48
1998	252.04	255.45	1.36%	262.67	248.42
1999	253.75	255.99	0.88%	263.22	248.95
2000	256.10	256.75	0.25%	264.00	249.68
2001	260.76	258.26	-0.96%	265.55	251.16
2002	261.00	258.91	-0.80%	266.22	251.80

Fonte: o autor.

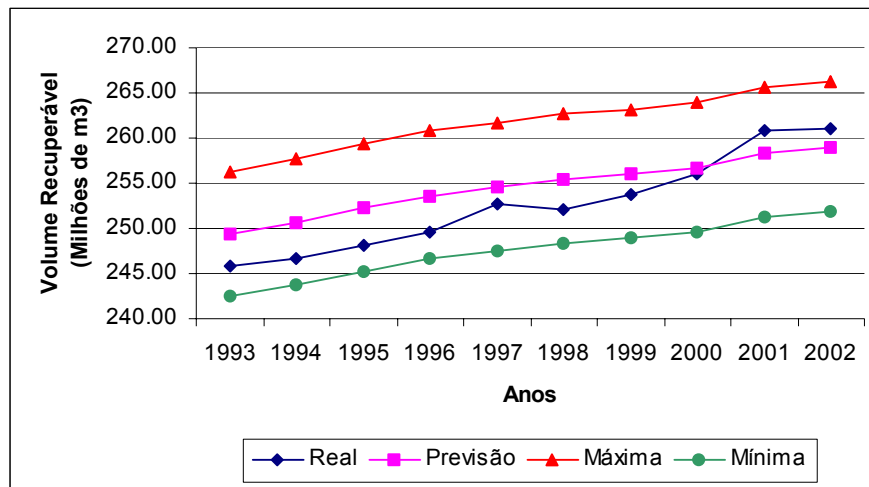


Figura 17 – Bacia do Recôncavo: Previsão 10 anos utilizando o Modelo 7x3.

Fonte: o autor.

7.2.2.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 16 das 26 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 1x8. A Tabela 46 e a Figura 96 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2004} = 117,83$ e o valor previsto utilizando as primeiras 16 observações é 118,18, resultando num erro percentual de 0,30%. O desvio padrão do esforço exploratório anual utilizado para calcular os limites “máximo” e “mínimo” é igual a $\sigma_L = 29,11$.

Tabela 18 – Bacia do RN/CE: Previsão 10 anos - Metodologia V.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1995	74,79	81,60	9,11%	96,74	68,34
1996	78,69	89,32	13,51%	105,56	75,10
1997	82,98	93,75	12,98%	110,62	78,98
1998	89,06	98,35	10,44%	115,88	83,01
1999	98,33	101,78	3,51%	119,79	86,01
2000	105,90	104,70	-1,13%	123,13	88,57
2001	108,77	110,76	1,83%	130,05	93,87
2002	110,84	112,42	1,43%	131,95	95,33
2003	115,15	114,53	-0,54%	134,36	97,17
2004	117,83	118,18	0,30%	138,53	100,37

Fonte: o autor.

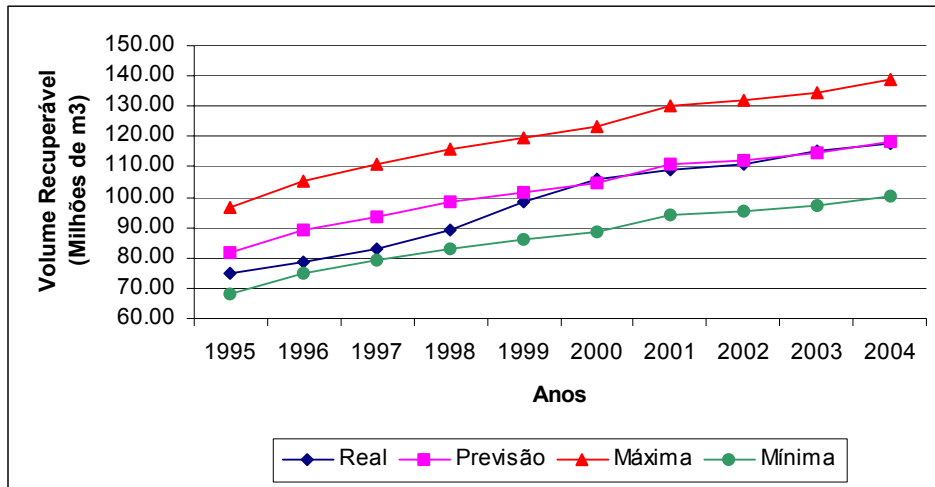


Figura 18 – Bacia do RN/CE: Previsão 10 anos utilizando o Modelo 1x8.

Fonte: o autor.

7.2.2.4. Bacia de Sergipe/Alagoas

Para testar sua capacidade preditiva (*out of sample*), utilizam-se somente 29 das 39 observações anuais para estimar os parâmetros do Modelo 4x8. A Tabela 47 e a Figura 97 mostram o resultado da previsão.

O valor observado é $R_{2004} = 111,45$ e o valor previsto utilizando as primeiras 29 observações é 92,60, resultando num erro percentual de -16,91%. O desvio padrão do esforço exploratório anual utilizado para calcular os limites “máximo” e “mínimo” é igual a $\sigma_L = 20,30$.

Tabela 19 – Bacia de SE/AL: Previsão 10 anos - Metodologia V.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro	Previsão (máxima)	Previsão (mínima)
1995	87.34	86.62	-0.82%	90.49	82.79
1996	89.15	86.88	-2.55%	90.74	83.04
1997	89.60	87.13	-2.76%	91.00	83.29
1998	91.15	87.64	-3.86%	91.51	83.80
1999	94.53	89.16	-5.68%	93.04	85.31
2000	99.67	90.62	-9.08%	94.53	86.76
2001	102.69	91.00	-11.38%	94.91	87.14
2002	103.51	91.13	-11.96%	95.04	87.26
2003	107.55	91.83	-14.61%	95.75	87.96
2004	111.45	92.60	-16.91%	96.53	88.72

Fonte: o autor.

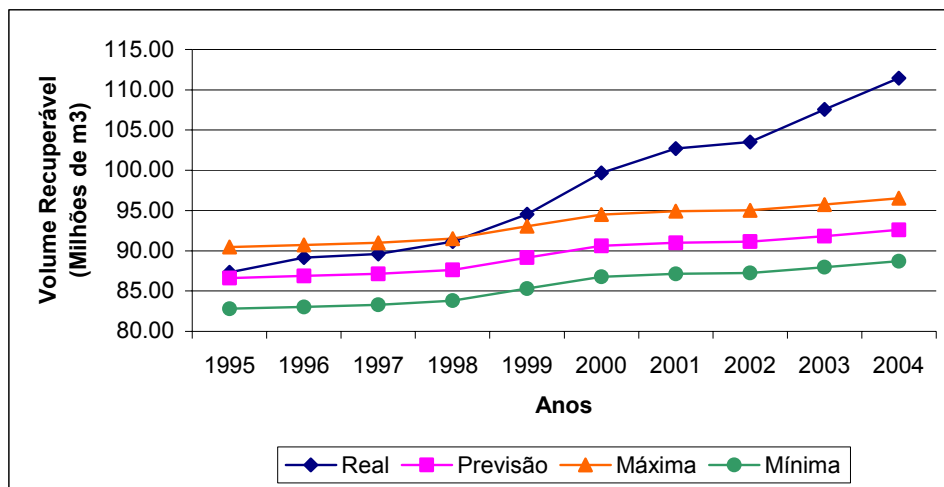


Figura 19 – Bacia de SE/AL: Previsão 10 anos utilizando o Modelo 4x8.

Fonte: o autor.

Pode-se observar no gráfico acima que, para este conjunto de dados, a previsão *out of sample* não retrata os valores reais observados. Por esta razão, testa-se a capacidade preditiva utilizando-se 34 das 39 observações anuais (previsão 5 anos).

As Tabelas 48 e 49 e as Figuras 98 e 99 mostram, respectivamente, os resultados da previsão utilizando os Modelos 4x8 e 1x8. O valor previsto utilizando o Modelo 4x8 é 118,27 e utilizando o Modelo 1x8 é 113,86.

Tabela 20 – Bacia de SE/AL: Previsão 5 anos – Modelo 4x8.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro
2000	99.67	101.79	2.12%
2001	102.69	104.17	1.44%
2002	103.51	105.04	1.48%
2003	107.55	110.53	2.77%
2004	111.45	118.27	6.12%

Fonte: o autor.

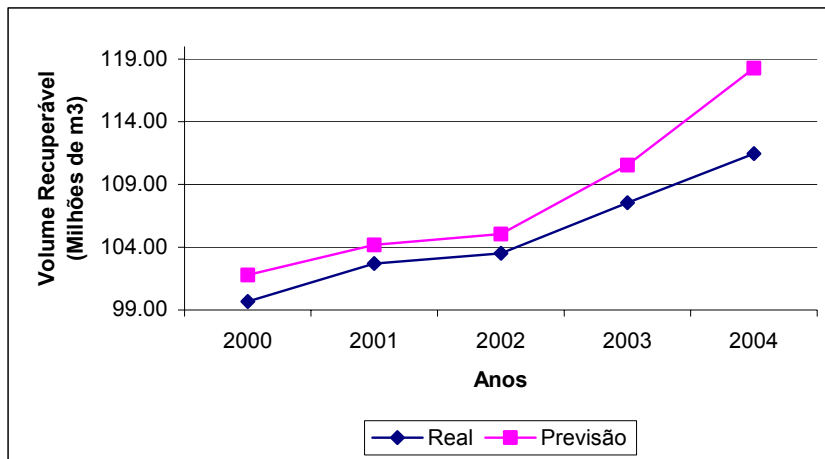


Figura 20 – Bacia de SE/AL: Previsão 5 anos utilizando o Modelo 4x8.
Fonte: o autor.

Tabela 21 – Bacia de SE/AL: Previsão 5 anos – Modelo 1x8.

Ano	Valores Reais	Previsão	Erro
2000	99.67	100.83	1.16%
2001	102.69	102.82	0.13%
2002	103.51	103.54	0.03%
2003	107.55	107.95	0.37%
2004	111.45	113.86	2.16%

Fonte: o autor.

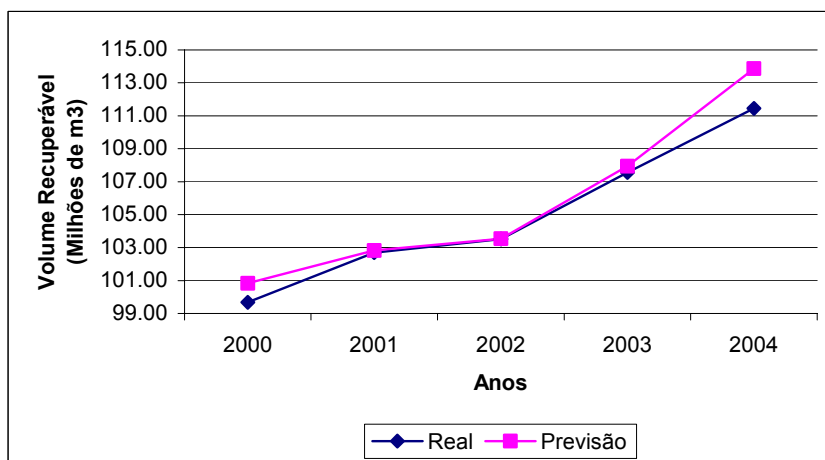


Figura 21 – Bacia de SE/AL: Previsão 5 anos utilizando o Modelo 1x8.
Fonte: o autor.

7.3. Análise das previsões

O presente item apresenta a análise das previsões para os conjuntos de dados testados.

7.3.1. Bacia de Campos

Conforme as Figuras 79 e 84, as Metodologias I e II resultam em previsões de 3 anos inadequadas, resultando num erro de -13,37% e -14,89%, respectivamente.

Em relação às previsões de 10 anos, a Metodologia V alcança um resultado melhor que a Metodologia IV, diminuindo em aproximadamente 5% o erro na previsão. Porém, a Figura 94 mostra que os valores previstos se afastam dos valores reais nos três últimos anos de previsão (2002, 2003 e 2004).

Após analisar os gráficos de volume recuperável ao nível de cada campo pertencente à bacia, observam-se grandes acréscimos em quatro dos principais campos. Por se tratar de dados confidenciais, estes quatro campos serão chamados de A, B, C, D. Somente os campos A, B e D são responsáveis por aproximadamente 73% do volume total acrescentado (249,44 milhões de m³) entre os anos de 2001 e 2002.

A Figura 100 mostra a evolução destes quatro campos. Pode-se observar um acréscimo de volume entre os anos de 2001 e 2002 de 69,85 milhões de m³ no campo de A, de 46,87 milhões de m³ no campo B. No campo C, o acréscimo entre os anos de 2001 e 2003 é de 57,42 milhões de m³. Além disso, mais 64,73 milhões de m³ foram acrescentados devido à descoberta do campo D em 2002.

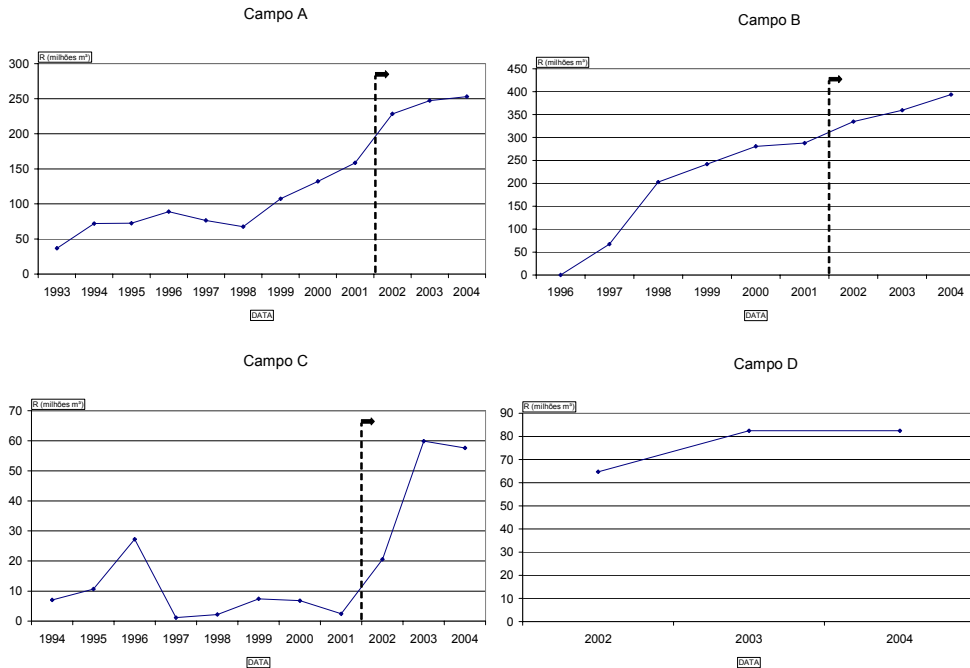


Figura 22 – Volume recuperável em quatro dos principais campos da Bacia de Campos.
Fonte: o autor.

Os grandes incrementos no Campo A, ao serem analisados com especialistas da Petrobras, devem-se principalmente à transferência de reservas não provadas para a categoria provada. Esta transferência foi possível devido aos novos projetos “Piloto de Produção”.

Em relação aos Campos B e C, os grandes incrementos devem-se principalmente às perfurações de poços de delimitação (ADR – Aquisição de Dados de Reservatório), que aumentaram significativamente o volume dos campos. A perfuração destes poços confirmou uma espessura dos reservatórios maior que a prevista. Além disso, no Campo B foram feitos estudos de reavaliação e otimização do número e distribuição dos poços, que resultaram no aumento do fator de recuperação do campo.

7.3.2. Bacia do Recôncavo

Conforme as Figuras 80, 85 e 89, as Metodologias II e III resultam em previsões de 3 anos um pouco melhores que a Metodologia I. O erro na previsão nas Metodologias I, II e III são -3,39%, -1,92% e -1,96%, respectivamente.

Nas previsões de 10 anos, a Metodologia V alcança um resultado melhor que a Metodologia IV, diminuindo para menos de 1% o erro na previsão.

A Figura 95 ilustra um acréscimo de volume relevante em 2001. A princípio, pensou-se que este incremento fosse devido à transferência de recursos prováveis e possíveis para a categoria provada.

Após analisar os gráficos de volume recuperável ao nível de cada campo pertencente à bacia, observa-se que os acréscimos mais significativos referem-se aos campos listados na Tabela 50. A coluna “recursos descobertos” refere-se à soma das reservas provadas, prováveis e possíveis. Pode-se observar nesta tabela que, com exceção com campo “U”, os incrementos em 2001 não se devem à transferência de recursos para a categoria provada.

Tabela 22 – Bacia do Recôncavo: análise do ano 2001.

Campo	ANO	Provada *	Provável *	Possível *	Recursos Descobertos *	Produção Acumulada *	Volume Recuperável (R) *	Delta R *
P	2000	2,13	0,29	0,05	2,46	47,22	49,35	0,45
	2001	2,28	0,23	0,07	2,58	47,52	49,80	
Q	2000	3,59	1,76	0,25	5,59	32,60	36,19	0,90
	2001	4,26	2,77	0,28	7,31	32,83	37,09	
R	2000	2,78	0,63	0,00	3,41	21,45	24,23	0,72
	2001	3,29	1,00	0,00	4,29	21,66	24,95	
S	2000	1,34	0,43	0,00	1,77	15,53	16,87	1,04
	2001	2,17	0,28	0,00	2,45	15,74	17,91	
T	2000	4,01	0,17	0,35	4,53	15,94	19,95	0,41
	2001	4,24	0,17	0,38	4,79	16,12	20,36	
U	2000	0,65	0,22	0,07	0,94	0,82	1,47	0,32
	2001	0,87	0,00	0,05	0,92	0,92	1,79	
V	2000	1,10	0,53	0,08	1,71	2,65	3,75	0,16
	2001	1,15	0,52	0,08	1,76	2,76	3,91	
X	2000	0,26	0,00	0,00	0,26	0,52	0,78	0,16
	2001	0,38	0,00	0,00	0,38	0,56	0,93	
Z	2000	0,16	0,11	0,00	0,26	3,30	3,46	0,25
	2001	0,32	0,25	0,00	0,57	3,38	3,70	

* milhões de m³

Fonte: o autor.

7.3.3. Bacia do RN/CE

Conforme as Figuras 81 e 86, a Metodologia II alcança um resultado melhor que a Metodologia I, diminuindo o erro na previsão de 7,05% para 2,04%. Em relação às previsões de 10 anos, a Metodologia V prevê melhor que a Metodologia IV, diminuindo para menos de 1% o erro na previsão.

Além disso, a Figura 96 mostra que, utilizando a Metodologia V, os quatro primeiros valores previstos (R_{1995} a R_{1998}) começam muito acima dos valores reais. Isto pode levar à falsa impressão que a previsão de 10 anos já começou errada no primeiro ano de previsão (1995). Entretanto, é relevante observar que isto ocorre porque as reavaliações no último ano dos dados (1994) mudaram de patamar os volumes R_{1995} a R_{1998} (Figura 101).

Dessa forma, o melhor ajuste para previsão considera que o histórico de dados (16 anos) é mais importante que o valor do último ponto (1994). A reavaliação pontual no ano de 1994 não afeta o ajuste como um todo. O modelo continua seguindo na previsão a mesma tendência do passado. A previsão (*out of sample*) baseia-se no melhor ajuste global e não pontual considerando somente o último ponto.

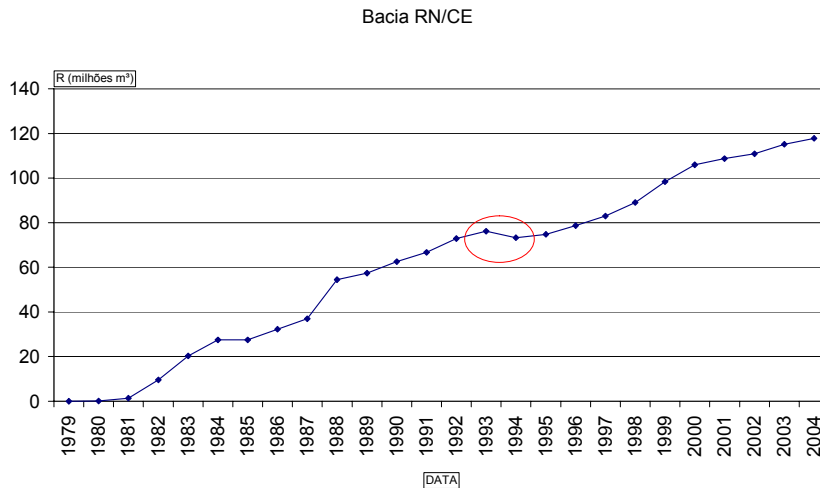


Figura 23 – Volume Recuperável na Bacia RN/CE: Reavaliação em 1994.
Fonte: o autor.

7.3.4. Bacia de SE/AL

Conforme as Figuras 82 e 87, as Metodologias I e II resultam em previsões de 3 anos bem próximas, resultando num erro de -1,80% e -1,94%, respectivamente.

Em relação às previsões de 10 anos, a Figura 97 mostra que os grandes acréscimos ocorridos nos últimos anos resultaram em previsões inadequadas. Isto se deve principalmente aos dois maiores campos da bacia (W e Y) que têm um forte crescimento nos últimos anos (Figuras 102 e 103).

Nos últimos 10 anos, o acréscimo total foi de 24,11 milhões de m³. Somente estes dois campos são responsáveis por aproximadamente 84% do volume total acrescentado entre os anos de 1995 e 2004.

Campo W

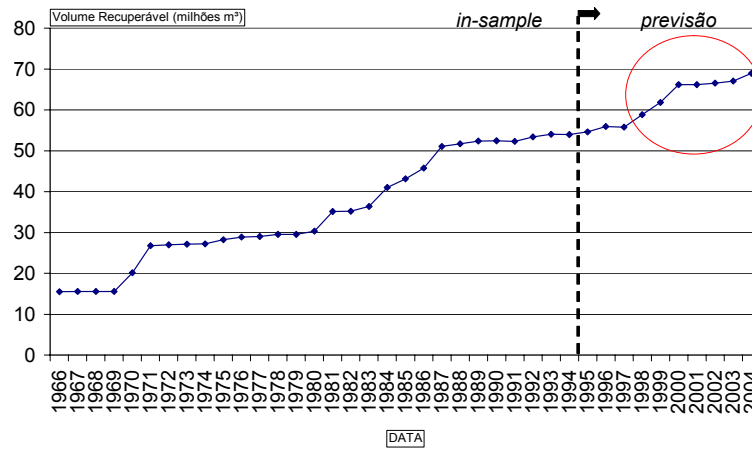


Figura 24 – Volume Recuperável no Campo W.
Fonte: o autor.

Campo Y

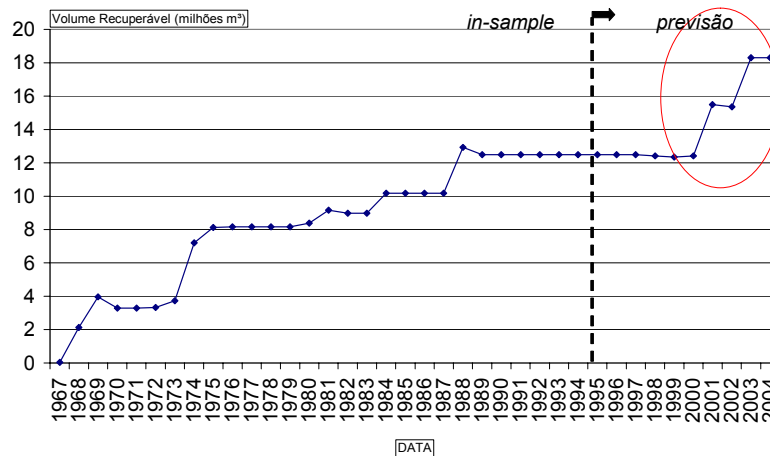


Figura 25 – Volume Recuperável no Campo Y.
Fonte: o autor.

Verifica-se que os grandes incrementos nestes campos, ao serem analisados com especialistas da Petrobras, devem-se principalmente ao aumento no volume de água injetada, resultando num maior fator de recuperação. Dessa forma, os modelos não capturaram o incremento de volume, pois não houve um maior esforço exploratório.

Embora o modelo resulte numa previsão de 10 anos inadequada, as Figuras 98 e 99 (previsão de 5 anos) mostram que, após iniciado um novo ciclo de

crescimento, o modelo se adapta bem a este novo padrão de crescimento, resultando em excelentes previsões.

Isto acontece porque o modelo consegue se adaptar a uma nova tendência de crescimento após um período praticamente constante do volume recuperável. Porém, conforme mostrado na previsão de 10 anos, o modelo não consegue se antecipar ao novo período de crescimento.

Se, por um lado, isto mostra que os modelos podem resultar em previsões destoantes, por outro, mostra também a flexibilidade dos modelos que, através da combinação de diferentes parâmetros, adaptam-se às mudanças no controle e nas condições do processo exploratório.

7.3.5. Golfo do México

Conforme as Figuras 83 e 88, as Metodologias I e II resultam em previsões de 3 anos inadequadas, resultando num erro de -16,32% e -13,86%, respectivamente. Os modelos não conseguem captar os grandes incrementos a partir do ano 25, que se devem principalmente à incorporação de reservatórios profundos.

7.4. Sumário das Metodologias

A Tabela 51 resume os resultados das cinco metodologias e dos quatro conjuntos de dados testados neste capítulo.

Tabela 23 – Resumo das Metodologias – Capítulo 7.

Resultado Final											
Parte 1: Evolução das descobertas em função do tempo		Campos		Recôncavo		RN/CE		SE/AL		Golfo do México	
		Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_7	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_9	Modelo Knoring_9
Metodologia I: Função Seleção de Controle Linear proposto por Knoring et al. (1999)	Modelo	Valor Real	2.317	Valor Real	258	Valor Real	118	Valor Real	111	Valor Real	18.754
	Previsão 3 Anos (out of sample)	Previsão	2.007	Previsão	249	Previsão	126	Previsão	109	Previsão	15.694
		Erro (%)	-13,37%	Erro (%)	-3,39%	Erro (%)	7,05%	Erro (%)	-1,80%	Erro (%)	-16,32%
Metodologia II: Função Seleção de Controle Não-Linear	Modelo	Modelo 6x7		Modelo 7x8		Modelo 1x2		Modelo 7x9		Modelo 7x8	
	Previsão 3 Anos (out of sample)	Valor Real	2.317	Valor Real	258	Valor Real	118	Valor Real	111	Valor Real	18.754
		Previsão	1.972	Previsão	253	Previsão	120	Previsão	109	Previsão	16.155
Metodologia III: Função Seleção de Controle Não-Linear considerando novos objetivos exploratórios	Modelo	Gráfico não apresenta mais de uma curva-S bem definida		Modelo 1x2		Gráfico não apresenta mais de uma curva-S bem definida		Gráfico não apresenta mais de uma curva-S bem definida		Gráfico não apresenta mais de uma curva-S bem definida	
	Previsão 3 Anos (out of sample)	Valor Real	-14,89%	Valor Real	-1,92%	Valor Real	2,04%	Valor Real	-1,94%	Valor Real	-13,86%
		Previsão		Previsão		Previsão		Previsão		Previsão	
Parte 2: Evolução das descobertas em função de "L"	Modelo	Modelo L_9		Modelo L_2		Modelo L_9		Modelo L_9		Modelo L_9	
	Previsão 10 Anos (out of sample)	Valor Real	2.317	Valor Real	261	Valor Real	118	Valor Real	111	Valor Real	111
		Previsão	1.818	Previsão	252	Previsão	112	Previsão	92	Previsão	92
Metodologia IV: em função do Indicador de Eficiência proposto por Knoring et al. (1999)	Modelo	Modelo 1X8		Modelo 7x3		Modelo 1X8		Modelo 4x8		Modelo 4x8	
	Previsão 10 Anos (out of sample)	Valor Real	-21,52%	Valor Real	-3,48%	Valor Real	-4,90%	Valor Real	-17,25%	Valor Real	-17,25%
		Previsão		Previsão		Previsão		Previsão		Previsão	
Metodologia V: Controle e Condição em função do esforço exploratório (L)	Modelo	Modelo 1X8		Modelo 7x3		Modelo 1X8		Modelo 4x8		Modelo 4x8	
	Previsão 10 Anos (out of sample)	Valor Real	2.317	Valor Real	261	Valor Real	118	Valor Real	111	Valor Real	111
		Previsão	1.928	Previsão	259	Previsão	118	Previsão	93	Previsão	93
		Erro (%)	-16,79%	Erro (%)	-0,80%	Erro (%)	0,30%	Erro (%)	-16,91%	Erro (%)	-16,91%

Fonte: o autor.

A Metodologia I alcança boa previsão de 3 anos somente para a Bacia SE/AL. A Metodologia II tem bons resultados nas Bacias de SE/AL e do RN/CE.

Embora a Metodologia II apresente previsões um pouco melhores que a Metodologia I nas demais bacias, as duas metodologias não foram capazes de capturar a mudança no padrão de crescimento dos últimos anos, principalmente em Campos e no Golfo do México.

Em se tratando de previsão, as Metodologias II e III apresentaram o mesmo resultado para os dados do Recôncavo. Dessa forma, as três primeiras metodologias não são adequadas para a previsão.

Isto ocorre porque não existe uma variável explicativa que consiga captar a mudança no crescimento quando esta acontecer no horizonte de previsão.

Na Metodologia IV, embora exista uma variável explicativa, os modelos se mostraram inadequados para a previsão de 10 anos. Em todas as quatro séries testadas, os erros na previsão *out of sample* são maiores que nas Metodologias II e V. Somente na Bacia do RN/CE obteve-se um resultado aceitável.

Quando comparada com a Metodologia IV, a Metodologia V apresenta ganhos significativos nas previsões de 10 anos em duas das quatro séries brasileiras testadas. Nas Bacias do Recôncavo e do RN/CE, os erros nas previsões *out of sample* são menores que 1%.

Nas outras duas bacias, embora apresente previsões um pouco superiores à Metodologia IV, a Metodologia V não foi capaz de se antecipar às mudanças no padrão de crescimento dos últimos 10 anos.

Conforme visto no Capítulo 3, pelo fato de estarmos tratando aqui de volumes acumulados, esperava-se que os gráficos $R(t)$ ao longo do tempo seguissem o formato da curva sigmóide com valores sempre crescentes. Entretanto, estimativas de reservas são geralmente revisadas à medida que dados geológicos ou de engenharia tornam-se disponíveis ou na ocorrência de mudanças das condições econômicas.

Revisões podem resultar em decréscimos nos volumes acumulados. Dessa forma, poderíamos obter melhores resultados na previsão, caso eliminássemos estas variações nas curvas $R(t)$.