

6. RESULTADOS DOS AJUSTES “IN SAMPLE”

O Capítulo 6 mostra os resultados dos ajustes “*in sample*” e o Capítulo 7 refere-se às previsões “*out of sample*”. A análise *in sample* é importante para verificar se os modelos conseguem explicar a evolução do processo de descoberta através da análise dos valores de R^2 e da soma dos quadrados dos resíduos. Além disso, serve para verificar se o modelo pode ser reproduzido para uma outra bacia que possui padrão de crescimento semelhante.

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

- i. Evolução das descobertas em função do volume do ano anterior (Metodologias I, II e III);
- ii. Evolução das descobertas em função do volume de perfuração (Metodologias IV e V).

As Metodologias I e IV propostas por Knoring *et al.* (1999) – itens 3.5.1 e 3.5.3 – foram aplicadas a fim de compará-las com os resultados obtidos utilizando as metodologias propostas no Capítulo 4 (Metodologias II, III e V).

Conforme mencionado no Capítulo 2, foram utilizados cinco conjuntos de dados para validar as metodologias propostas: 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.

Por se tratar de dados confidenciais, os eixos verticais das figuras que mostram os volumes recuperáveis (R_t) e os esforços exploratórios (L) foram modificados.

Após determinar qual o melhor modelo que se ajusta aos dados históricos em cada uma das metodologias propostas, analisa-se ainda o resíduo, conforme proposto no Capítulo 5.

Foi utilizado a soma dos quadrados dos resíduos (SS) para comparar os modelos, pois a diferença entre os R^2 ajustados mostrou-se pequena tanto para os

modelos propostos nesta pesquisa quanto para os modelos de Knoring *et al.* (1999).

A estimação dos parâmetros dos modelos propostos e a execução do Teste BDS (técnica *bootstrap*) foram realizadas através do *software* econométrico E-Views 4.1, que utiliza o algoritmo de otimização Marquardt como padrão na estimação de parâmetros.

Sempre que possível, os parâmetros foram inicializados com um valor igual a zero. Além disso, na linguagem do E-Views, a expressão “@log(número)” refere-se ao $\ln(\text{número})$.

É relevante observar que, apesar do resultado a ser apresentado neste capítulo ser coerente com a hipótese do modelo, sua significância não é garantida. Isso porque tratando-se de uma regressão não-linear é difícil demonstrar a identificabilidade das funções que compõem o modelo. Ou seja, a identificabilidade das curvas $\varphi(R)$ e $f(R)$ não foi investigada nesta pesquisa, podendo existir diferentes combinações de parâmetros para o mesmo resultado.

6.1. Evolução das descobertas em função do volume do ano anterior

Três metodologias são aplicadas nesta seção: a metodologia de Knoring *et al.* (1999), item 3.5.1 (Metodologia I), e duas metodologias propostas na presente tese, itens 4.1 (Metodologia II) e 4.2 (Metodologia III).

6.1.1. Metodologia I

Adotou-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). Os ajustes “*in sample*” para os cinco conjuntos de dados considerados são mostrados abaixo.

6.1.1.1. Bacia de Campos

A Figura 29 ilustra a evolução do volume recuperável (R_t) com o tempo.

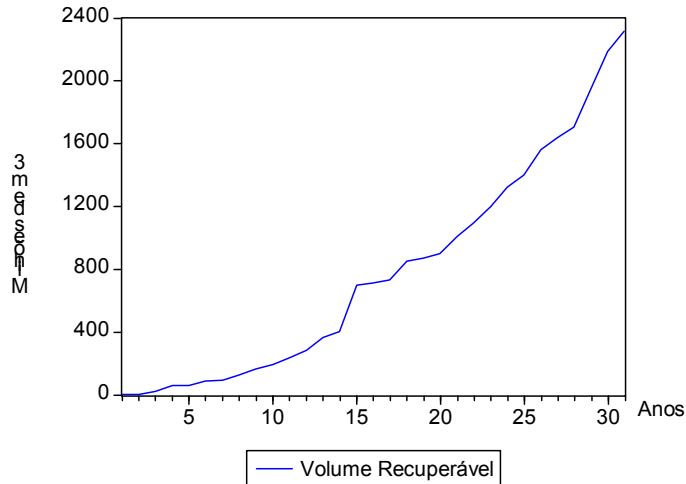


Figura 1 – Bacia de Campos: Gráfico R(t) vs. tempo.

Fonte: o autor.

A Tabela 5 mostra os valores da soma dos quadrados dos resíduos encontrados aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999). Após estimar os parâmetros dos nove modelos, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Knoring_8 (Figura 30). O valor R^2 é 0,9925.

Tabela 1 – Valores da soma dos quadrados dos resíduos aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999) aos dados da Bacia de Campos.

Knoring_1	Knoring_2	Knoring_3	Knoring_4	Knoring_5	Knoring_6	Knoring_7	Knoring_8	Knoring_9
118.810	114.476	118.152	114.477	111.744	114.209	117.197	105.625	112.980

Fonte: o autor.

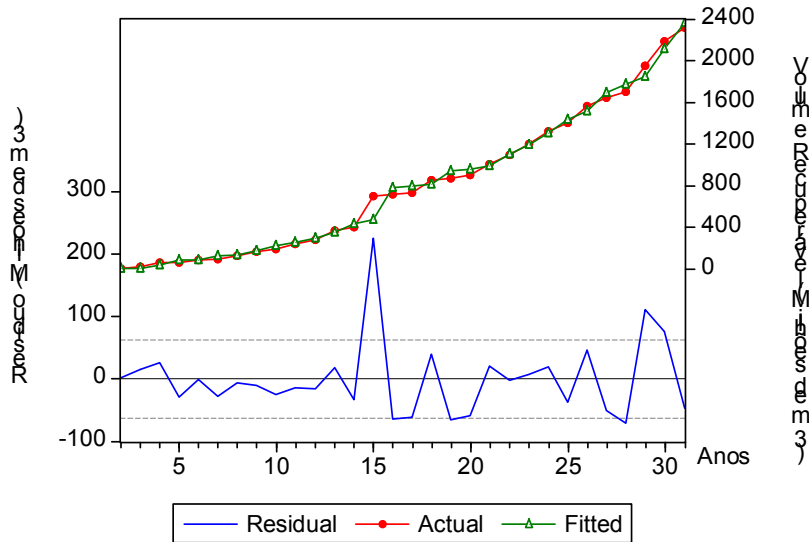


Figura 2 – Bacia de Campos: Resultado do Modelo Knoring_8.

Fonte: o autor.

Conforme discutido no Capítulo 3, o Modelo Knoring_8 é construído considerando uma taxa de transferência do potencial não descoberto em reservas avaliadas. Através da utilização de diferentes taxas, o modelo pode representar diferentes estratégias de exploração. Por esta razão, o Modelo Knoring_8 pode assumir a forma de qualquer uma das três curvas ilustradas na Figura 11.

A Figura 31 ilustra a função seleção de condição - $f(R)$ encontrada utilizando os dados acima. Pode-se observar que a condição cai rapidamente após os grandes incrementos de volume entre os anos 14 e 15.

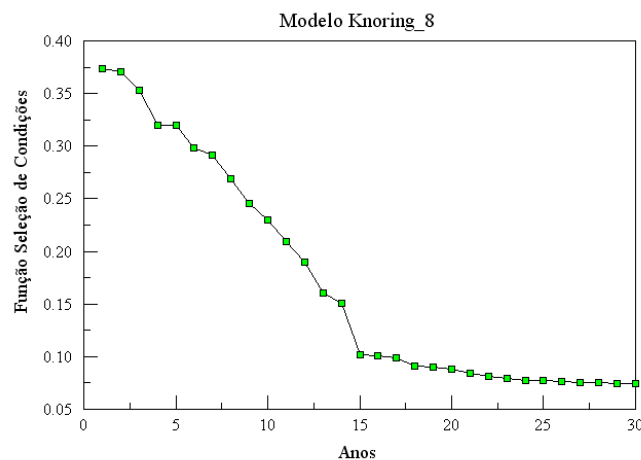


Figura 3 – Bacia de Campos: Função Seleção de Condições: Modelo Knoring_8.

Fonte: o autor.

A seguir, analisa-se o resíduo do modelo que melhor se ajustou aos dados, Modelo Knoring_8. A Tabela 6 mostra os *p-values* do Teste BDS utilizando-se um espaço de dimensão $m = 2, 3$ e 4 , uma distância arbitrária de tamanho $\varepsilon = 0,5, 1,0, 1,5, 2,0$ e $2,5$ e 10.000 repetições para o *bootstrap*.

Tabela 2 - Teste BDS – Bacia de Campos: Resíduos do Modelo Knoring_8.

		Bootstrap Prob.					
		ε	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
m							
2			0,0016	0,0204	0,2984	0,7140	0,8124
3			0,0176	0,0340	0,7814	0,4718	0,7794
4			0,0258	0,1902	0,0924	0,0912	0,3720

Fonte: o autor.

Observa-se que o menor *p-value* (coluna *bootstrap probability*) equivale a um nível de significância $\alpha=0,16\%$. Conforme discutido anteriormente, este valor representa a probabilidade de rejeitar acidentalmente uma hipótese verdadeira (Erro de Tipo I).

No entanto, num teste ao nível de $0,16\%$ é muito provável aceitar falsamente uma hipótese inválida (Erro de Tipo II). Assim sendo, neste contexto, é preferível rejeitar uma hipótese verdadeira a aceitar uma hipótese falsa.

Em outras palavras, a prática usual sugere que valores de *p-value* menores que $0,05$ (nível de significância de 5%) devem ser interpretados como evidência da presença de dependência nos resíduos. Ou seja, para ser independente, os *p-values* devem ser maiores que 5% .

Dessa forma, considerando o nível de significância de 5% , o resultado do Teste BDS indica a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo Modelo Knoring_8.

6.1.1.2. Bacia do Recôncavo

A Figura 32 ilustra a evolução do volume recuperável (R_t) com o tempo.

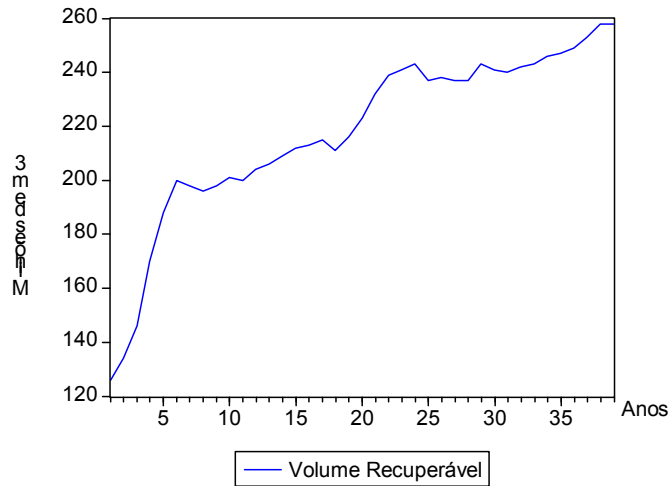


Figura 4 - Bacia do Recôncavo: Gráfico R(t) vs. tempo.

Fonte: o autor.

A Tabela 7 mostra os valores da soma dos quadrados dos resíduos encontrados aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Knoring_7 (Figura 33). O valor R^2 é 0,9764.

Tabela 3 – Valores da soma dos quadrados dos resíduos aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999) aos dados da Bacia do Recôncavo.

Knoring_1	Knoring_2	Knoring_3	Knoring_4	Knoring_5	Knoring_6	Knoring_7	Knoring_8	Knoring_9
864,64	819,39	785,55	819,43	773,33	813,44	737,12	760,21	757,76

Fonte: o autor.

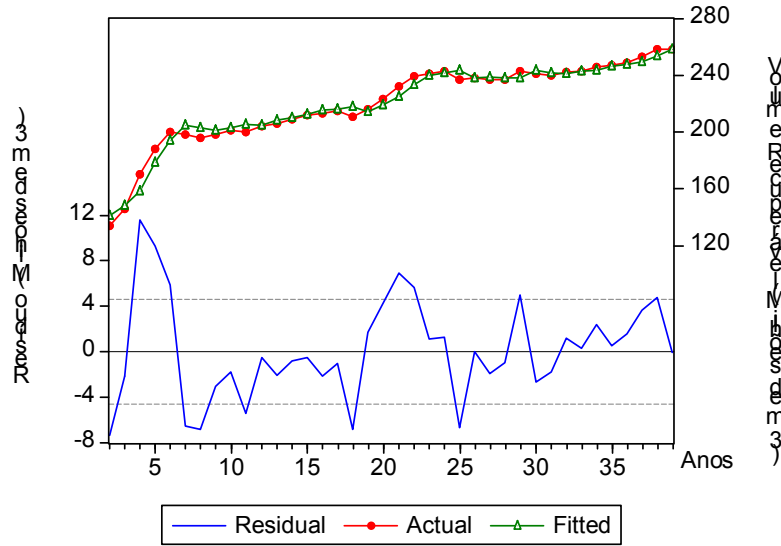


Figura 5 - Bacia do Recôncavo: Resultado do Modelo Knoring_7.

Fonte: o autor.

A Figura 34 ilustra a função $f(R)$ encontrada para o modelo Knoring_7, indicando que os grandes campos foram descobertos no início do processo de exploração. Pode-se observar que a função $f(R)$ cai mais significativamente nos anos iniciais e próximo ao vigésimo ano. O mesmo pode ser verificado através da análise do valor do coeficiente “b”, que é maior que 1 ($b=2,18$). Se o valor de “b” fosse igual a 1, $f(R)$ seguiria um formato linear e, se “b” fosse menor do que 1, $f(R)$ cairia rapidamente no final do processo.

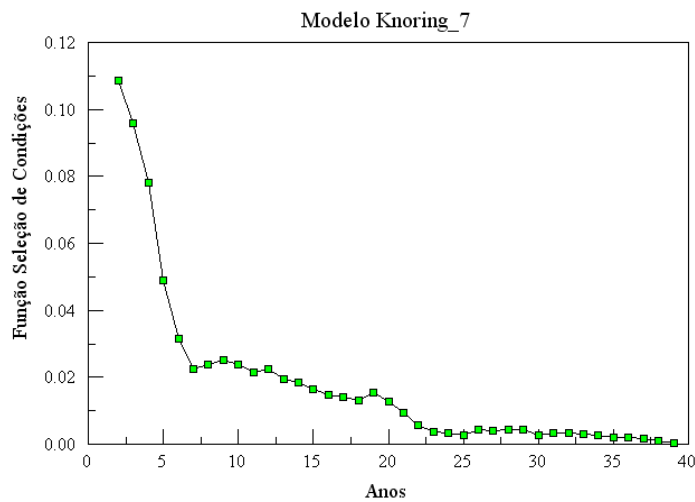


Figura 6 – Bacia do Recôncavo: Função Seleção de Condições: Modelo Knoring_7.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que alguns *p-values* do Teste BDS são menores que 0,05, indicando a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo Modelo Knoring_7.

6.1.1.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

A Figura 35 ilustra a evolução do volume recuperável (R_t) com o tempo, na Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará.

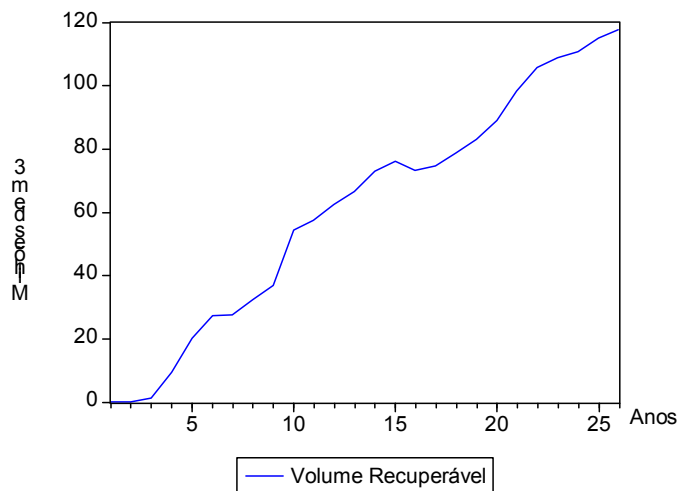


Figura 7 - Bacia do RN/CE: Gráfico $R(t)$ vs. tempo.
Fonte: o autor.

A Tabela 8 mostra os valores da soma dos quadrados dos resíduos encontrados aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Knoring_8 (Figura 36). O valor R^2 é 0,99.

Tabela 4 – Valores da soma dos quadrados dos resíduos aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999) aos dados da Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará.

Knoring_1	Knoring_2	Knoring_3	Knoring_4	Knoring_5	Knoring_6	Knoring_7	Knoring_8	Knoring_9
481,27	421,74	397,46	421,78	339,71	417,09	397,46	316,00	337,21

Fonte: o autor.

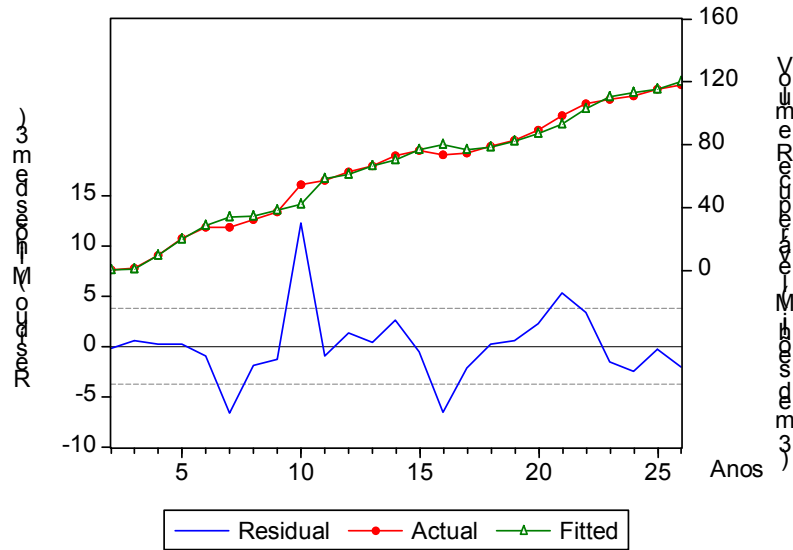


Figura 8 - Baía do RN/CE: Resultado do Modelo Knoring_8.
Fonte: o autor.

A Figura 37 ilustra a função seleção de condição - $f(R)$ encontrada utilizando os dados acima. Pode-se observar que a condição cai rapidamente durante os 11 primeiros anos.

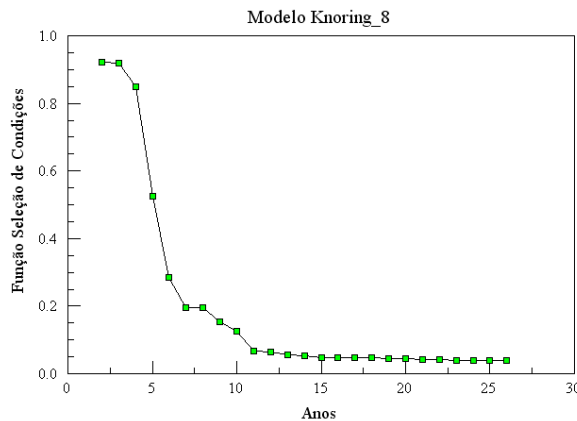


Figura 9 – Baía do RN/CE: Função Seleção de Condições: Modelo Knoring_8.
Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra os p -values do Teste BDS aplicado nos resíduos do modelo que melhor se ajustou aos dados, Modelo Knoring_8. Ao contrário do ocorrido no Recôncavo e em Campos, os valores são maiores que 0,05. Conforme explicado anteriormente, p -values maiores que 0,05 indicam que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

6.1.1.4. Bacia de Sergipe/Alagoas

A Figura 38 ilustra a evolução do volume recuperável (R_t) com o tempo, na Bacia Sergipe/Alagoas.

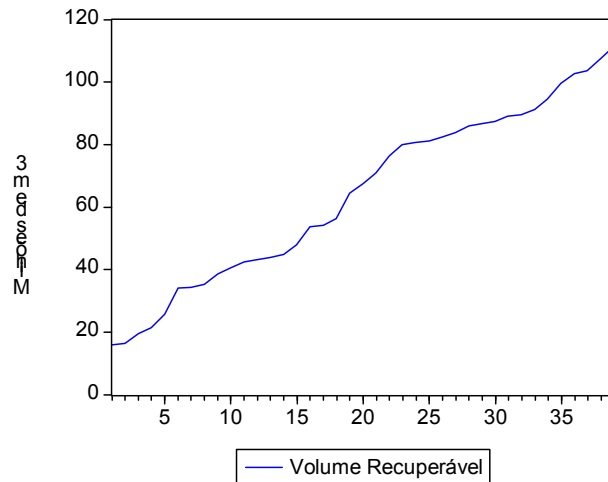


Figura 10 – Bacia de SE/AL: Gráfico $R(t)$ vs. tempo.

Fonte: o autor.

A Tabela 9 mostra os valores da soma dos quadrados dos resíduos encontrados aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Knoring_8 (Figura 39). O valor R^2 é 0,9946.

Tabela 5 – Valores da soma dos quadrados dos resíduos aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999) aos dados da Bacia de SE/AL.

Knoring_1	Knoring_2	Knoring_3	Knoring_4	Knoring_5	Knoring_6	Knoring_7	Knoring_8	Knoring_9
165,22	157,10	156,04	157,10	152,66	156,72	156,04	151,39	152,57

Fonte: o autor.

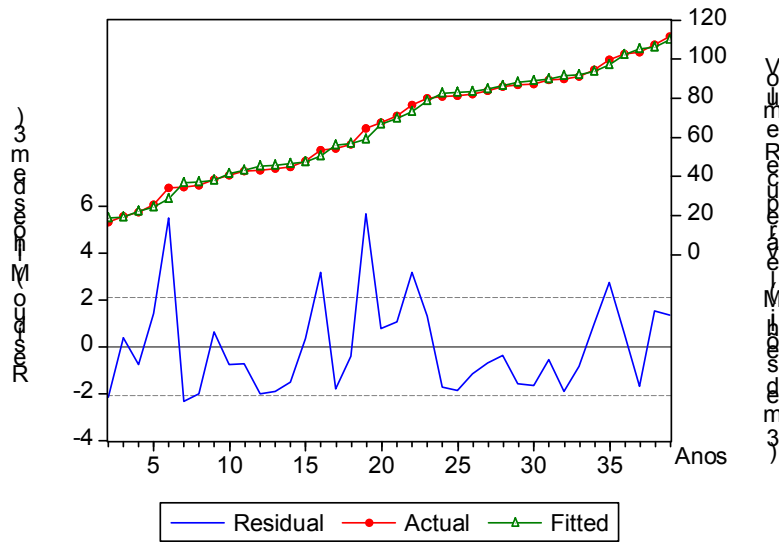


Figura 11 - Bacia de SE/AL: Resultado do Modelo Knoring_8.

Fonte: o autor.

A Figura 40 ilustra a função seleção de condição - $f(R)$ encontrada utilizando os dados acima e o modelo Knoring_8. Pode-se observar que a condição cai rapidamente entre o terceiro e sétimo ano.

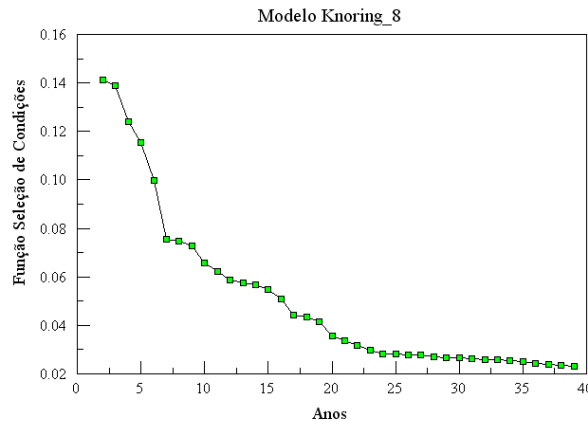


Figura 12 – Bacia de SE/AL: Função Seleção de Condições: Modelo Knoring_8.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra os p -values do Teste BDS aplicado nos resíduos do modelo que melhor se ajustou aos dados, Modelo Knoring_8. Assim como na Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará, os valores são maiores que 0,05. Conforme explicado anteriormente, p -values maiores que 0,05 indicam que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

6.1.1.5. Golfo do México

O conjunto de dados do Golfo do México pode ser obtido em MMS (2002). A Figura 41 ilustra a evolução do volume de óleo recuperável (R_t) com o tempo.

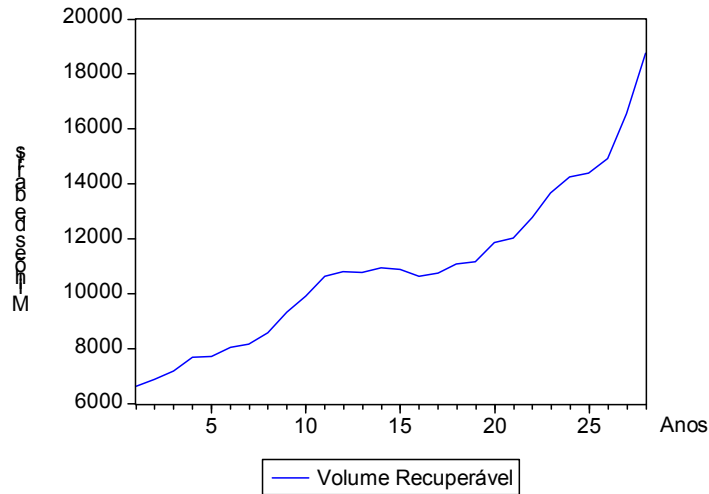


Figura 13 – Golfo do México: Gráfico $R(t)$ vs. tempo.
Fonte: o autor.

A Tabela 10 mostra os valores da soma dos quadrados dos resíduos encontrados aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Knoring_9 (Figura 42). O valor R^2 é 0,9874.

Tabela 6 – Valores da soma dos quadrados dos resíduos aplicando a primeira metodologia proposta por Knoring *et al.* (1999) aos dados do Golfo do México.

Knoring_1	Knoring_2	Knoring_3	Knoring_4	Knoring_5	Knoring_6	Knoring_7	Knoring_8	Knoring_9
4.373.041	4.772.468	3.416.170	3.495.166	3.695.489	4.745.787	3.033.680	2.891.427	2.775.010

Fonte: o autor.

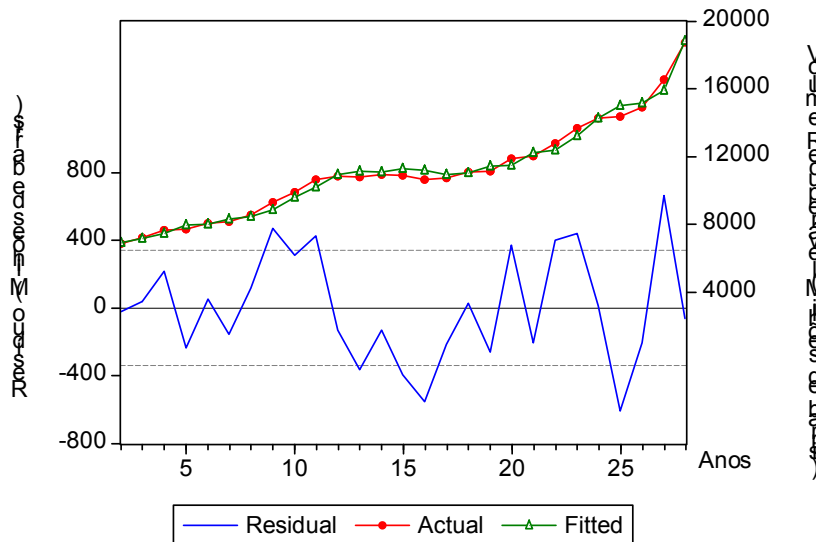


Figura 14 – Golfo do México: Resultado do Modelo Knoring_9.

Fonte: o autor.

A Figura 43 ilustra a função seleção de condição - $f(R)$ encontrada utilizando os dados acima. Pode-se observar que a condição cai rapidamente no início, permanece quase que constante e, a seguir, começa a cair novamente.

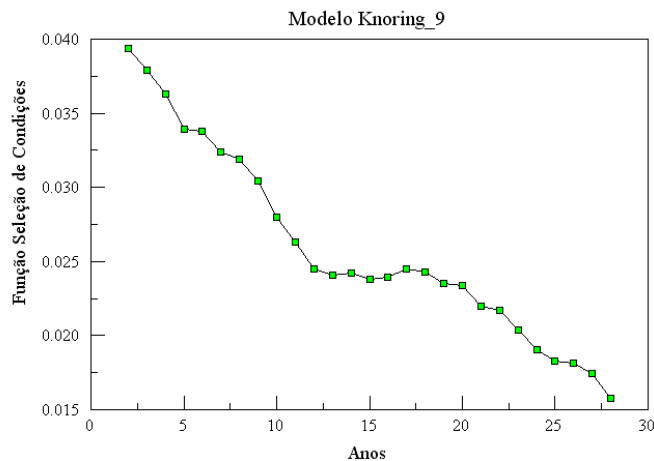


Figura 15 – Golfo do México: Função Seleção de Condições: Modelo Knoring_9.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que alguns p -values do Teste BDS são menores que 0,05, indicando a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo Modelo Knoring_9.

6.1.2. Metodologia II

Conforme visto anteriormente, a aplicação proposta no item 6.1.1 considera uma estimativa sob condições limitadas de tecnologia. Knoring *et al.* (1999) apenas sugerem o uso de uma função de controle linear. Entretanto, se os grandes campos são descobertos no início do processo exploratório, maior será o investimento e mais informação (controle) será adquirida no início do processo.

Assim sendo, o presente item mostra aplicações práticas da metodologia proposta no item 4.1. As sete funções seleção de controle propostas combinadas com as nove funções seleção de condições propostas por Knoring *et al.* (1999) totalizam os 63 novos modelos empíricos a serem testados nesta sessão.

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

6.1.2.1. Bacia de Campos

A Tabela 11 mostra o resultado (soma dos quadrados dos resíduos) das 7 funções de controle testadas e da função de controle linear. Dentre as funções testadas, pode-se observar que os modelos criados a partir da função de controle exponencial (Linhas 1 e 6) ajustam os dados um pouco melhor que o Modelo Knoring_8.

Embora o ajuste tenha apresentado praticamente o mesmo resultado do Modelo Knoring_8, a maior contribuição da utilização de um controle não linear neste conjunto de dados refere-se à análise dos resíduos.

O Teste BDS quando aplicado aos resíduos dos modelos Knoring_8, Modelo 1x9, Modelo 6x4 e Modelo 6x8 apresenta resultados de *p-values* menores que 0,05, indicando a existência de dependência na estrutura dos resíduos. Por esta razão, analisa-se o Modelo 6x7.

Ao contrário da Metodologia I, o Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos podendo classificá-lo como sendo ruído branco.

Tabela 7 – Metodologia II - Campos: Resultados utilizando controle não linear.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condições								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Knorring et al. (1999)	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = a - bR_i$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - a \cdot R_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - (0-c+aR_i^{1/2})^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = c - aR_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = b \ln \frac{A}{R_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = d \left(\frac{A - R_i}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - \frac{c}{R_i}$
1	118.810,00	114.476,00	118.152,40	114.476,70	111.743,50	114.208,70	117.197,20	105.624,90	112.980,40
2	109.798,10	108.884,50	107.603,70	339.570,70	105.946,30	111.922,60	107.379,60	106.975,80	102.682,70
3	111.293,10	109.013,20	113.363,90	109.008,60	109.008,50	115.689,20	105.305,70	113.363,90	107.951,40
4	109.846,10	110.448,30	109.532,40	108.718,30	110.375,20	110.448,00	109.461,40	109.356,30	109.232,30
5	109.795,20	108.600,50	109.259,40	108.036,90	108.600,50	111.620,90	109.163,00	109.009,40	109.126,80
6	109.805,30	113.477,80	109.013,20	107.721,30	108.821,20	126.134,20	109.013,20	108.921,90	109.008,90
7	111.275,30	108.922,00	113.363,90	104.617,30	108.823,20	108.921,90	104.786,60	104.097,80	107.950,80
8	111.278,00	165.622,70	106.000,40	109.277,30	109.008,60	109.008,90	105.569,60	104.920,00	107.959,80

Fonte: o autor.

A Figura 44 ilustra o resultado do Modelo 6x7, pois é o modelo que melhor se ajusta aos dados de evolução das descobertas e consegue classificar o resíduo como sendo ruído branco. O valor da soma dos quadrados dos resíduos (SS) é 104.786,60 e o valor R^2 é 0,9926.

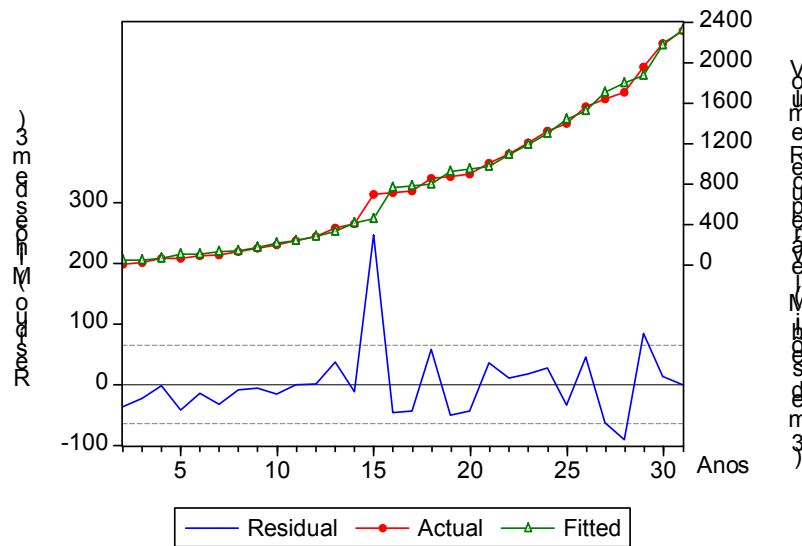


Figura 16 – Bacia de Campos: Resultado do Modelo 6x7.

Fonte: o autor.

6.1.2.2. Bacia do Recôncavo

A Tabela 12 mostra o resultado das 7 funções de controle testadas e da função de controle linear. Assim como Knoring *et al.* (1999), os modelos são avaliados segundo a soma dos quadrados dos resíduos (SS). Dentre as funções testadas, pode-se observar que os modelos criados a partir da função de controle logística (Linha 7) superam em muito os modelos referentes ao controle linear, reduzindo em aproximadamente 46% a soma dos quadrados dos resíduos (SS). O valor R^2 é 0,9873.

A Figura 45 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo 7x8) aplicando a metodologia que utiliza a função seleção de controle não linear.

Tabela 8 – Metodologia II - Recôncavo: Resultados utilizando controle não linear.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condições								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = \alpha - bR_t$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - aR_t^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-\alpha R_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - (1 - c + \alpha R_t^b)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = c - \alpha R_t^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = b \ln \frac{A}{R_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a \left(\frac{A - R_t}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-\alpha R_t} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-\alpha R_t} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-\alpha R_t} - c$
$\varphi(R) = k R_t$	819,39	785,55	819,43	773,33	813,44	737,12	760,21	757,76	
$\varphi(R) = \exp(\alpha * R_t^\beta)$	767,96	457,95	766,92	766,89	766,89	698,19	458,08	458,08	
$\varphi(R) = \exp(\alpha + \beta R_t)$	759,82	644,14	521,17	519,40	763,38	685,36	521,11	522,28	
$\varphi(R) = \exp(\alpha + R_t^\beta)$	782,78	862,18	768,33	767,04	768,26	700,36	719,51	695,99	
$\varphi(R) = \alpha R_t^\beta$	767,67	766,86	766,86	766,86	766,86	703,13	723,06	678,56	
$\varphi(R) = \alpha + \beta * \ln(R_t)$	760,00	750,00	747,98	657,44	765,72	505,49	519,75	509,00	
$\varphi(R) = c - \alpha \cdot \exp(-k \cdot R_t)$	750,65	740,61	416,50	511,54	519,75	521,11	517,50	518,47	
$\varphi(R) = \frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta \cdot R_t)}$	448,77	450,07	450,05	444,85	560,19	427,77	395,52	396,45	

Fonte: o autor.

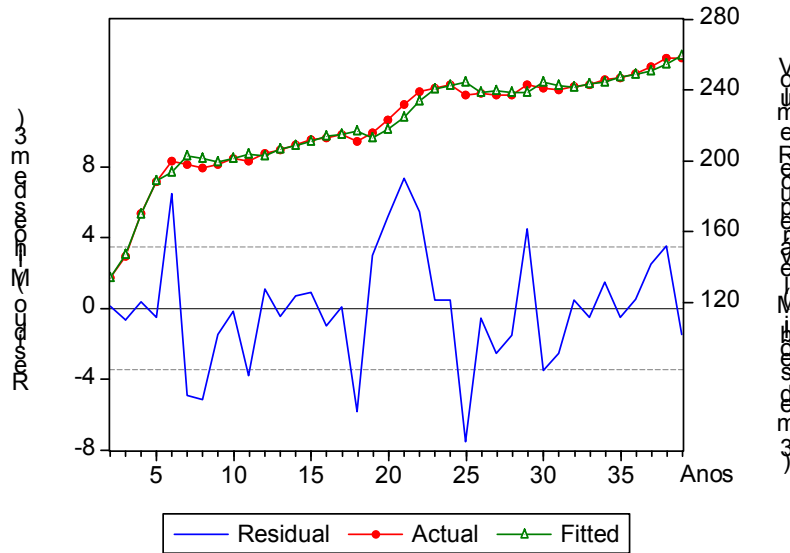


Figura 17 – Baía do Recôncavo: Resultado do Modelo 7x8.

Fonte: o autor.

A Figura 46 ilustra a função seleção de controle e a função seleção de condição encontrada utilizando o Modelo 7x8. Pode-se observar que a condição cai e o controle cresce rapidamente nos 5 anos iniciais (1964-1968).

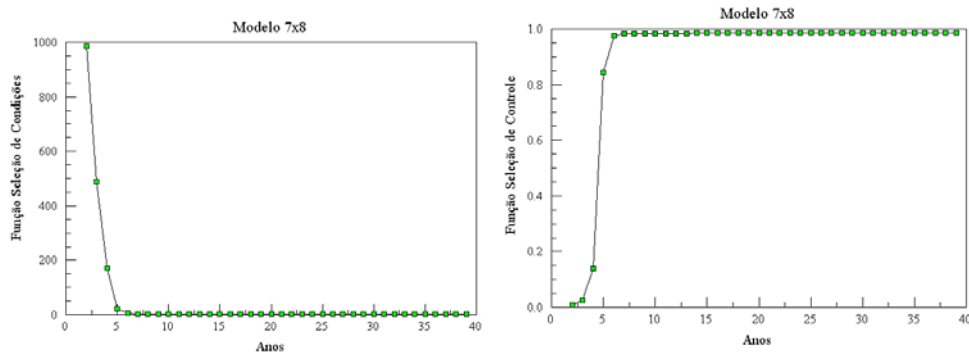


Figura 18 – Função Seleção de Controle e Função Seleção de Condição: Modelo 7x8.

Fonte: o autor.

É relevante observar que a série histórica testada não está completa. Os dados são considerados a partir do ano de 1964. Porém, o campo de Água Grande, maior campo da Baía do Recôncavo, foi descoberto em 1951. Dessa forma, considerando os dados desde 1951, a curva provavelmente cairá mais rapidamente nos anos logo após 1951 e mais lentamente entre 1964 e 1968.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

A Metodologia II apresenta melhor ajuste “*in sample*” e melhor resíduo que a Metodologia I. Na Metodologia II, o resíduo é classificado como sendo ruído branco.

6.1.2.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

A Tabela 13 mostra o resultado das 7 funções de controle testadas e da função de controle linear. Dentre as funções testadas, pode-se observar que diferentes modelos alcançam resultados de ajuste (soma dos quadrados dos resíduos) bem próximos.

A Figura 47 ilustra o modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo 1x2). O valor R^2 é 0,9904.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

Dessa forma, a Metodologia II não apresenta ganhos significativos quando comparada com a Metodologia I, visto que ambas classificam o resíduo como sendo ruído branco e apresentam praticamente os mesmos valores da soma dos quadrados dos resíduos.

Tabela 9 – Metodologia II - RN/CE: Resultados utilizando função de controle não linear.

Função Seleção de Controle		Função Seleção de Condições								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Knorrig et al. (1999)	$\varphi(R) = k \cdot R_i$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = a - bR_i$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - a' R_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - (1-c + aR_i^b)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = c - aR_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = b \ln \frac{A}{R_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = d \left(\frac{A - R_i}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - \frac{c}{R_i}$
1	$\varphi(R) = \exp(\alpha * R_i^\beta)$	346,84	304,69	334,80	391,77	308,30	307,53	335,33	315,96	320,56
2	$\varphi(R) = \exp(\alpha + \beta R_i)$	384,39	334,42	387,75	322,76	322,74	495,89	381,41	387,75	325,96
3	$\varphi(R) = \exp(\alpha + R_i^\beta)$	353,51	349,54	343,40	345,37	373,07	370,52	343,40	330,53	321,44
4	$\varphi(R) = \alpha R_i^\beta$	346,38	391,05	334,42	309,90	391,05	332,39	334,42	315,22	320,51
5	$\varphi(R) = \alpha + \beta * Ln(R_i)$	335,47	333,40	322,74	312,49	312,68	312,68	322,74	307,57	319,01
6	$\varphi(R) = c - \alpha \cdot \exp(-k \cdot R_i)$	382,74	315,22	387,75	387,07	307,57	407,17	311,73	346,24	325,37
7	$\varphi(R) = \frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta \cdot R_i)}$	315,57	395,55	387,75	387,75	305,47	322,74	384,70	384,80	325,81

Fonte: o autor.

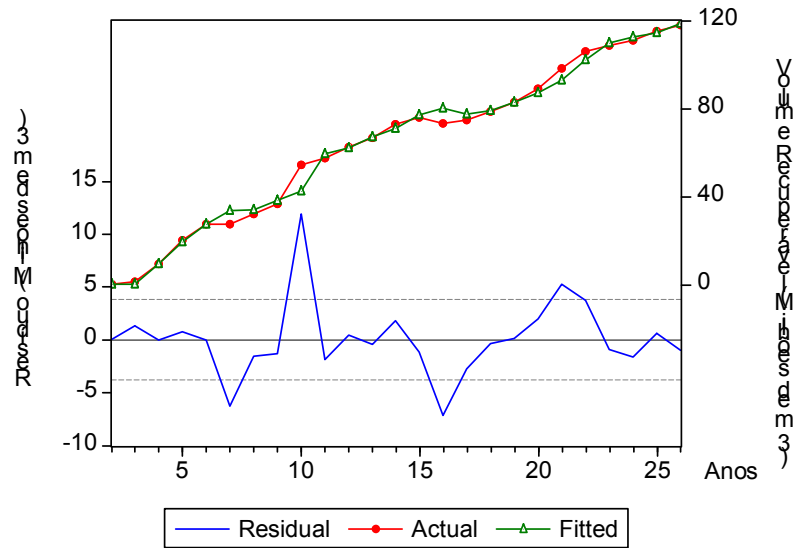


Figura 19 – Bacia do RN/CE: Resultado do Modelo 1x2.

Fonte: o autor.

6.1.2.4. Bacia de Sergipe/Alagoas

A Tabela 14 mostra o resultado das 7 funções de controle testadas e da função de controle linear. A Figura 48 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo 7x9). O valor da soma dos quadrados dos resíduos (SS) é 110,48 e o valor R^2 é 0,9961.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

Dessa forma, as Metodologias I e II classificam o resíduo como sendo ruído branco. Entretanto, a Metodologia II apresenta melhor ajuste “*in sample*”, reduzindo em 27% a soma dos quadrados dos resíduos, quando comparada com a Metodologia I.

Tabela 10 – Metodologia II - SE/AL: Resultados utilizando controle não linear.

Função Seleção de Controle		Função Seleção de Condições								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Knorrig et al. (1999)	$\varphi(R) = k \cdot R_i$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = a - bR_i$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - a + aR_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-b\delta_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - (1 - c + aR_i^b)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = c - aR_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = b \ln \frac{A}{R_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = d \left(\frac{A - R_i}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - \frac{c}{R_i}$
1	$\varphi(R) = \exp(\alpha * R_i^\beta)$	152,49	147,33	152,48	288,55	152,44	148,15	152,48	147,37	143,54
2	$\varphi(R) = \exp(\alpha + \beta R_i)$	152,48	152,48	152,48	152,46	152,48	152,49	149,25	148,47	148,48
3	$\varphi(R) = \exp(\alpha + R_i^\beta)$	152,49	152,51	152,48	152,44	152,47	152,47	152,48	150,51	152,24
4	$\varphi(R) = \alpha R_i^\beta$	152,49	152,51	152,48	152,37	152,51	152,44	152,48	151,35	143,95
5	$\varphi(R) = \alpha + \beta * Ln(R_i)$	152,48	152,39	152,48	152,39	152,39	152,39	152,48	142,70	151,98
6	$\varphi(R) = c - \alpha \cdot \exp(-k \cdot R_i)$	147,98	151,35	148,47	144,88	142,70	142,70	148,63	145,43	140,66
7	$\varphi(R) = \frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta \cdot R_i)}$	152,40	152,51	152,37	114,24	144,90	152,49	149,25	148,47	110,48

Fonte: o autor.

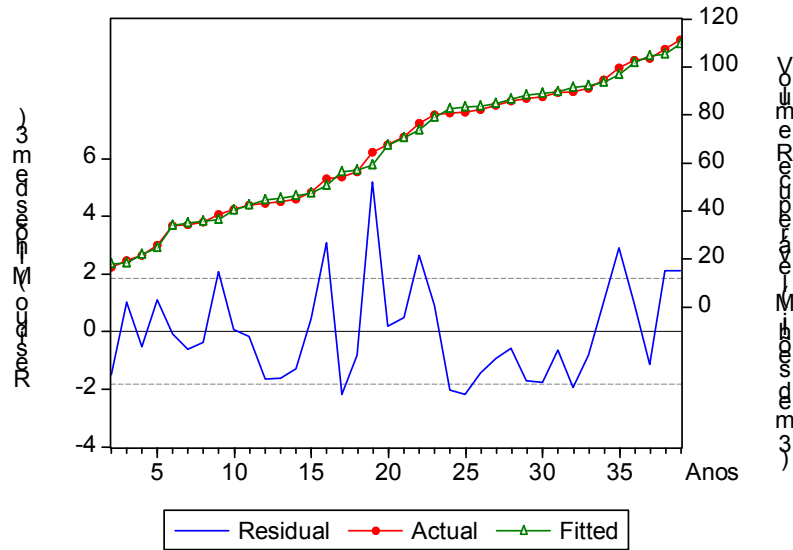


Figura 20 – Bacia de SE/AL: Resultado do Modelo 7x9.

Fonte: o autor.

6.1.2.5. Golfo do México

A Tabela 15 mostra o resultado das 7 funções de controle testadas e da função de controle linear. A Figura 49 ilustra o modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo 7x8). O valor da soma dos quadrados dos resíduos (SS) é 2.247.707 e o valor R^2 é 0,9898.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

Dessa forma, a Metodologia II apresenta melhor ajuste “*in sample*” (reduz a soma dos quadrados dos resíduos em 19%) e melhor resíduo que a Metodologia I. Na Metodologia II, o resíduo é classificado como sendo ruído branco.

Tabela 11 – Metodologia II - Golfo do México: Resultados utilizando controle não linear.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condições								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = a - bR_i$		$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - a' R_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = 1 - (1-c + aR_i^b)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = c - aR_i^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = b \ln \frac{A}{R_i}$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = a \left(\frac{A - R_i}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{i+1}} = e^{a-bR_i} - \frac{c}{R_i}$
Knoring et al. (1999)	$\varphi(R) = k R_i$	4.772.468	3.416.170	3.495.166	3.695.489	4.745.787	3.033.680	2.891.427	2.775.010
1	$\varphi(R) = \exp(\alpha * R_i^\beta)$	3.058.749	2.766.597	3.455.974	3.676.805	3.761.963	2.754.543	2.770.561	2.770.485
2	$\varphi(R) = \exp(\alpha + \beta R_i)$	3.383.989	3.367.080	3.367.150	3.340.339	3.367.010	2.754.602	3.383.989	3.383.989
3	$\varphi(R) = \exp(\alpha + R_i^\beta)$	3.584.761	3.590.653	3.547.770	3.588.524	3.591.153	2.928.741	2.767.215	2.724.151
4	$\varphi(R) = \alpha R_i^\beta$	3.785.860	3.766.809	3.718.602	4.078.257	3.804.228	2.791.900	2.724.886	3.201.263
5	$\varphi(R) = \alpha + \beta * \ln(R_i)$	3.763.101	4.295.546	4.060.999	3.730.660	3.911.360	2.887.793	2.591.557	2.722.927
6	$\varphi(R) = c - \alpha * \exp(-\beta * R_i)$	2.468.169	2.590.785	3.733.676	3.367.006	2.578.133	2.716.180	2.318.876	2.724.151
7	$\varphi(R) = \frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta R_i)}$	2.938.185	2.934.550	2.938.188	3.369.719	2.939.461	2.795.668	2.247.707	3.383.989

Fonte: o autor.

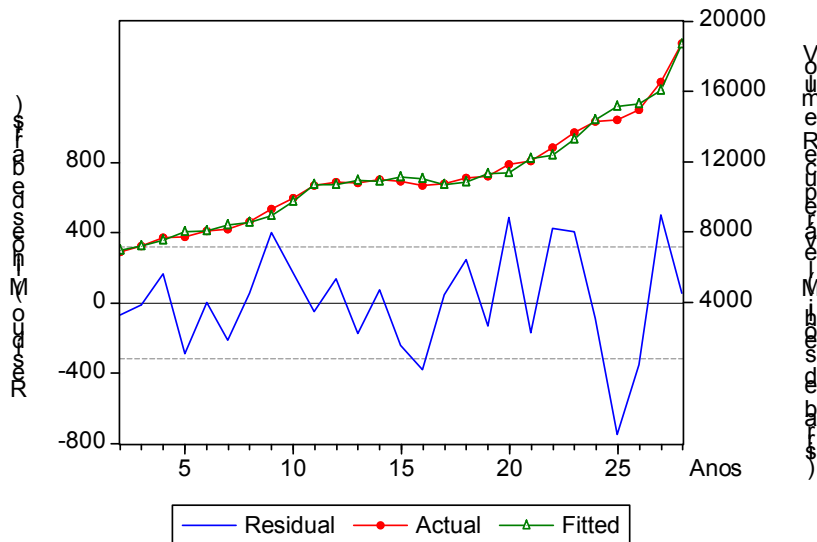


Figura 21 – Golfo do México: Resultado do Modelo 7x8.

Fonte: o autor.

6.1.3. Metodologia III

Novamente, adota-se a nomenclatura “Modelo 1x1” a “Modelo 7x9” para representar os 63 modelos propostos no item 4.2. Esta metodologia foi aplicada somente para os dados do Recôncavo, pois os outros conjuntos de dados não apresentam mais de uma curva “S” bem definida. Os ajustes e as previsões utilizando dados do Recôncavo são mostrados abaixo.

6.1.3.1. Bacia do Recôncavo

Com relação aos dados do Recôncavo, pode-se observar na Figura 50 que duas curvas “S” podem ser traçadas, além dos anos iniciais de uma terceira curva.

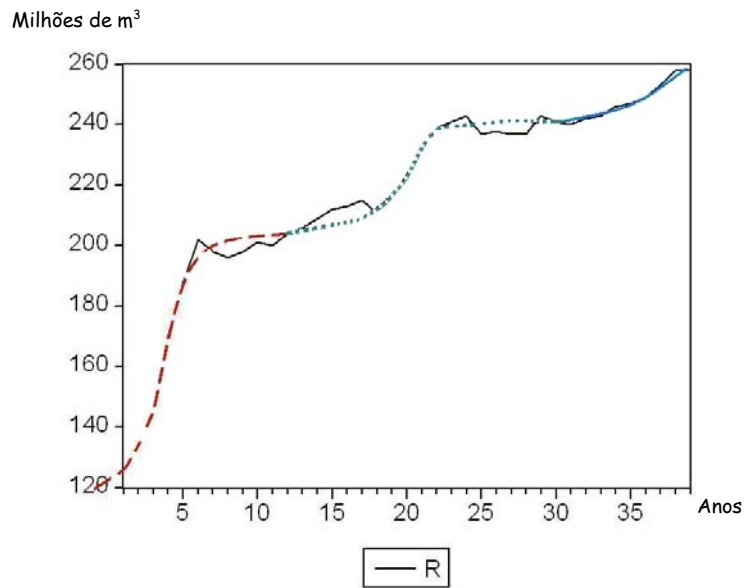


Figura 22 - Curvas “S” no gráfico R(t) vs. tempo.

Fonte: o autor.

A seguir, procura-se explicar o que aconteceu em cada uma destas três curvas sigmóides. O Apêndice H apresenta os volumes dos campos nos períodos de grandes incrementos. Pode-se observar que:

- Entre os Anos 1 e 6 (entre 1964 e 1969): a maior parte do volume recuperável adicionado foi devida às novas descobertas (57,02% do total adicionado);
- Entre os Anos 18 e 23 (de 1981 a 1986): parece ficar numa posição intermediária com 38,71% do volume adicionado devido às novas descobertas;
- Entre os Anos 30 e 39 (de 1993 a 2002): poucos campos foram descobertos e a maior parte do volume adicionado deve-se à aplicação de técnicas IOR/EOR e extensões de acumulações nos campos descobertos anteriormente (72,00% do total adicionado).

A Tabela 16 representa um resumo do Apêndice H. A tabela mostra os volumes adicionados na Bacia do Recôncavo referentes às novas descobertas e devido à variação no volume dos campos já existentes.

Tabela 12 – Análise do volume adicionado nos três intervalos (Resumo do Apêndice H).

Intervalo	Novas Descobertas (milhões m ³)	Varição nos Campos já Existentes (milhões m ³)	Acréscimo Total (milhões m ³)
Entre 1964 e 1969	43,16 (57,02%)	32,54 (42,98%)	75,70
Entre 1981 e 1986	11,85 (38,71%)	18,76 (61,29%)	30,61
Entre 1993 e 2002	4,77 (28,00%)	12,28 (72,00%)	17,05

Fonte: o autor.

Observa-se na tabela acima a importância das novas descobertas no início da exploração e das melhorias na recuperação no final do processo. Entretanto, uma análise mais detalhada é necessária para entender o que ocorreu entre os anos de 1981 e 1986.

O Apêndice H mostra que as maiores descobertas entre 1981 e 1986 referem-se aos campos de Fazenda Bálsamo (3,779 milhões m³), Riacho da Barra (2,337 milhões m³) e Fazenda Alvorada (1,358 milhões m³). Estes três campos localizam-se na borda leste e nordeste da Bacia do Recôncavo (Figura 51).

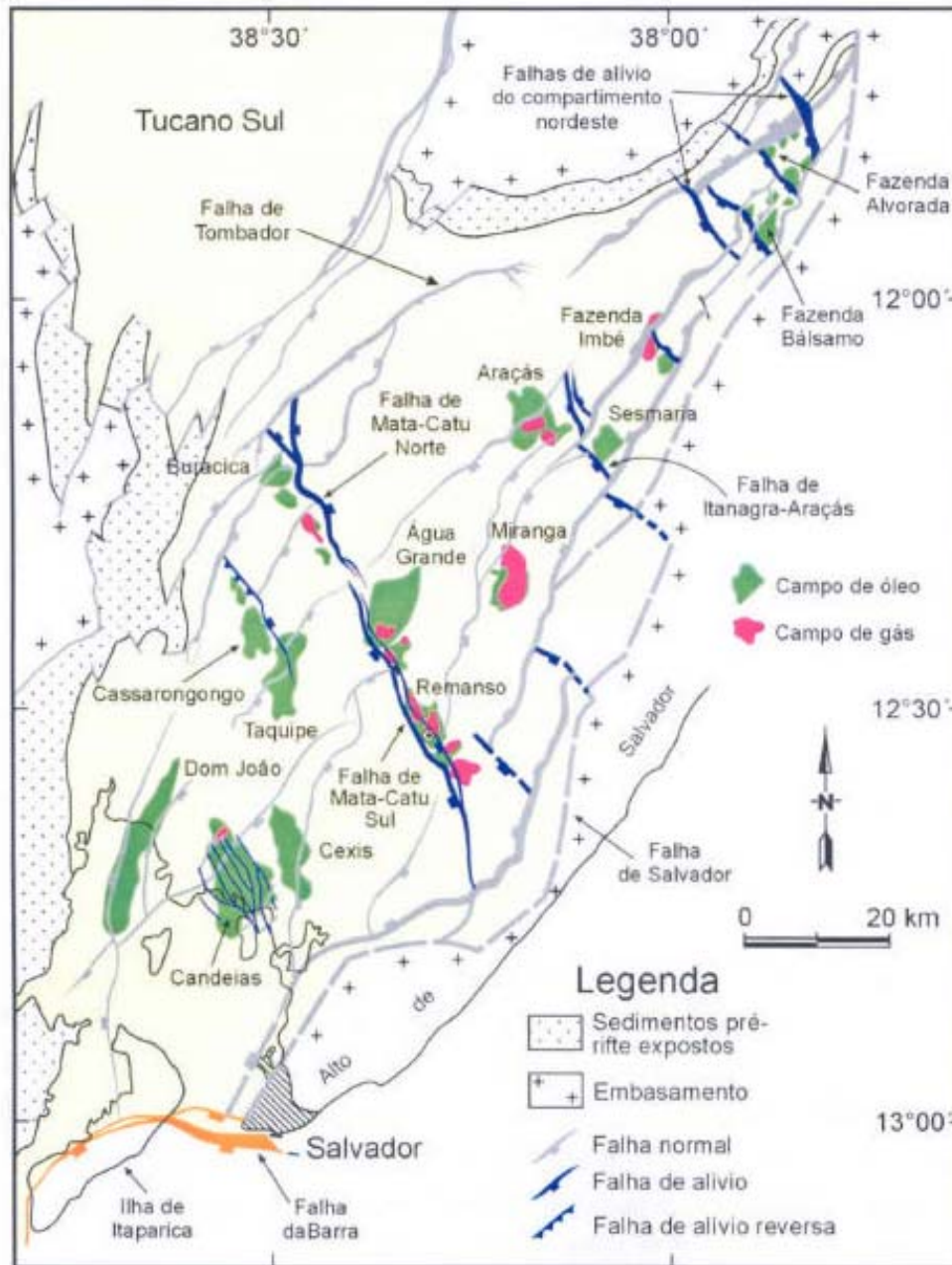


Figura 23 – Distribuição dos campos de óleo e gás na Bacia do Recôncavo.
Fonte: DESTRO, 2002 (apud Antunes, 2003).

Surge então a necessidade de entender um pouco da geologia da região. A Bacia do Recôncavo é considerada uma bacia madura. No entanto, segundo Figueiredo (1995), com a utilização de avançada tecnologia, foi possível definir importantes prospectos estratigráficos nos grandes baixos da bacia, onde a atividade exploratória ainda era relativamente pequena.

Deste esforço, resultou a descoberta de diversas acumulações. O campo de Riacho da Barra, segunda maior descoberta entre 1981 e 1986, é um exemplo de acumulação de hidrocarboneto identificada com a utilização de avançada tecnologia. A Figura 52 mostra a seção geológica esquemática do campo de Riacho da Barra.

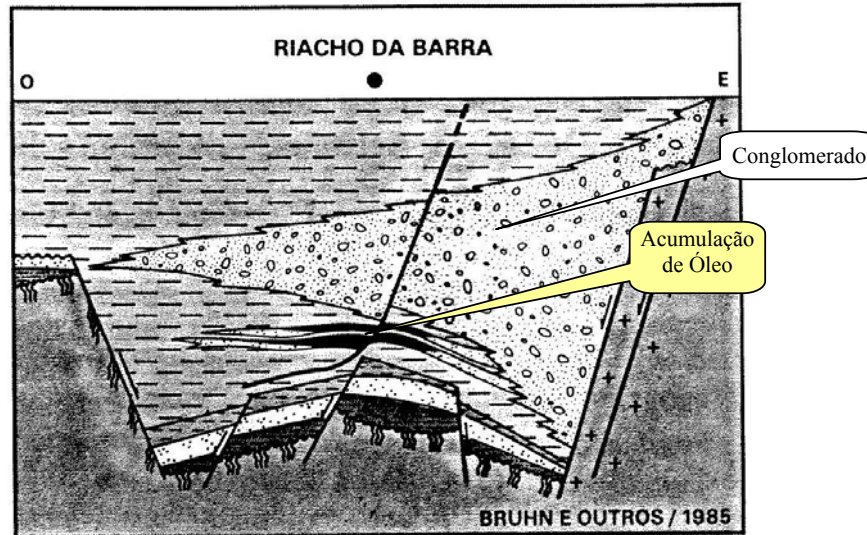


Figura 24 – Seção geológica esquemática do campo de Riacho da Barra.
Fonte: Figueiredo, 1995.

Pode-se observar na Figura 52 a existência de conglomerados em camadas acima dos reservatórios. Esta é uma característica da borda leste/nordeste da Bacia do Recôncavo, onde as maiores descobertas foram feitas entre os anos de 1981 e 1986.

Dessa forma, o avanço tecnológico através da sísmica proporcionou o reconhecimento de áreas prospectáveis, antes relegadas, pois não havia condição de identificar prospectos abaixo destes conglomerados na borda leste/nordeste. Em outras palavras, a sísmica conseguiu identificar acumulações “escondidas” abaixo das camadas de conglomerados.

Para aplicar a Metodologia III, dividiram-se os dados nos seguintes intervalos: a primeira curva-S com os 11 anos iniciais (1964 a 1974); a segunda entre os anos 12-26 (1975 a 1989); a terceira entre os anos 27-39 (1990 a 2002). Embora esta divisão não seja exata, o importante aqui é separar os picos das curvas ΔR (Figura 26).

As Tabelas 17, 18 e 19 mostram, respectivamente, os valores da soma dos quadrados dos resíduos para os três intervalos propostos. O modelo que melhor se ajusta aos dados no primeiro intervalo é o Modelo 7x2, no segundo intervalo é o Modelo 6x9 e no terceiro intervalo é o Modelo 1x2. Os valores R^2 são 0,9935, 0,9574 e 0,9015, respectivamente.

Os valores observados, ajustados e os resíduos para cada uma das três curvas “S” analisadas são ilustrados na Figura 53.

Tabela 13 – Metodologia III – Recôncavo: Resultados utilizando somente os 11 anos iniciais.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condição								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a - bR_t$		$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - a + aR_t^{b'}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - (1-c + aR_t^{b'})^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = c - aR_t^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = b \ln \frac{A}{R_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a \left(\frac{A - R_t}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t} - \frac{c}{R_t}$
$\varphi(R) = k R_t$	349,74	380,25	502,17	229,71	390,72	390,71	276,84	349,83	41,28
$\varphi(R) = \exp(\alpha * R_t^b)$	91,03	284,30	96,95	199,26	705,07	90,60	315,15	65,8	65,66
$\varphi(R) = \exp(\alpha + \beta R_t)$	104,73	368,09	505,31	220,70	223,49	106,31	82,48	227,08	41,50
$\varphi(R) = \exp(\alpha + R_t^b)$	95,25	534,30	407,42	95,97	95,99	95,99	309,57	95,25	248,06
$\varphi(R) = \alpha R_t^b$	87,77	271,43	417,79	87,48	104,37	87,51	293,78	101,11	86,42
$\varphi(R) = \alpha + \beta * \ln(R_t)$	41,65	41,45	106,31	41,52	42,04	42,03	57,74	41,44	41,55
$\varphi(R) = c - a * \exp(-k * R_t)$	41,42	41,46	227,08	37,85	41,39	41,44	54,54	41,42	41,32
$\varphi(R) = \frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta * R_t)}$	90,28	35,77	91,74	56,92	47,67	40,45	82,49	44,35	37,46

Fonte: o autor.

Tabela 14 – Metodologia III – Recôncavo: Resultados utilizando os anos 12-26.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condição								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a - bR_t$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a - bR_t$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - a' R_t^{b'}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - (1-c + aR_t^b)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = c - aR_t^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = b \ln \frac{A}{R_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a \left(\frac{A - R_t}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t} - \frac{c}{R_t}$
$\varphi(R) = k R_t$	197,10	198,07	202,42	198,06	198,15	198,14	186,00	197,10	153,22
$\varphi(R) = \exp(\alpha * R_t^\beta)$	145,43	204,79	199,71	196,33	111,79	111,70	186,71	112,18	187,07
$\varphi(R) = \exp(\alpha + \beta R_t)$	111,86	201,00	202,52	194,08	193,62	111,87	167,06	193,09	111,35
$\varphi(R) = \exp(\alpha + R_t^\beta)$	116,44	204,29	200,93	189,00	115,80	111,67	188,35	139,15	175,15
$\varphi(R) = \alpha R_t^\beta$	185,39	196,74	201,58	194,59	189,52	186,72	187,68	188,84	166,78
$\varphi(R) = \alpha + \beta * \ln(R_t)$	151,99	154,44	111,87	110,61	141,98	154,43	138,78	111,76	111,79
$\varphi(R) = c - a * \exp(-k * R_t)$	149,62	143,06	193,09	110,57	137,34	152,01	154,18	149,64	103,73
$\varphi(R) = \frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta * R_t)}$	172,83	170,55	187,84	132,27	164,33	132,24	165,34	172,95	138,49

Fonte: o autor.

Tabela 15 – Metodologia III – Recôncavo: Resultados utilizando os anos 27-39.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condição								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a - bR_t$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a - bR_t$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - a' R_t^{b'}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = 1 - (1-c + aR_t^b)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = c - aR_t^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = b \ln \frac{A}{R_t}$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = a \left(\frac{A - R_t}{A} \right)^b$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t} - c$	$\frac{\Delta R}{R_{t+1}} = e^{-a-bR_t} - \frac{c}{R_t}$
Knörrig et al. (1999) $\varphi(R) = k R_t$	64,06	64,06	64,06	64,06	64,06	64,15	64,06	64,06	64,06
$\varphi(R) = \exp(\alpha * R_t^b)$	64,06	51,32	64,06	64,08	58,01	52,99	60,83	64,06	54,60
$\varphi(R) = \exp(\alpha + \beta R_t)$	64,06	64,06	64,06	64,06	64,06	60,07	58,40	64,06	64,06
$\varphi(R) = \exp(\alpha + R_t^b)$	64,06	64,06	64,06	64,07	64,06	64,26	64,06	64,06	64,06
$\varphi(R) = \alpha R_t^b$	64,06	64,06	64,06	64,07	64,06	64,06	64,06	64,06	63,98
$\varphi(R) = \alpha + \beta * \ln(R_t)$	64,06	64,06	64,06	64,06	64,06	64,07	64,06	56,73	64,06
$\varphi(R) = c - \alpha * \exp(-k * R_t)$	64,06	64,06	64,06	64,32	64,06	64,26	58,76	60,17	64,06
$\varphi(R) = \frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta * R_t)}$	63,76	63,94	64,03	64,07	63,92	63,96	60,69	64,03	64,06

Fonte: o autor.

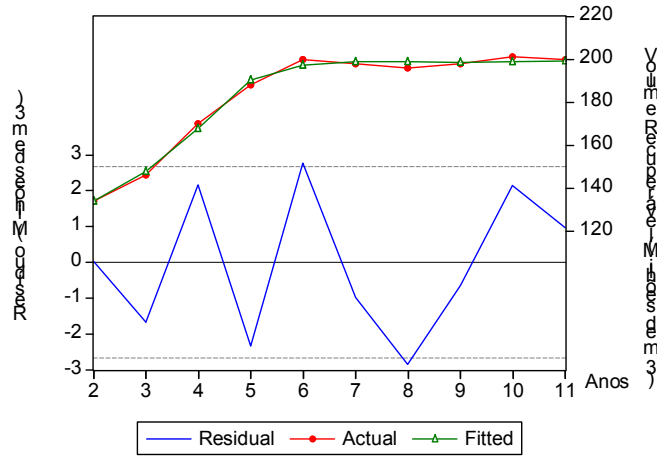


Figura 53-a: Modelo 7x2: 11 anos iniciais.

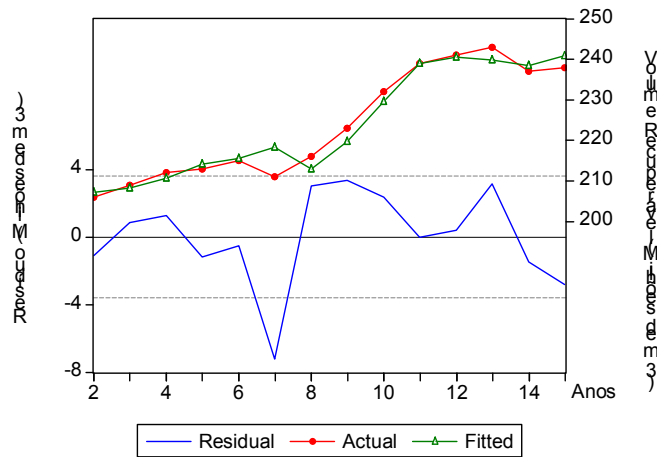


Figura 53-b: Modelo 6x9: intervalo entre os anos 12-26.

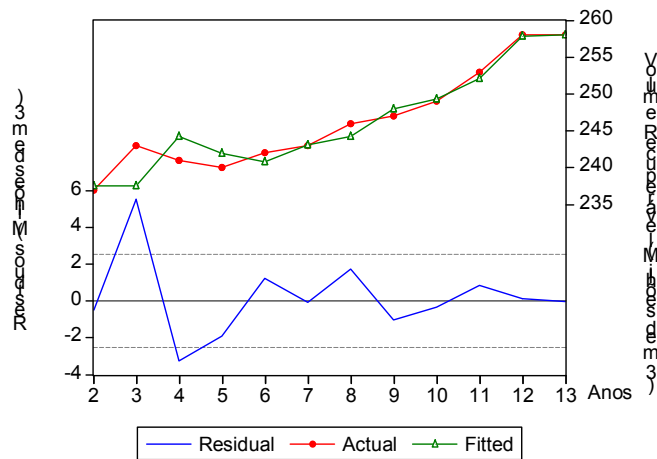


Figura 53-c: Modelo 1x2: intervalo entre os anos 27-39.

Figura 25 – Baía do Recôncavo: Resultado do ajuste de curvas nos três intervalos sugeridos.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS nos três intervalos são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência nos resíduos.

Dessa forma, a Metodologia III apresenta melhor ajuste “*in sample*” e melhor resíduo que a Metodologia I. Na Metodologia III, o resíduo é classificado como sendo ruído branco.

6.2. Evolução das descobertas em função do volume de perfuração

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 (Metodologia IV) e a metodologia proposta no item 4.3 (Metodologia V).

A presente aplicação considera o número de poços (L) como sendo o número de poços exploratórios mais os poços injetores perfurados em cada ano. Não estão inclusos os poços de produção e os poços especiais.

Entende-se por poços exploratórios o conjunto dos poços pioneiro, pioneiro adjacente, estratigráfico, extensão, jazida mais rasa e jazida mais profunda.

Consideram-se ainda os poços injetores por entender que estes têm papel fundamental no fator de recuperação de bacias maduras, afetando, conseqüentemente, os volumes recuperáveis. A seguir, para cada conjunto de dados, analisa-se a influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.

6.2.1. Metodologia IV

Os nove modelos propostos por Knoring *et al.* (1999) que evoluem com o volume de perfuração (L), Equações 39 a 47, receberão nesta seção o nome de L₁ a L₉.

6.2.1.1. Bacia de Campos

A Figura 54 ilustra a evolução do número de poços perfurados (L) da Bacia de Campos. O conjunto de dados analisado é constituído por 31 observações anuais (1974-2004).

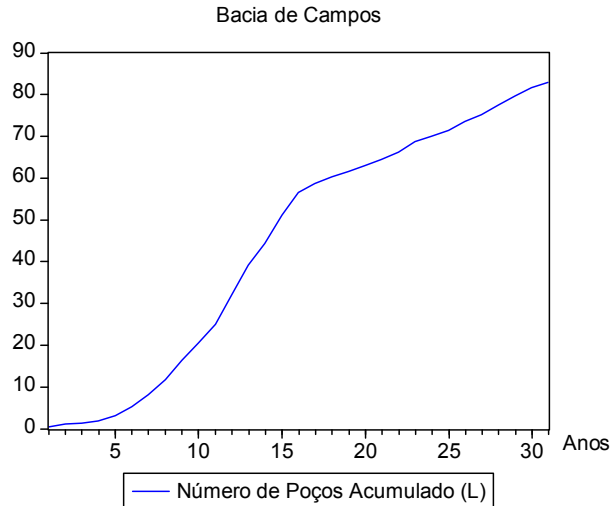


Figura 26 – Bacia de Campos: Número de poços acumulado (L) vs. tempo.

Fonte: o autor.

A Figura 55.a mostra que os acréscimos anuais (ΔR) estão um pouco atrasados em relação ao número de poços anuais (ΔL). Esta defasagem pode ser explicada, pois um aumento do esforço exploratório demanda um certo tempo para alcançar os resultados esperados. Ou seja, existe um intervalo de tempo (*gap*) entre o aumento do esforço exploratório e surgimento de novas descobertas. Dessa forma, desloca-se a curva ΔL três anos para a direita (Figura 55.b).

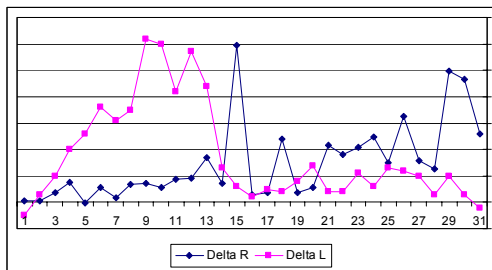


Figura 55.a – ΔR e ΔL vs. Anos.

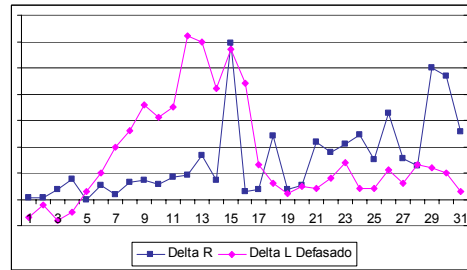


Figura 55.b – ΔR e ΔL Defasado vs. Anos.

Figura 27 – Defasagem entre o esforço exploratório anual (ΔL) e o acréscimo de volume (ΔR).

Fonte: o autor.

Conforme dito anteriormente, consideram-se na modelagem os poços injetores por entender que estes têm papel fundamental no fator de recuperação de bacias maduras. A Figura 56 mostra a influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis, principalmente nos estágios mais avançados da exploração (últimos seis anos). Novamente, por se tratar de dados confidenciais, as escalas verticais da figura foram alteradas.

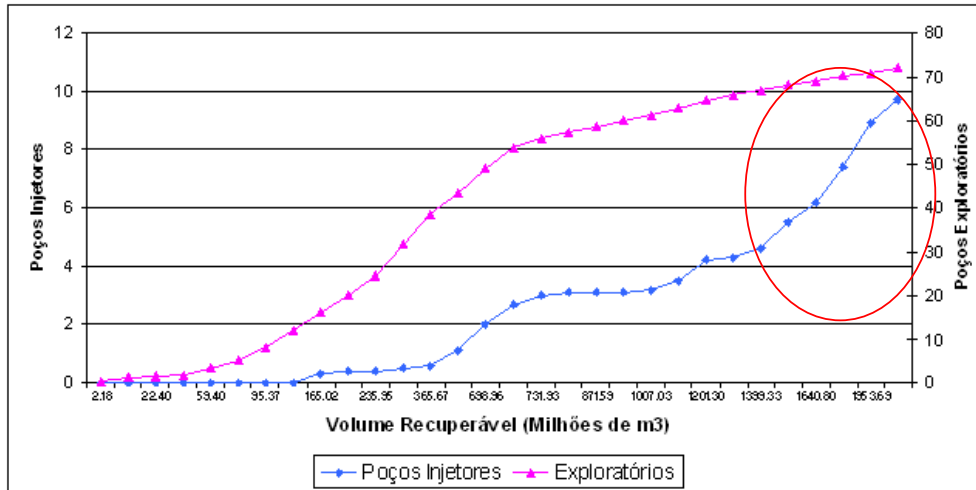


Figura 28 – Bacia de Campos: Influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.

Fonte: o autor.

Nos últimos seis anos, pode-se observar grandes incrementos no volume recuperável quando aumentamos significativamente o número de poços injetores. Neste mesmo período, o número de poços exploratórios cresce 7,62% (de 66,90 para 72,00), o número de poços injetores aumenta 110% (de 4,6 para 9,7), correspondendo a um acréscimo no volume acumulado de 788,15 milhões de m³ (2.187,48-1.399,33).

A Tabela 20 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS) encontrados. Após estimar os parâmetros dos nove modelos, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo L_9. O valor R² é 0.9961.

Tabela 16 – Bacia de Campos: soma dos quadrados dos resíduos (SS) - Metodologia IV.

Bacia de Campos - 31 observações anuais	
Modelo	SS
Modelo L_1	266,205.70
Modelo L_2	274,496.10
Modelo L_4	233,088.80
Modelo L_5	233,088.80
Modelo L_6	233,088.80
Modelo L_7	79,542.21
Modelo L_8	59,090.71
Modelo L_9	57,809.14

Fonte: o autor.

A Figura 57 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo L_9) considerando 31 observações anuais.

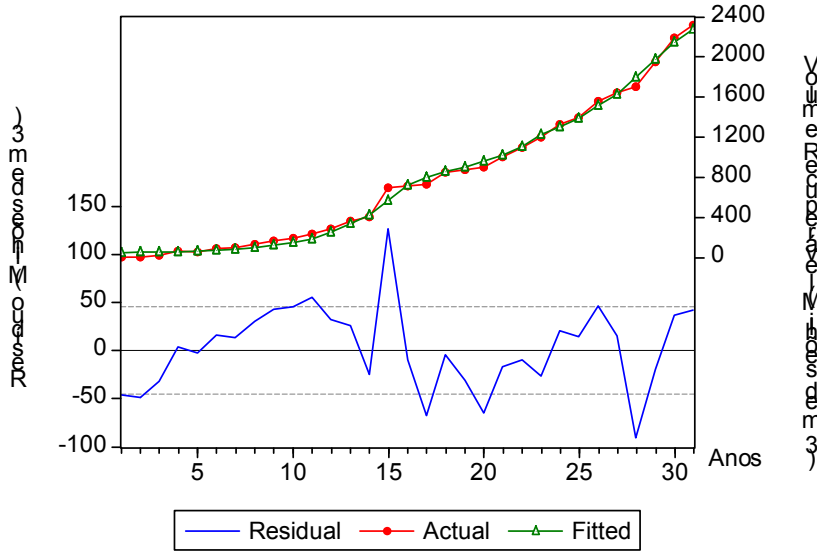


Figura 29 – Baía de Campos: Resultado do Modelo L_9.

Fonte: o autor

Conforme mostrado na Figura 14, a função $k(L)$ indica a eficiência da exploração na região, podendo assumir diferentes formas com o aumento no volume de perfuração (L). A fim de verificar os valores dos parâmetros estimados e os resultados obtidos, construiu-se ainda o gráfico $k(L)$ vs. L para o Modelo L_9 (Figura 58). Observa-se que a curva $k(L)$ da presente aplicação segue a mesma forma (linear) da teoria proposta por Knoring *et al.* (1999), indicando que a eficiência exploratória ainda não atingiu seu ponto máximo.

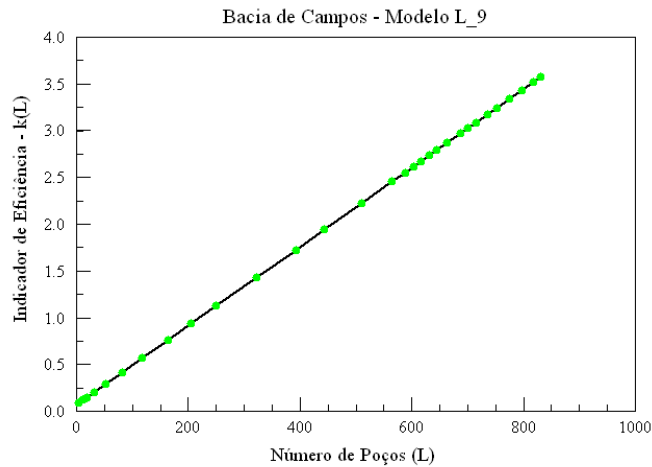


Figura 30 - Baía de Campos: Eficiência da exploração - $k(L)$ vs. L – Modelos L_9.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra os *p-values* do Teste BDS aplicado nos resíduos do modelo que melhor se ajustou aos dados, Modelo L_9. Considerando o nível de significância de 5%, o resultado do Teste BDS indica a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo Modelo L_9.

6.2.1.2. Bacia do Recôncavo

A Figura 59 ilustra a evolução do número de poços perfurados (L) da Bacia do Recôncavo. O conjunto de dados analisado é constituído por 39 observações anuais (1964-2002).

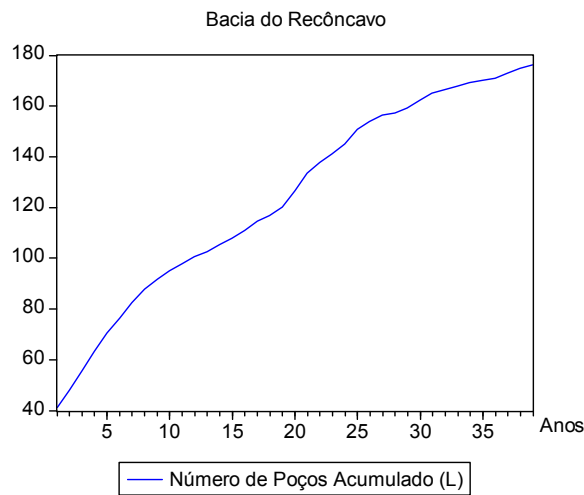


Figura 31 - Bacia do Recôncavo: Número de poços acumulados (L) vs. tempo.
Fonte: o autor.

A Figura 60 mostra a influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.

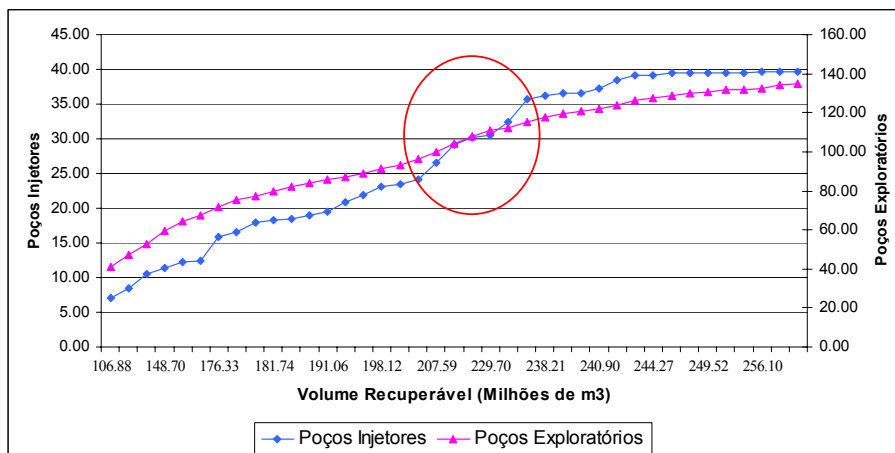


Figura 32 – Bacia do Recôncavo: Influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.
Fonte: o autor.

Pode-se observar incrementos consideráveis no volume recuperável entre o décimo oitavo e o vigésimo quarto ano, quando o número de poços injetores cresce mais rapidamente. Neste mesmo período, o número de poços exploratórios cresce 19,88% (de 96,10 para 115,20), o número de poços injetores aumenta 47,50% (de 24,20 para 35,70), correspondendo a um acréscimo no volume acumulado de 35,19 milhões de m³ (237,83-202,64).

A Tabela 21 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS) encontrados. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo L_2. O valor R² é 0.9885.

Tabela 17 – Bacia do Recôncavo: soma dos quadrados dos resíduos (SS) - Metodologia IV.

Bacia do Recôncavo - 39 observações anuais	
Modelo	SS
Modelo 01	871.67
Modelo 02	762.44
Modelo 04	828.64
Modelo 05	828.64
Modelo 06	1,026.90
Modelo 07	961.31
Modelo 08	1,260.54
Modelo 09	1,026.90

Fonte: o autor.

A Figura 61 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo L_2) considerando 39 observações anuais.

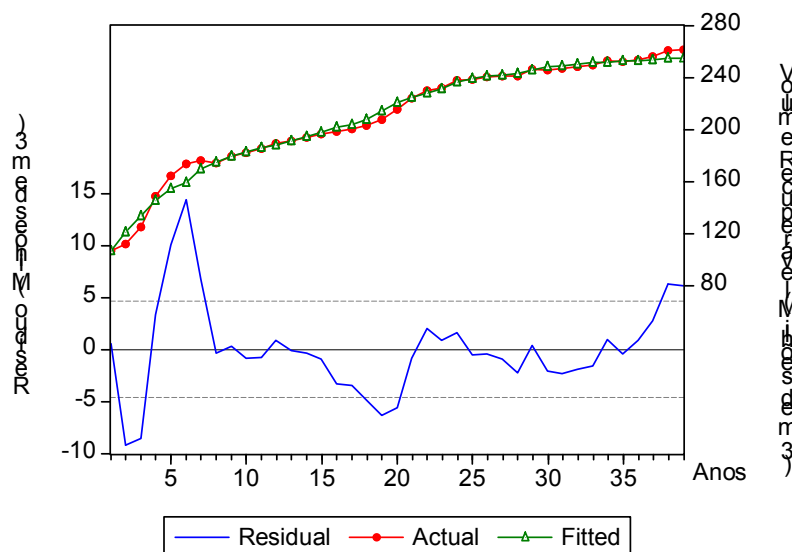


Figura 33 – Bacia do Recôncavo: Resultado do Modelo L_9.
Fonte: o autor.

A fim de verificar os valores dos parâmetros estimados e os resultados obtidos, construiu-se ainda o gráfico $k(L)$ vs. L para o Modelo L_2 (Figura 62). Observa-se que a curva $k(L)$ da presente aplicação segue a forma da teoria proposta por Knoring *et al.* (1999), caindo mais rapidamente no início do processo exploratório.

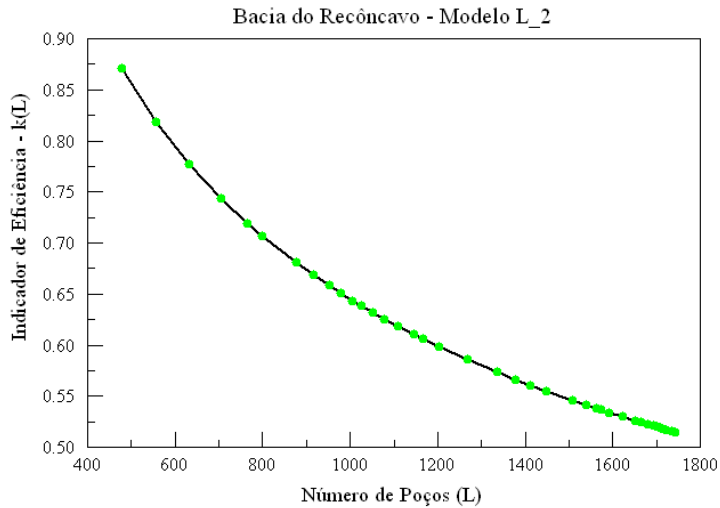


Figura 34 - Bacia do Recôncavo: Eficiência da exploração - $k(L)$ vs. L – Modelo L_2 .

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que alguns *p-values* do Teste BDS são menores que 0,05, indicando a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo Modelo L_2 .

6.2.1.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

A Figura 63 ilustra a evolução do número de poços perfurados (L) da Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará. O conjunto de dados analisado é constituído por 26 observações anuais (1979-2004).

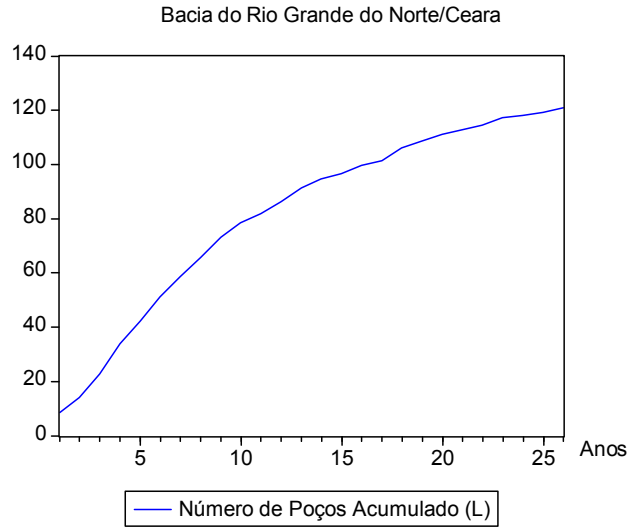


Figura 35 - Bacia do RN/CE: Número de poços acumulado (L) vs. tempo.

Fonte: o autor.

A Figura 64 mostra a influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.

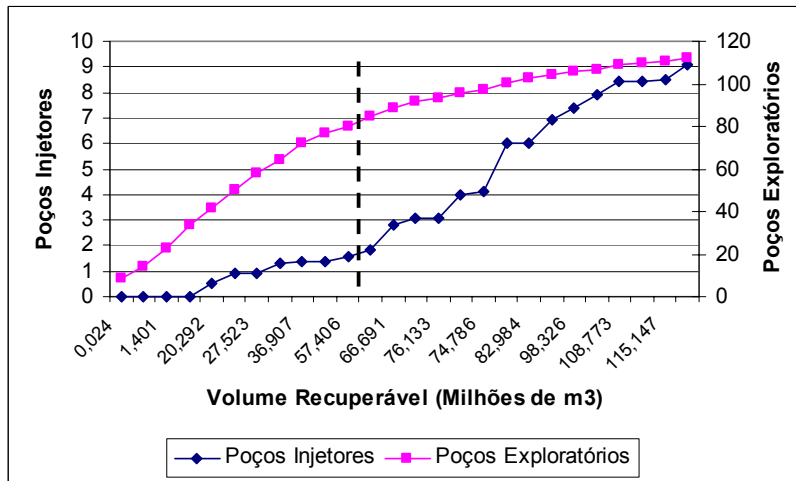


Figura 36 – Bacia do RN/CE: Influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.

Fonte: o autor.

Pode-se observar incrementos consideráveis no volume recuperável a partir do décimo segundo ano, quando o número de poços injetores cresce mais rapidamente. Neste mesmo período, o número de poços exploratórios permanece quase que constante. O número de poços injetores aumenta de 1,8 para 9,1 correspondendo a um acréscimo no volume acumulado de 55,27 milhões de m³ (117,83-62,56).

A Tabela 22 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS). Após estimar os parâmetros dos modelos, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo L_9. O valor R^2 é 0,9858.

Tabela 18 – Bacia do RN/CE: soma dos quadrados dos resíduos (SS) - Metodologia IV.

Bacia RN/CE - 26 observações anuais	
Modelo	SS
Modelo L_1	576.94
Modelo L_2	571.62
Modelo L_4	539.64
Modelo L_5	539.64
Modelo L_6	539.64
Modelo L_7	588.10
Modelo L_8	631.73
Modelo L_9	504.69

Fonte: o autor.

A Figura 65 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo L_9) considerando 26 observações anuais.

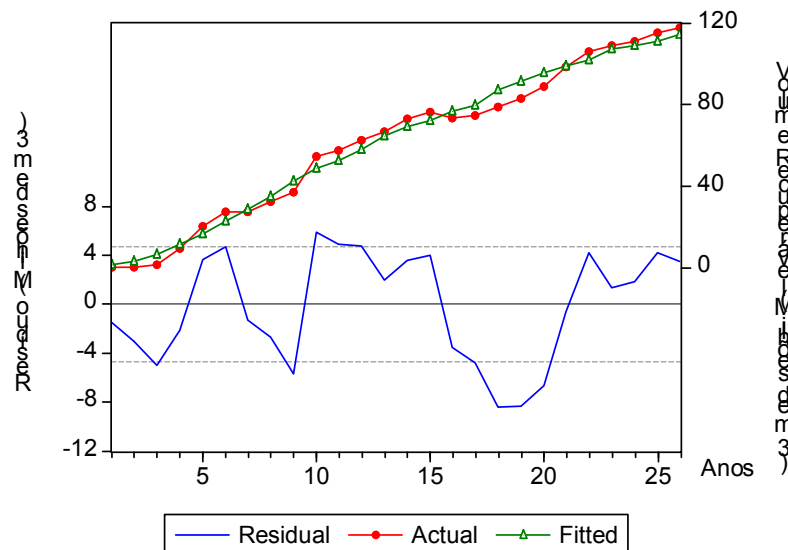


Figura 37 – Bacia do RN/CE: Resultado do Modelo L_9.

Fonte: o autor.

A fim de verificar os valores dos parâmetros estimados e os resultados obtidos, construiu-se ainda o gráfico $k(L)$ vs. L para o Modelo L_9 (Figura 66). Observa-se que a curva $k(L)$ da presente aplicação segue a mesma forma (linear) da teoria proposta por Knoring *et al.* (1999), indicando que a eficiência exploratória ainda não atingiu seu ponto máximo.

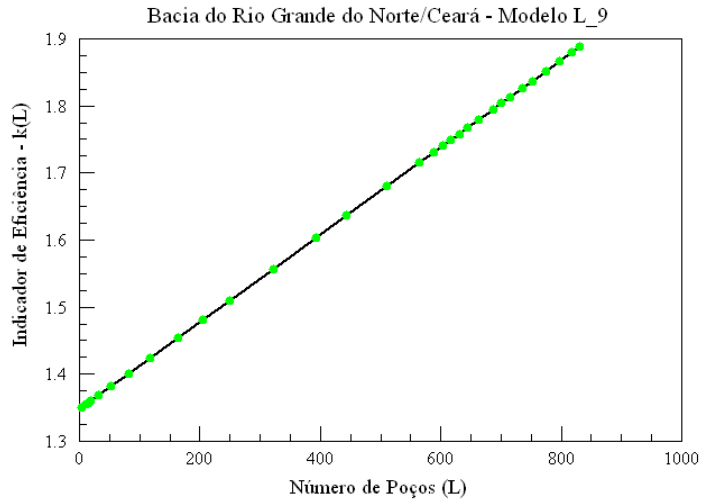


Figura 38 - Bacia do RN/CE: Eficiência da exploração - $k(L)$ vs. L – Modelos L_9 .

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que alguns *p-values* do Teste BDS são menores que 0,05, indicando a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo Modelo L_9 .

6.2.1.4. Bacia do Sergipe/Alagoas

A Figura 67 ilustra a evolução do número de poços perfurados (L) da Bacia do Sergipe/Alagoas. O conjunto de dados analisado é constituído por 39 observações anuais (1966-2004).

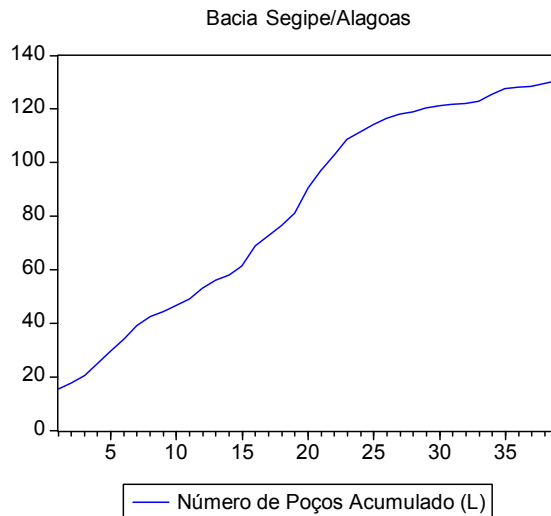


Figura 39 – Bacia de SE/AL: Número de poços acumulado (L) vs. tempo.

Fonte: o autor.

A Figura 68 mostra a influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.

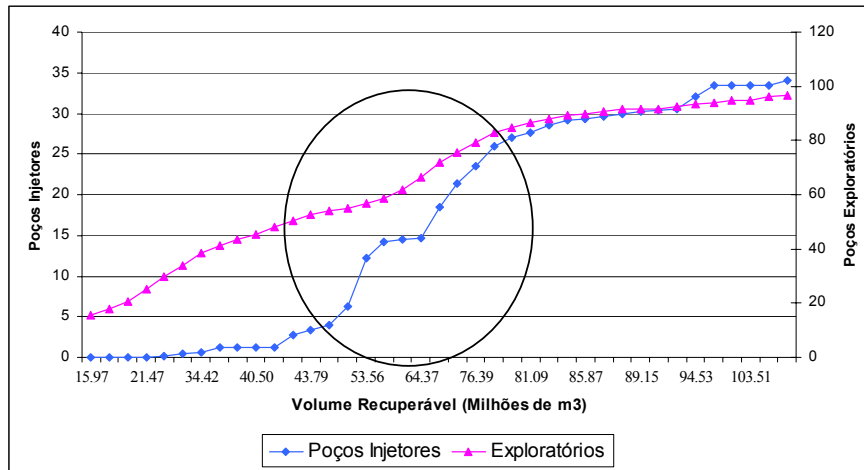


Figura 40 – Bacia de SE/AL: Influência dos poços injetores nos acréscimos recuperáveis.

Fonte: o autor

Pode-se observar incrementos consideráveis no volume recuperável entre o décimo quarto e o vigésimo terceiro ano, quando o número de poços injetores cresce mais rapidamente. Neste mesmo período, o número de poços exploratórios cresce 53,43% (de 53,90 para 82,70), o número de poços injetores aumenta 547,50% (de 4,00 para 25,90), correspondendo a um acréscimo no volume acumulado de 35,13 milhões de m³ (80,03-44,90).

A Tabela 23 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS). Após estimar os parâmetros dos modelos, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo L_9. O valor R² é 0.9835.

Tabela 19 – Bacia do SE/AL: soma dos quadrados dos resíduos (SS) - Metodologia IV.

SEAL - 39 observações anuais	
Modelo	SS
Modelo 01	826.03
Modelo 02	740.49
Modelo 04	689.36
Modelo 05	689.36
Modelo 06	689.36
Modelo 07	634.69
Modelo 08	668.26
Modelo 09	503.02

Fonte: o autor.

A Figura 69 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo L_9) considerando 39 observações anuais.

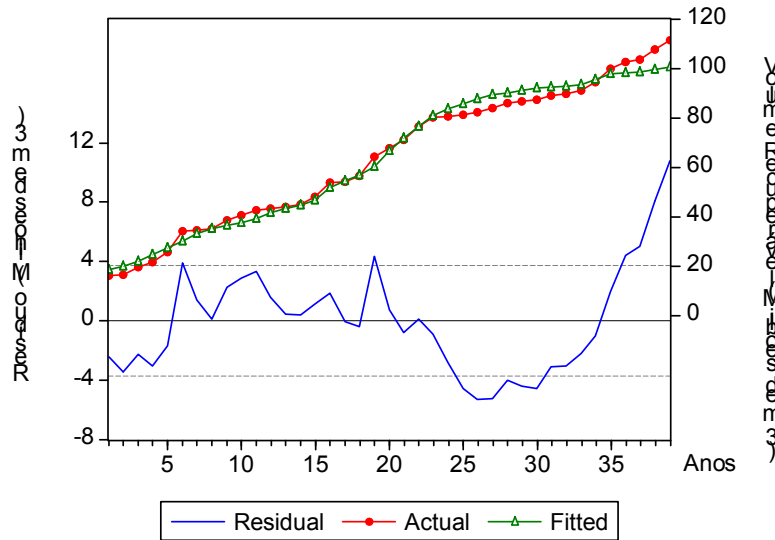


Figura 41 – Bacia de SE/AL: Resultado do Modelo L_9.

Fonte: o autor

A fim de verificar os valores dos parâmetros estimados e os resultados obtidos, construiu-se ainda o gráfico $k(L)$ vs. L para o Modelo L_9 (Figura 70). Observa-se que a curva $k(L)$ da presente aplicação segue a mesma forma (linear) da teoria proposta por Knoring *et al.* (1999), indicando que a eficiência exploratória ainda não atingiu seu ponto máximo.

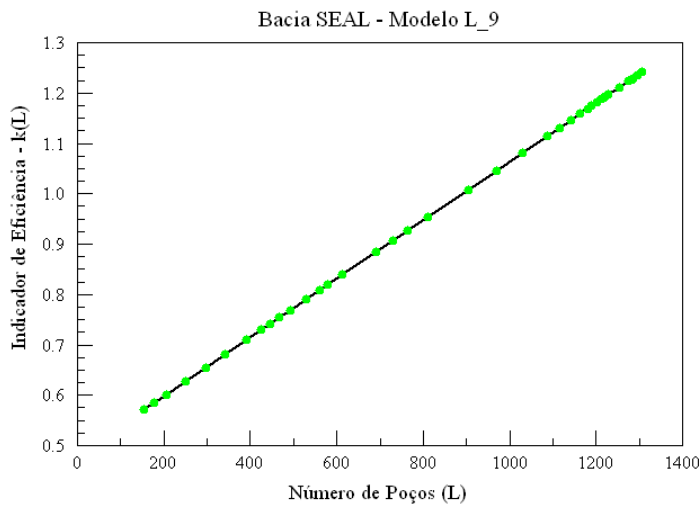


Figura 42 - Bacia de SE/AL: Eficiência da exploração - $k(L)$ vs. L – Modelos L_9.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que alguns *p-values* do Teste BDS são menores que 0,05, indicando a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo Modelo L_9.

6.2.2. 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, utiliza-se nesta seção os mesmos dados do item 6.2.1.

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

6.2.2.1. Bacia de Campos

A Tabela 24 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS) encontrados. Após estimar os parâmetros dos 63 modelos, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo 1x8. O valor R^2 é 0.9973.

Tabela 20 – Metodologia V - Campos: Resultados dos modelos empíricos.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condições									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	$a - bL_t$	$1 - a'L_t^b$	e^{a-bL_t}	$1 - (1 - c + a \cdot L_t^b)^b$	$c - a \cdot L_t^b$	$b \cdot \ln\left(\frac{A}{L_t}\right)$	$d \left(\frac{A - L_t}{A} \right)^b$	$e^{a-bL_t} - C$	$e^{a-bL_t} - \frac{C}{L_t}$	
1	$\exp(\alpha \cdot L_t^\beta)$	44.331,45	40.589,97	49.555,97	146.542,70	41.150,44	57.599,72	40.032,83	39.818,59	48.060,83
2	$\exp(\alpha + \beta L_t)$	59.090,71	52.420,73	59.090,71	57.882,59	59.090,71	57.390,84	55.160,42	59.090,71	51.927,42
3	$\exp(\alpha + L_t^\beta)$	156.976,60	159.077,00	59.090,71	49.251,92	40.929,59	159.074,20	44.120,69	59.080,10	52.219,44
4	$\alpha \cdot L_t^\beta$	215.211,80	40.597,77	57.809,14	84.892,90	40.597,77	235.497,20	42.940,87	40.579,86	51.228,04
5	$\alpha + \beta \cdot \ln(L_t)$	952.530,20	51.654,59	57.390,84	775.362,20	56.793,68	3.563.005,00	40.984,69	40.348,13	50.929,07
6	$c - \alpha \cdot \exp(-\beta \cdot L_t)$	43.855,96	40.349,35	59.090,71	40.603,12	40.348,58	40.348,13	40.132,59	43.857,02	52.219,27
7	$\frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta \cdot L_t)}$	49.444,98	57.811,76	59.090,71	42.947,90	57.640,22	42.883,05	40.901,50	41.309,51	52.217,09

Fonte: o autor.

A Figura 71 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo 1x8) considerando 31 observações anuais.

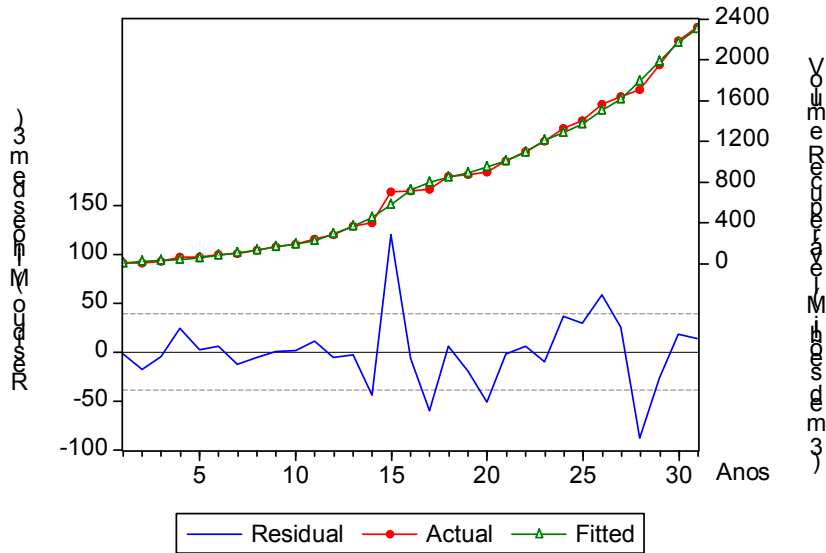


Figura 43 – Bacia de Campos: Resultado do Modelo 1x8.

Fonte: o autor.

A Figura 72.a e a Figura 72.b ilustram, respectivamente, os gráficos da função seleção de controle versus o esforço exploratório e versus o ano. A primeira curva é importante, pois mostra o acréscimo de controle (informação) que se consegue ao perfurar um poço adicional. A função seleção de condição não foi traçada devido à combinação dos parâmetros (Apêndice E), pois, ao simplificar os modelos, diminuimos o número de parâmetros.

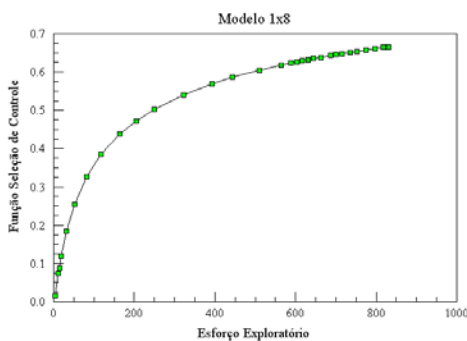


Figura 72.a – $\phi(L)$ vs. L.

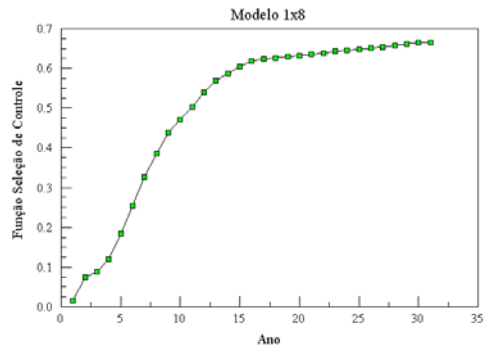


Figura 72.b – $\phi(L)$ vs. Anos.

Figura 44 – Função Seleção de Controle: Modelo 1x8.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

Dessa forma, a Metodologia V apresenta melhor ajuste “*in sample*” e melhor resíduo que a Metodologia IV. Na Metodologia V, o resíduo é classificado como sendo ruído branco.

Além disso, comparando-se o ajuste das cinco metodologias testadas, observa-se que o melhor ajuste é fornecido pela Metodologia V. O valor da soma dos quadrados dos resíduos igual a 39.819 é muito menor que o encontrado pelas Metodologias I, II e IV, cujos valores são 105.625, 104.787 e 57.809, respectivamente.

Esta diferença entre os ajustes acontece devido ao grande acréscimo ocorrido no décimo quinto ano. As Metodologias I e II não conseguem captar esta mudança de patamar rapidamente, ficando a curva do ajuste defasada em relação aos dados reais e, conseqüentemente, resultando em grandes resíduos próximo ao décimo quinto ano.

6.2.2.2. Bacia do Recôncavo

A Tabela 25 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS) encontrados. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo 7x9. O valor R^2 é 0.9919.

Entretanto, é relevante observar que o Modelo 7x3 se ajusta tão bem quanto o Modelo 7x9 utilizando um parâmetro a menos. O número de parâmetros do Modelo 7x9 é cinco enquanto que no Modelo 7x3 é quatro.

Por esta razão, a Figura 73 mostra o resultado do Modelo 7x3 considerando 39 observações anuais. O valor R^2 do Modelo 7x3 é 0.9918.

Tabela 21 – Metodologia V - Recôncavo: Resultados dos modelos empíricos.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condições									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	$a - bL_t$	$1 - a \cdot L_t^b$	e^{a-bL_t}	$1 - (1 - c + a \cdot L_t^b)^b$	$c - a \cdot L_t^b$	$b \cdot \ln\left(\frac{A}{L_t}\right)$	$d \left(\frac{A - L_t}{A} \right)^b$	$e^{a-bL_t} - C$	$e^{a-bL_t} - \frac{C}{L_t}$	
1	$\exp(\alpha \cdot L_t^\beta)$	654,48	669,87	605,70	1.193,71	581,52	766,22	586,81	583,89	576,61
2	$\exp(\alpha + \beta L_t)$	853,12	623,42	3.425,67	1.428,03	705,27	705,11	1.265,67	3.425,67	613,07
3	$\exp(\alpha + L_t^\beta)$	1.740,55	660,33	3.425,67	731,73	729,40	731,19	871,97	610,14	626,13
4	$\alpha \cdot L_t^\beta$	716,73	1.026,90	828,64	711,33	675,57	733,43	828,65	578,11	618,43
5	$\alpha + \beta \cdot \ln(L_t)$	795,19	658,66	705,11	729,49	645,13	737,42	600,36	620,56	625,95
6	$c - \alpha \cdot \exp(-\beta \cdot L_t)$	581,16	596,61	591,24	567,97	620,80	620,56	854,29	578,82	585,61
7	$\frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta \cdot L_t)}$	636,80	597,14	545,73	591,49	539,10	620,11	543,75	542,96	530,84

Fonte: o autor.

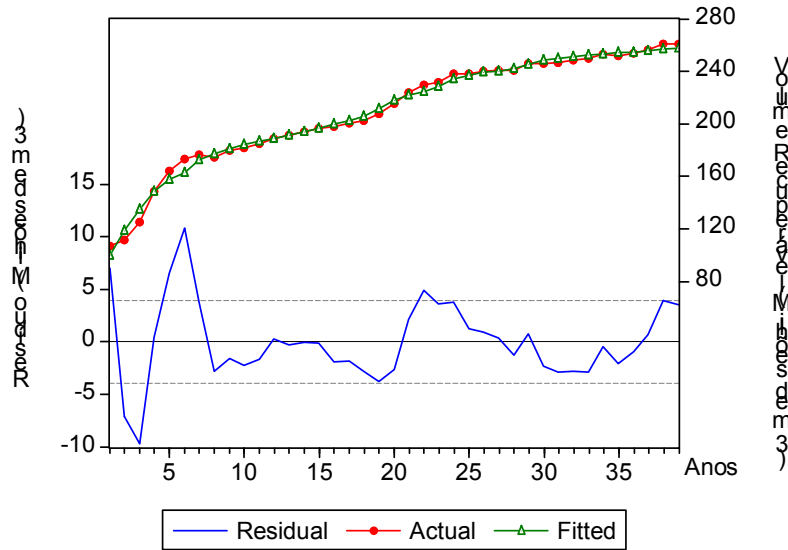


Figura 45 – Bacia do Recôncavo: Resultado do Modelo 7x3.

Fonte: o autor

A Figura 74 ilustra o gráfico da função seleção de controle vs. o esforço exploratório utilizando o Modelo 7x3. Pode-se observar que o controle cresce rapidamente nos anos iniciais do processo exploratório.

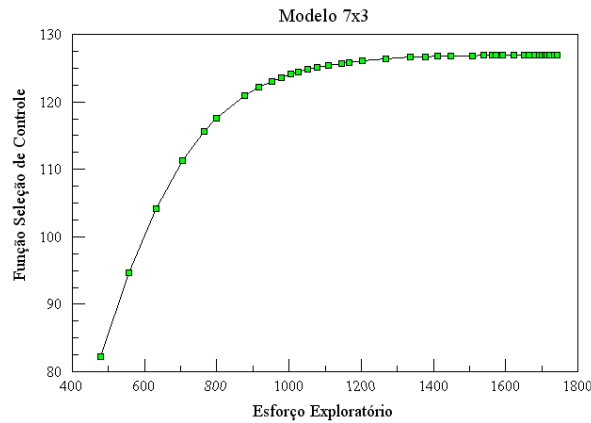


Figura 46 – Função Seleção de Controle: Modelo 7x3.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra os *p-values* do Teste BDS aplicado nos resíduos do modelo que melhor se ajustou aos dados, Modelo 7x3. Os valores são menores que 0,05, indicando a evidência de dependência nos resíduos que não foi capturada pelo modelo proposto.

Embora a Metodologia V não possa classificar o resíduo como sendo ruído branco, o ajuste “*in sample*” do Modelo 7x3 consegue reduzir em 28% o valor da soma dos quadrados dos resíduos obtido com a Metodologia IV.

6.2.2.3. Bacia do Rio Grande do Norte/Ceará

A Tabela 26 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS) encontrados. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo 1x8. O valor R^2 é 0.9903.

Tabela 22 – Metodologia V - RN/CE: Resultados dos modelos empíricos.

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condições								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$a - bL_t$	$1 - a'L_t^b$	e^{a-bL_t}	$1 - (1 - c + a \cdot L_t^b)^b$	$c - a \cdot L_t^b$	$b \cdot \ln\left(\frac{A}{L_t}\right)$	$d \left(\frac{A - L_t}{A}\right)^b$	$e^{a-bL_t} - C$	$e^{a-bL_t} - \frac{C}{L_t}$
1	$\exp(\alpha \cdot L_t^\beta)$	471,78	426,91	559,06	490,15	664,93	366,02	347,08	425,93
2	$\exp(\alpha + \beta L_t)$	484,66	907,36	474,24	907,36	484,65	632,82	907,36	542,23
3	$\exp(\alpha + L_t^\beta)$	523,01	499,57	907,36	512,78	512,71	470,60	473,97	573,43
4	$\alpha \cdot L_t^\beta$	520,66	473,84	504,69	551,99	539,72	408,57	470,13	475,52
5	$\alpha + \beta \cdot \ln(L_t)$	690,24	3.060,05	484,65	539,76	1.762,47	484,65	468,51	453,44
6	$c - \alpha \cdot \exp(-\beta \cdot L_t)$	445,94	463,26	907,36	403,69	478,83	394,76	374,68	465,23
7	$\frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta \cdot L_t)}$	430,58	504,69	434,07	593,92	483,91	378,94	364,69	463,94

Fonte: o autor.

A Figura 75 ilustra o ajuste do modelo que melhor se ajustou aos dados de evolução das descobertas (Modelo 1x8) considerando 26 observações anuais.

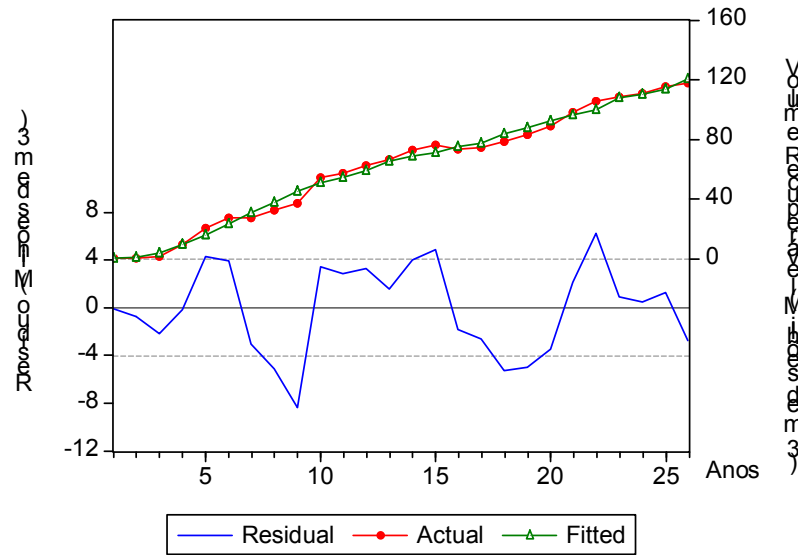


Figura 47 – Bacia do RN/CE: Resultado do Modelo 1x8.

Fonte: o autor

A Figura 76 ilustra a função seleção de controle encontrada utilizando o Modelo 1x8. Pode-se observar que o esforço exploratório continua melhorando a informação (controle) nos últimos anos.

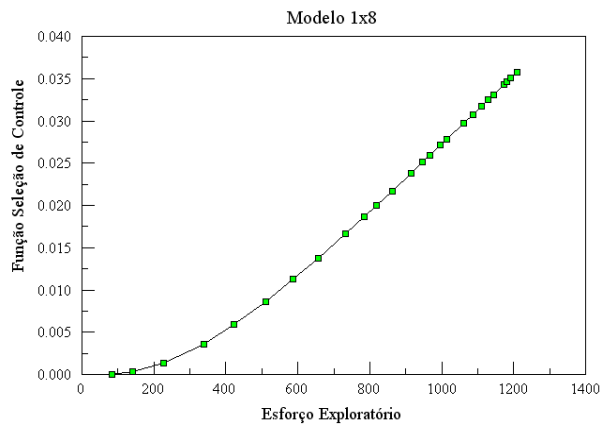


Figura 48 – Função Seleção de Controle: Modelo 1x8.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

A Metodologia V apresenta melhor ajuste “*in sample*” e melhor resíduo que a Metodologia IV. Na Metodologia V, o resíduo é ruído branco.

6.2.2.4. Bacia de Sergipe/Alagoas

A Tabela 27 mostra os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (SS) encontrados. Os Modelos 1x8, 4x8, 6x4, 6x5, 7x4 são os modelos que melhor se ajustam aos dados. Entretanto, o Modelo 4x8 é escolhido por apresentar o menor número de parâmetros. O valor R^2 é 0.9978.

Tabela 23 – Metodologia V - SE/AL: Resultados dos modelos empíricos .

Função Seleção de Controle	Função Seleção de Condições									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	$a - bL_t$	$1 - a'L_t^b$	e^{a-bL_t}	$1 - (1 - c + a \cdot L_t^b)^b$	$c - a \cdot L_t^b$	$b \cdot \ln\left(\frac{A}{L_t}\right)$	$d \left(\frac{A - L_t}{A}\right)^b$	$e^{a-bL_t} - C$	$e^{a-bL_t} - \frac{C}{L_t}$	
1	$\exp(\alpha \cdot L_t^\beta)$	424.25	406.63	409.77	569.28	303.06	743.80	88.83	67.78	394.26
2	$\exp(\alpha + \beta L_t)$	556.29	417.48	777.72	465.58	777.72	465.43	668.93	777.72	407.80
3	$\exp(\alpha + L_t^\beta)$	543.57	565.42	777.72	415.45	550.53	576.01	175.32	553.29	415.05
4	$\alpha \cdot L_t^\beta$	562.90	360.37	503.02	384.82	689.36	689.93	118.38	66.97	406.86
5	$\alpha + \beta \cdot \ln(L_t)$	598.73	336.23	465.43	397.31	313.57	1,287.88	144.66	258.15	404.21
6	$c - \alpha \cdot \exp(-\beta \cdot L_t)$	150.61	258.18	394.43	66.54	66.60	258.15	202.35	243.56	330.57
7	$\frac{c}{1 + \exp(\alpha - \beta \cdot L_t)}$	102.54	503.02	383.50	68.51	466.43	221.20	98.36	110.02	420.41

Fonte: o autor.

A Figura 77 ilustra o ajuste do Modelo 4x8 considerando 39 observações anuais.

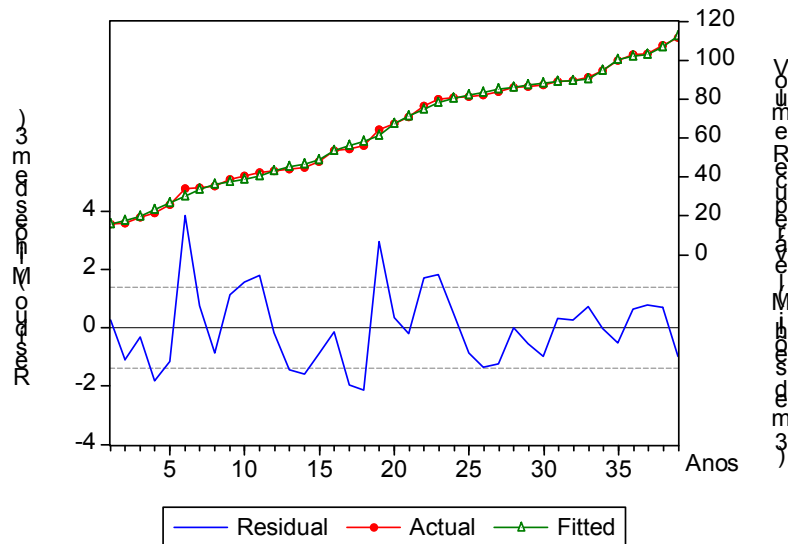


Figura 49 – Bacia do SE/AL: Resultado do Modelo 4x8.

Fonte: o autor

A Figura 78 ilustra a função seleção de controle encontrada utilizando o Modelo 4x8. Assim como na Bacia RN/CE, pode-se observar que o esforço exploratório continua melhorando a informação (controle) nos últimos anos.

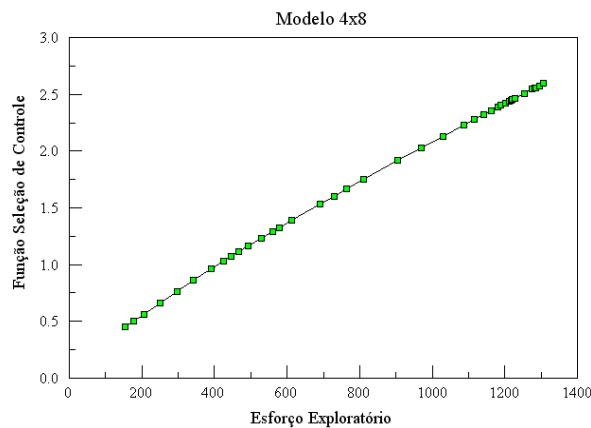


Figura 50 – Função Seleção de Controle: Modelo 4x8.

Fonte: o autor.

O Apêndice G mostra que os *p-values* do Teste BDS são maiores que 0,05, indicando que o modelo capturou a informação contida nos dados e que não existe evidência de estrutura de dependência (linear ou não linear) nos resíduos.

Dessa forma, para os dados de SE/AL, a Metodologia V apresenta melhor ajuste “*in sample*” (reduz a soma dos quadrados dos resíduos em 86%) e melhor resíduo que a Metodologia IV. Na Metodologia V, o resíduo é classificado como sendo ruído branco.

6.3. Sumário das Metodologias

A Tabela 28 resume os resultados das cinco metodologias e dos cinco conjuntos de dados testados neste capítulo.

Tabela 24 – Resumo das Metodologias – Capítulo 6.

Resultado Final						
Parte 1: Evolução das descobertas em função do tempo						
Metodologia I: Função Seleção de Controle Linear proposto por Knoring et al. (1999)	Modelo	Modelo Knoring_8	Recôncavo	RN/CE	SE/AL	Golfo do México
	Soma Resíduos ² (SS)	105.625	Modelo Knoring_7	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_8	Modelo Knoring_9
	Resíduo (Teste BDS)	p-value < 0,05	p-value < 0,05	ok	ok	p-value < 0,05
Metodologia II: Função Seleção de Controle Não-Linear	Modelo	Modelo 6x7	Modelo 7x8	Modelo 1x2	Modelo 7x9	Modelo 7x8
	Soma Resíduos ² (SS)	104.787	396	305	110	2.247.707
	Resíduo (Teste BDS)	ok	ok	ok	ok	ok
Metodologia III: Função Seleção de Controle Não-Linear considerando novos objetivos exploratórios	Modelo	Gráfico não apresenta mais de uma curva-S bem definida	Mod. 7x2, 6x9, 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
	Soma Resíduos ² (SS)		191			
	Resíduo (Teste BDS)		ok			
Parte 2: Evolução das descobertas em função de "L"						
Metodologia IV: em função do Indicador de Eficiência proposto por Knoring et al. (1999)	Modelo	Modelo L_9	Modelo L_2	Modelo L_9	Modelo L_9	Golfo do México
	Soma Resíduos ² (SS)	57.809	762	505	503	Não tem dados de volume exploratório disponível
	Resíduo (Teste BDS)	p-value < 0,05	p-value < 0,05	p-value < 0,05	p-value < 0,05	
Metodologia V: Controle e Condição em função do esforço exploratório (L)	Modelo	Modelo 1X8	Modelo 7x3	Modelo 1X8	Modelo 4x8	
	Soma Resíduos ² (SS)	39.819	546	347	67	Não tem dados de volume exploratório disponível
	Resíduo (Teste BDS)	ok	p-value < 0,05	ok	ok	

Fonte: o autor.

Analisando-se os resultados da Metodologia I, três das quatro séries brasileiras testadas são melhor ajustadas pelo mesmo modelo (Knoring_8), alcançando um bom ajuste “*in sample*” devido aos altos valores de R^2 . As funções seleção de condições caem rapidamente no início do processo exploratório, apresentando formatos bem parecidos. Considerando o nível de significância de 5%, o resultado do Teste BDS indica a existência de dependência nos resíduos em três das cinco séries testadas.

Na Metodologia II, três das cinco séries testadas são melhor ajustadas pela função de controle logística, alcançando bons ajustes “*in sample*”. Somente para a Bacia do RN/CE a Metodologia II não apresenta ganhos significativos quando comparada com a Metodologia I. O resultado do Teste BDS indica que não existe estrutura de dependência nos resíduos em todas as cinco séries testadas.

O ajuste dos dados do Recôncavo pela Metodologia III apresenta melhor ajuste “*in sample*” e melhor resíduo que a Metodologia I. Na Metodologia III, o resíduo é classificado como sendo ruído branco. O melhor ajuste já era esperado, uma vez que se divide a curva em três segmentos (três ajustes de curva).

Na Metodologia IV, três das quatro séries brasileiras testadas são melhor ajustadas pelo Modelo L_9, alcançando bons ajustes “*in sample*”. O gráfico $k(L)$ vs. L destas três séries indica que a eficiência exploratória ainda não atingiu seu ponto máximo. O resultado do Teste BDS indica que existe estrutura de dependência nos resíduos de todas as séries testadas.

Na Metodologia V, duas das quatro séries brasileiras testadas são melhor ajustadas pelo Modelo 1x8. Em todas as séries a Metodologia V apresenta ganhos significativos quando comparada com a Metodologia IV, alcançando ótimos ajustes “*in sample*”. O resultado do Teste BDS indica que não existe estrutura de dependência nos resíduos em três das quatro séries. Com exceção da Bacia do Recôncavo, o gráfico da função de controle indica que o esforço exploratório continua melhorando a informação (controle) nos últimos anos.