ROGÉRIO SOLDA

Aplicação das transformadas Wavelet na filtragem de sinais à serem usados em
identificação de sistemas

São Paulo

2020

Solda, Rogério. Aplicação das transformadas Wavelet na filtragem de sinais a serem usados em identificação de sistemas. 2020. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2020.

Aplicação das transformadas Wavelet na filtragem de sinais à serem usados em
identificação de sistemas

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia de Sistemas

Orientador: Prof. Dr. Claudio Garcia

São Paulo
2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, ____ de ____ de ____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Solda, Rogério

Aplicação das transformadas Wavelet na filtragem de sinais à serem usados em identificação de sistemas / R. Solda – versão corr. – São Paulo, 2020.

218 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle.

1.Transformada Wavelet 2.Identificação de Sistemas 3.Filtro FIR 4.Filtro IIR I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle II.t.

Este trabalho é dedicado inteiramente à memória de minha querida Mãe Aparecida (1955-2016), que sempre será minha base, meu modelo e minha referência.

Agradecimentos

Ao professor Claudio Garcia pela orientação, paciência, compreensão e apoio durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus irmãos Leandro e Mauricio e também à suas famílias por todo apoio, dedicação e união nos momentos mais difíceis.

Ao meu prezado amigo Fernando Fernandes Neto, cujas contribuições foram muito importantes no desenvolvimento deste trabalho.

Solda, Rogério. Aplicação das transformadas Wavelet na filtragem de sinais a serem usados em identificação de sistemas. 2020. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2020.

RESUMO

Neste trabalho são estudadas técnicas de filtragem de sinais, visando preparar os dados coletados do processo para posterior identificação de modelos. Utilizam-se dados da Planta Piloto de Neutralização de pH do Laboratório de Controle de Processos Industriais do Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle da Escola Politécnica da USP, aos quais são aplicadas técnicas de Processamento Digital de Sinais (PDS) no tratamento dos dados da planta, usando filtros de resposta impulsiva FIR e IIR, e filtros usando Transformada *Wavelet* para uma análise comparativa entre as diferentes técnicas de filtragem. Além disso, são implementados os filtros usando Transformada *Wavelet* no tratamento dos sinais do sistema simulado Shell Benchmark para comparação com modelos sem filtro. Na identificação dos modelos de processo são empregadas as estruturas: OE, ARX, ARMAX e BJ. Os resultados da implementação dos filtros *Wavelet* comprovam a eficiência destes filtros no tratamento de sinais para modelagem dos processos, proporcionando modelos melhores em comparação com outras técnicas de filtragem estudadas.

Palavras-chave: Condicionamento de Sinais; Filtro FIR; Filtro IIR; Identificação de Sistemas; Transformada *Wavelet*

Solda, Rogério. Aplicação das transformadas Wavelet na filtragem de sinais a serem usados em identificação de sistemas. 2020. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2020.

ABSTRACT

In this work, signal filtering techniques are studied, preparing the collected process data for later model identification. Data from the pH Neutralization Pilot Plant from the Industrial Process Control Laboratory of the Telecommunications and Control Engineering Department of Escola Politécnica of USP, to which the Digital Signal Processing (PDS) technical methods in the treatment of plant data using response filters are used. impulsive FIR and IIR, and filters using *Wavelet* Transform for a comparative analysis between different filtering techniques are employed. In addition, filters using *Wavelet* Transform are implemented in the treatment of signals from the simulated Shell Benchmark system for comparison with models without a filter. In the identification of process models, the following structures are employed: OE, ARX, ARMAX and BJ. The results of the implementation of *Wavelet* filters prove the efficiency of these filters in the treatment of signals for modeling processes, providing better models in comparison to other studied filtering techniques.

Keywords: Signal Conditioning; FIR filter; IIR filter; Systems Identification; *Wavelet* Transform

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resposta em frequência de Filtro Passa-Baixas ideal.....	5
Figura 2: Resposta em frequência de Filtro Passa-Altas ideal.	5
Figura 3: Resposta em frequência de Filtro Passa-Faixa ideal.....	5
Figura 4: Resposta em frequência de Filtro Rejeita-Faixas ideal.....	6
Figura 5: Regiões importantes no domínio da frequência de um filtro.	7
Figura 6: Resposta em frequência de um filtro Passa Baixas não ideal.	8
Figura 7: Processo de janelamento no domínio da frequência.	10
Figura 8: Efeito do janelamento no domínio da frequência.	11
Figura 9: Relação entre a largura do lóbulo principal e a banda de transição.....	11
Figura 10: Representação do fenômeno de Gibbs.....	12
Figura 11: Janela retangular com $N=50$ com <i>leakage factor</i> de 9,25%, atenuação do lóbulo lateral de -13,3dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,035156.....	13
Figura 12: Janela de Hamming - <i>leakage factor</i> de 0,04%, atenuação do lóbulo lateral de -42,3 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,050781.....	14
Figura 13: Janela gaussiana com $\alpha=2$, <i>leakage factor</i> de 0,15%, atenuação do lóbulo lateral de -32,5 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,046875.....	14
Figura 14: Janela gaussiana com $\alpha=2,5$, <i>leakage factor</i> de 0,01%, atenuação do lóbulo lateral de -44,3 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,054688.....	14
Figura 15: Janela gaussiana com $\alpha=3$, <i>leakage factor</i> de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -57,5 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,0625.....	15
Figura 16: Janela gaussiana com $\alpha=4$, <i>leakage factor</i> de 0,9%, atenuação do lóbulo lateral de -90,1 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,085938.....	15
Figura 17: Janela gaussiana com $\alpha=5$, <i>leakage factor</i> de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -133,2 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,10547.....	15
Figura 18: Janela de Tukey com $\alpha=0,25$, <i>leakage factor</i> de 6,49%, atenuação do lóbulo lateral de -13,6 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,039063.....	16
Figura 19: Janela de Tukey com $\alpha=0,5$, <i>leakage factor</i> de 3,61% atenuação do lóbulo lateral de -15,1 dB largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.	16
Figura 20: Janela de Tukey com $\alpha=0,75$, <i>leakage factor</i> de 1,15%, atenuação do lóbulo lateral de -19,4 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.....	16
Figura 21: Janela de Tukey com $\alpha=1$, <i>leakage factor</i> de 0,05%, atenuação do lóbulo lateral de -15,1 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.....	17

Figura 22: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=25$, <i>leakage factor</i> de 6,51%, atenuação do lóbulo lateral de -25 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,039063.	18
Figura 23: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=50$, <i>leakage factor</i> de 0,02%, atenuação do lóbulo lateral de -50 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,050781.	18
Figura 24: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=75$, <i>leakage factor</i> de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -75 dB, largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,0625.	18
Figura 25: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=100$, <i>leakage factor</i> de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -100 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,070313.	18
Figura 26: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=125$ <i>leakage factor</i> 0% atenuação do lóbulo lateral de -125dB largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,082031.	19
Figura 27: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=150$ <i>leakage factor</i> 0% atenuação do lóbulo lateral de -150dB largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,085938.	19
Figura 28: Janela de Kaiser para $\beta=2,5$, <i>leakage factor</i> de 1,2%, atenuação do lóbulo lateral de -21,4 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,039063.	20
Figura 29: Janela de Kaiser para $\beta=3,5$, <i>leakage factor</i> de 0,56%, atenuação do lóbulo lateral de -24,3 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.	20
Figura 30: Janela de Kaiser para $\beta=4,0$, <i>leakage factor</i> de 0,1%, atenuação do lóbulo lateral de -30,8 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,046875.	20
Figura 31: Janela de Kaiser para $\beta=5,0$, <i>leakage factor</i> de 0,02%, atenuação do lóbulo lateral de -37,4 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,050781.	20
Figura 32: Janela de Kaiser para $\beta=6,0$, <i>leakage factor</i> de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -44 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,054688.	21
Figura 33: Região de estabilidade no plano s, semi-plano esquerdo.	22
Figura 34: Região de estabilidade no plano z, interna ao círculo de raio unitário.	22
Figura 35: Módulo da resposta em frequência do filtro Butterworth.	23
Figura 36: Módulo da resposta em frequência do filtro de Chebyshev do tipo I.	24
Figura 37: Módulo da resposta em frequência do filtro de Chebyshev do tipo II.	25
Figura 38: Módulo da resposta em frequência do filtro Elíptico.	26
Figura 39: Representação gráfica de um sinal estacionário (em azul) e de um sinal não-estacionário (em vermelho).	31
Figura 40: Função janela $w(t)$ da Transformada de Fourier de tempo-curto.	32
Figura 41: Transformada de Fourier de tempo-curto.	32
Figura 42: Representação do plano tempo-frequência da base de Fourier de tempo-curto à esquerda e do plano tempo-escala de bases <i>Wavelet</i> à direita.	33

Figura 43: Representação da função base de Daubechies no plano tempo-escala.	33
Figura 44: Base db3 (à esquerda) e base coif3 (à direita).	34
Figura 45: As bases das Transformadas de Fourier, (em vermelho), de Fourier de tempo-curto (em azul) e Wavelet de Morlet (em cinza).	34
Figura 46: Efeito do escalonamento da base <i>Wavelet</i> Morlet para diferentes escalas.	35
Figura 47: Transformada <i>Wavelet</i>	36
Figura 48: Processo de filtragem ao nível mais básico.	37
Figura 49: Transformada <i>Wavelet</i> Discreta com <i>downsampling</i>	37
Figura 50: Árvore de decomposição de Wavelet.	38
Figura 51: Sinal resultante da aplicação da árvore de decomposição de Wavelet.	38
Figura 52: Base db4 com níveis de detalhamentos de 1 a 6.	39
Figura 53: Wavelet de Haar.	41
Figura 54: Família de <i>Wavelets</i> de Daubechies.	41
Figura 55: Família de Wavelets Coiflets.	42
Figura 56: Família de Wavelets Symlets.	42
Figura 57: Família de Wavelets de Fejer-Korovkin.	43
Figura 58: Família de Wavelets Biorthogonal Spline.	44
Figura 59: Família de Wavelets Reverse Biorthogonal.	44
Figura 60: Diagrama de blocos geral para a identificação paramétrica.	49
Figura 61: Estrutura do modelo ARX.	50
Figura 62: Estrutura do modelo ARMAX.	50
Figura 63: Estrutura do modelo OE.	51
Figura 64: Estrutura do modelo BJ.	52
Figura 65: Diagrama de blocos do método do erro de predição.	53
Figura 66: P&ID da Planta Piloto de Neutralização de pH.	58
Figura 67: Sinal GBN de entrada (em azul) e sinal de saída (em vermelho) da malha de nível.	59
Figura 68: Sinal GBN de entrada (em azul) e sinal de saída (em vermelho) da malha de pH. ..	59
Figura 69: Tela de configurações do simulador Poli-Sim.	60
Figura 70: Diagrama de blocos do sistema Shell Benchmark em malha aberta.	61
Figura 71: Diagrama de blocos do sistema Shell Benchmark em malha fechada.	61
Figura 72: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha aberta com SNR=30.	62

Figura 73: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha aberta com $SNR=3$	62
Figura 74: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha fechada com $SNR=30$	62
Figura 75: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha fechada com $SNR=3$	63
Figura 76: Fluxograma do processo de seleção dos parâmetros dos filtros <i>Wavelet</i>	64
Figura 77: Fluxograma do processo de seleção dos parâmetros dos filtros IIR e FIR.	65
Figura 78: Fluxograma do processo de obtenção dos modelos ARX (a) e OE (b).	66
Figura 79: Fluxograma do processo de obtenção de modelos ARMAX.	66
Figura 80: Fluxograma do processo de obtenção de modelos BJ.	67
Figura 81: Comparação quantitativa entre os modelos da malha de nível.	69
Figura 82: Comparação quantitativa entre os modelos da malha de pH.	69
Figura 83: Comparação entre as médias dos índices de ajuste dos modelos da malha de nível.	71
Figura 84: Comparação entre as médias dos índices de ajuste dos modelos da malha de pH.	71
Figura 85: Comparação do ganho de <i>fit</i> dos modelos da malha de nível.	72
Figura 86: Comparação do ganho médio de <i>fit</i> dos modelos da malha de pH.	72
Figura 87: Índice de ajuste (<i>fit</i>) dos modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 3$	79
Figura 88: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 3$	79
Figura 89: Índice de ajuste (<i>fit</i>) dos modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 30$	79
Figura 90: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 30$	80
Figura 91: Índice de ajuste (<i>fit</i>) dos modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 3$	81
Figura 92: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha fechada c/ $SNR = 3$	81
Figura 93: Índice de ajuste (<i>fit</i>) dos modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 30$	81
Figura 94: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha fechada c/ $SNR = 30$	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ordens do sistema Shell Benchmark em malha aberta e malha fechada.	63
Tabela 2: Famílias e bases Wavelet.....	63
Tabela 3: Funções do MATLAB.....	67
Tabela 4: Resultados dos índices quantitativos dos modelos da malha de nível e de pH. ...	69
Tabela 5: Resultados da média dos índices de ajude dos modelos da malha de nível e de pH	70
Tabela 6: Resultados do ganho de desempenho dos modelos da malha de nível e de pH ...	72
Tabela 7: Mapa de calor dos modelos ARMAX da malha de nível.	74
Tabela 8: Mapa de calor dos modelos ARX da malha de nível.	74
Tabela 9: Mapa de calor dos modelos OE da malha de nível.	74
Tabela 10: Mapa de calor dos modelos BJ da malha de nível.....	75
Tabela 11: Mapa de calor dos modelos ARMAX da malha de pH.....	76
Tabela 12: Mapa de calor dos modelos ARX da malha de pH.	76
Tabela 13: Mapa de calor dos modelos OE da malha de pH.....	76
Tabela 14: Mapa de calor dos modelos BJ da malha de pH.	77
Tabela 15: Resultados do modelo de Pressão em malha aberta com $SNR = 3$	78
Tabela 16: Resultados do modelo de Pressão em malha aberta com $SNR = 30$	78
Tabela 17: Resultados do modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 3$	80
Tabela 18: Resultados do modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 30$	80
Tabela 19: Resultados do modelo ARMAX com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.	87
Tabela 20: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Kaiser para a malha de pH.	87
Tabela 21: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Hanning para a malha de pH.	88
Tabela 22: Resultados do modelo ARMAX com filtro Retangular para a malha de pH.	88
Tabela 23: Resultados do modelo ARMAX com filtro Gaussiano para a malha de pH.	89
Tabela 24: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Tukey para a malha de pH.....	89
Tabela 25: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.	90
Tabela 26: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de pH.	90
Tabela 27: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de pH.	91

Tabela 28: Resultados do modelo ARMAX com filtro Elíptico para a malha de pH.....	91
Tabela 29: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Butterworth para a malha de pH. ...	92
Tabela 30: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de pH.	92
Tabela 31: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de pH.....	93
Tabela 32: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de pH. ..	93
Tabela 33: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de pH....	94
Tabela 34: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de pH.	94
Tabela 35: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para malha de pH.	95
Tabela 36: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de pH.....	95
Tabela 37: Resultados do modelo ARX com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.....	95
Tabela 38: Resultados do modelo ARX com filtro de Kaiser para a malha de pH.....	96
Tabela 39: Resultados do modelo ARX com filtro de Hanning para a malha de pH.	96
Tabela 40: Resultados do modelo ARX com filtro Retangular para a malha de pH.	96
Tabela 41: Resultados do modelo ARX com filtro Gaussiano para a malha de pH.	96
Tabela 42: Resultados do modelo ARX com filtro de Tukey para a malha de pH.....	96
Tabela 43: Resultados do modelo ARX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH. 96	
Tabela 44: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de pH. 97	
Tabela 45: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de pH. 97	
Tabela 46: Resultados do modelo ARX com filtro Elíptico para a malha de pH.	97
Tabela 47: Resultados do modelo ARX com filtro de Butterworth para a malha de pH.	97
Tabela 48: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de pH.	97
Tabela 49: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de pH. . 97	
Tabela 50: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de pH.	98
Tabela 51: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de pH.	98
Tabela 52: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de pH.	98
Tabela 53: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para a malha de pH.	98

Tabela 54: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de pH.	98
Tabela 55: Resultados do modelo OE com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.	98
Tabela 56: Resultados do modelo OE com filtro de Kaiser para a malha de pH.	99
Tabela 57: Resultados do modelo OE com filtro de Hanning para a malha de pH.	99
Tabela 58: Resultados do modelo OE com filtro Retangular para a malha de pH.	99
Tabela 59: Resultados do modelo OE com filtro Gaussiano para a malha de pH.	99
Tabela 60: Resultados do modelo OE com filtro de Tukey para a malha de pH.	99
Tabela 61: Resultados do modelo OE com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.	99
Tabela 62: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de pH.	100
Tabela 63: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de pH.	100
Tabela 64: Resultados do modelo OE com filtro Elíptico para a malha de pH.	100
Tabela 65: Resultados do modelo OE com filtro de Butterworth para a malha de pH.	100
Tabela 66: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de pH.	100
Tabela 67: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de pH.	100
Tabela 68: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de pH.	101
Tabela 69: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de pH.	101
Tabela 70: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de pH.	101
Tabela 71: Resultados do modelo OE com do filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para malha de pH.	101
Tabela 72: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de pH.	101
Tabela 73: Resultados do modelo BJ/nf1 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.	102
Tabela 74: Resultados do modelo BJ/nf2 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.	102
Tabela 75: Resultados do modelo BJ/nf3 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.	103
Tabela 76: Resultados do modelo BJ/nf4 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.	103
Tabela 77: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Kaiser para a malha de pH.	104
Tabela 78: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Kaiser para a malha de pH.	104

Tabela 79: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Kaiser para a malha de pH.	105
Tabela 80: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Kaiser para a malha de pH.	105
Tabela 81: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Hanning para a malha de pH.	106
Tabela 82: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Hanning para a malha de pH.	106
Tabela 83: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Hanning para a malha de pH.	107
Tabela 84: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Hanning para a malha de pH.	107
Tabela 85: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Retangular para a malha de pH.	108
Tabela 86: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Retangular para a malha de pH.	108
Tabela 87: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Retangular para a malha de pH.	109
Tabela 88: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Retangular para a malha de pH.	109
Tabela 89: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Gaussiano para a malha de pH.	110
Tabela 90: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Gaussiano para a malha de pH.	110
Tabela 91: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Gaussiano para a malha de pH.	111
Tabela 92: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Gaussiano para a malha de pH.	111
Tabela 93: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Tukey para a malha de pH.	112
Tabela 94: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Tukey para a malha de pH.	112
Tabela 95: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Tukey para a malha de pH.	113
Tabela 96: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Tukey para a malha de pH.	113
Tabela 97: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.	114
Tabela 98: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.	114
Tabela 99: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.	115
Tabela 100: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.	115
Tabela 101: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.	116
Tabela 102: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.	116
Tabela 103: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.	117
Tabela 104: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.	117

Tabela 105: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.	118
Tabela 106: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.	118
Tabela 107: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.	119
Tabela 108: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.	119
Tabela 109: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Elíptico para a malha de pH.	120
Tabela 110: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Elíptico para a malha de pH.	120
Tabela 111: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Elíptico para a malha de pH.	121
Tabela 112: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Elíptico para a malha de pH.	121
Tabela 113: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Butterworth para a malha de pH.	122
Tabela 114: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Butterworth para a malha de pH.	122
Tabela 115: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Butterworth para a malha de pH.	123
Tabela 116: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Butterworth para a malha de pH.	123
Tabela 117: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de pH.	124
Tabela 118: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de pH.	124
Tabela 119: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de pH.	125
Tabela 120: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de pH.	125
Tabela 121: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de pH.	126
Tabela 122: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de pH.	126
Tabela 123: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de pH.	127
Tabela 124: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de pH.	127
Tabela 125: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de pH.	128
Tabela 126: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de pH.	128
Tabela 127: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de pH.	129
Tabela 128: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de pH.	129
Tabela 129: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de pH.	130
Tabela 130: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de pH.	130

Tabela 131: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de pH.	131
Tabela 132: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de pH.	131
Tabela 133: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de pH.	132
Tabela 134: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de pH.	132
Tabela 135: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de pH.	133
Tabela 136: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de pH.	133
Tabela 137: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para malha de pH.	134
Tabela 138: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> p/ a malha de pH.	134
Tabela 139: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> p/ a malha de pH.	135
Tabela 140: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para malha de pH.	135
Tabela 141: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de pH.	136
Tabela 142: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de pH.	136
Tabela 143: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de pH.	137
Tabela 144: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de pH.	137
Tabela 145: Resultados do modelo ARMAX com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.	138
Tabela 146: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Kaiser para a malha de nível.	138
Tabela 147: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Hanning para a malha de nível.	139
Tabela 148: Resultados do modelo ARMAX com filtro Retangular para a malha de nível.	139
Tabela 149: Resultados do modelo ARMAX com filtro Gaussiano para a malha de nível.	140
Tabela 150: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Tukey para a malha de nível.	140

Tabela 151: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.	141
Tabela 152: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.	141
Tabela 153: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.	142
Tabela 154: Resultados do modelo ARMAX com filtro Elíptico para a malha de nível.	142
Tabela 155: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de nível.	143
Tabela 156: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de nível.	143
Tabela 157: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de nível.	144
Tabela 158: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de nível.	144
Tabela 159: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de nível.	145
Tabela 160: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para a malha de nível.	145
Tabela 161: Resultados do modelo ARMAX com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de nível.	146
Tabela 162: Resultados do modelo ARX com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.	146
Tabela 163: Resultados do modelo ARX com filtro de Kaiser para a malha de nível.	146
Tabela 164: Resultados do modelo ARX com filtro de Hanning para a malha de nível.	146
Tabela 165: Resultados do modelo ARX com filtro Retangular para a malha de nível.	147
Tabela 166: Resultados do modelo ARX com filtro Gaussiano para a malha de nível.	147
Tabela 167: Resultados do modelo ARX com filtro de Tukey para a malha de nível.	147
Tabela 168: Resultados do modelo ARX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.	147
Tabela 169: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.	147
Tabela 170: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.	147

Tabela 171: Resultados do modelo ARX com filtro Elíptico para a malha de nível.....	148
Tabela 172: Resultados do modelo ARX com filtro de Butterworth para a malha de nível....	148
Tabela 173: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de nível.	148
Tabela 174: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de nível.	148
Tabela 175: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de nível...	148
Tabela 176: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de nível. ..	148
Tabela 177: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de nível.....	149
Tabela 178: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para malha de nível.....	149
Tabela 179: Resultados do modelo ARX com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de nível.....	149
Tabela 180: Resultados do modelo OE com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.....	149
Tabela 181: Resultados do modelo OE com filtro de Kaiser para a malha de nível.	149
Tabela 182: Resultados do modelo OE com filtro de Hanning para a malha de nível.	149
Tabela 183: Resultados do modelo OE com filtro Retangular para a malha de nível.	150
Tabela 184: Resultados do modelo OE com filtro Gaussiano para a malha de nível.	150
Tabela 185: Resultados do modelo OE com filtro de Tukey para a malha de nível.....	150
Tabela 186: Resultados do modelo OE com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.	150
Tabela 187: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.	150
Tabela 188: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.	150
Tabela 189: Resultados do modelo OE com filtro Elíptico para a malha de nível.	151
Tabela 190: Resultados do modelo OE com filtro de Butterworth para a malha de nível.....	151
Tabela 191: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de nível.	151
Tabela 192: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de nível.	151
Tabela 193: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de nível.	151
Tabela 194: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de nível.....	151

Tabela 195: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para a malha de nível.	152
Tabela 196: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para a malha de nível.	152
Tabela 197: Resultados do modelo OE com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de nível.	152
Tabela 198: Resultados do modelo BJ/nf1 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.	152
Tabela 199: Resultados do modelo BJ/nf2 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.	153
Tabela 200: Resultados do modelo BJ/nf3 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.	153
Tabela 201: Resultados do modelo BJ/nf4 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.	154
Tabela 202: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Kaiser para a malha de nível.	154
Tabela 203: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Kaiser para a malha de nível.	155
Tabela 204: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Kaiser para a malha de nível.	155
Tabela 205: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Kaiser para a malha de nível.	156
Tabela 206: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Hanning para a malha de nível.	156
Tabela 207: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Hanning para a malha de nível.	157
Tabela 208: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Hanning para a malha de nível.	157
Tabela 209: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Hanning para a malha de nível.	158
Tabela 210: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Retangular para a malha de nível.	158
Tabela 211: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Retangular para a malha de nível.	159
Tabela 212: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Retangular para a malha de nível.	159
Tabela 213: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Retangular para a malha de nível.	160
Tabela 214: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Gaussiano para a malha de nível.	160
Tabela 215: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Gaussiano para a malha de nível.	161
Tabela 216: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Gaussiano para a malha de nível.	161
Tabela 217: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Gaussiano para a malha de nível.	162
Tabela 218: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Tukey para a malha de nível.	162
Tabela 219: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Tukey para a malha de nível.	163
Tabela 220: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Tukey para a malha de nível.	163
Tabela 221: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Tukey para a malha de nível.	164

Tabela 222: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.....	164
Tabela 223: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.....	165
Tabela 224: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.....	165
Tabela 225: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.....	166
Tabela 226: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.....	166
Tabela 227: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.....	167
Tabela 228: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.....	167
Tabela 229: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.....	168
Tabela 230: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.....	168
Tabela 231: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.....	169
Tabela 232: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.....	169
Tabela 233: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.....	170
Tabela 234: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Elíptico para a malha de nível.....	170
Tabela 235: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Elíptico para a malha de nível.....	171
Tabela 236: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Elíptico para a malha de nível.....	171
Tabela 237: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Elíptico para a malha de nível.....	172
Tabela 238: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Butterworth para a malha de nível.	172
Tabela 239: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Butterworth para a malha de nível.	173
Tabela 240: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Butterworth para a malha de nível.	173
Tabela 241: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Butterworth para a malha de nível.	174
Tabela 242: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de nível. ..	174
Tabela 243: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de nível. ..	175

Tabela 244: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de nível. ..	175
Tabela 245: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Haar</i> para a malha de nível. ..	176
Tabela 246: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de nível.	176
Tabela 247: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de nível.	177
Tabela 248: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de nível.	177
Tabela 249: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Daubechies</i> para a malha de nível.	178
Tabela 250: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de nível.	178
Tabela 251: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de nível.	179
Tabela 252: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de nível.	179
Tabela 253: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Coiflet</i> para a malha de nível.	180
Tabela 254: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de nível.	180
Tabela 255: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de nível.	181
Tabela 256: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de nível.	181
Tabela 257: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Symlet</i> para a malha de nível.	182
Tabela 258: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para malha de nível.	182
Tabela 259: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para malha de nível.	183
Tabela 260: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para malha de nível.	183
Tabela 261: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Biorthogonal Spline</i> para malha de nível.	184
Tabela 262: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para a malha de nível.....	184
Tabela 263: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para a malha de nível.....	185
Tabela 264: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para a malha de nível.....	185
Tabela 265: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Reverse Biorthogonal</i> para a malha de nível.....	186

Tabela 266: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de nível.....	186
Tabela 267: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de nível.....	187
Tabela 268: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de nível.....	187
Tabela 269: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro <i>Wavelet Fejer-Korovkin</i> para a malha de nível.....	188

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Operadores e notação

$\max(\cdot)$: valor máximo;

$\min(\cdot)$: valor mínimo;

$\mathbb{N}$: conjunto de números naturais;

q : operador de deslocamento, $q^{-1}y(k) = y(k - 1)$;

s : operador matemático em tempo contínuo, $s = j\omega$;

z : operador matemático em tempo discreto, $z = e^{j\omega T}$;

∇ : operador gradiente;

$\hat{\theta}$: estimativa de θ .

Símbolos gerais

a : fator de escala da Transformada *Wavelet*;

A_s : faixa de ondulações na faixa de rejeição [dB];

$A(q)$, $B(q)$, $C(q)$, $D(q)$ e $F(q)$, respectivamente;

b : fator de deslocamento temporal da Transformada *Wavelet*;

$a(k)$ e $b(k)$ representam os coeficientes do filtro;

$\tilde{c}_{j,k}$: coeficientes da Transformada *Wavelet*;

$C_N\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$: polinomial de Chebyshev;

$e(t)$: perturbações não-medidas e ruído;

f : frequência [Hz];

f_c : frequência de corte [Hz];

$f(t)$: função contínua a ser analisada;

fit : índice de ajuste do modelo $\mathcal{M}(\theta)$;

fit_G : índice de ganho médio de fit ;

$H(e^{j\omega T})$: resposta em frequência do filtro;

$H_D(e^{j\omega T})$: resposta em frequência do filtro ideal;

I_0 : função de Bessel de grau zero modificada;
 IQ_n : índice quantitativo normalizado;
 LL : relação entre a magnitude do lóbulo principal e do lóbulo lateral;
 $L(q)$: filtro linear estável;
 $\mathcal{M}(\theta)$: Modelo;
 n_a, n_b, n_c, n_d e n_f : ordens dos polinômios;
 n_k : tempo morto do modelo $\mathcal{M}(\theta)$;
 N : comprimento ou ordem do filtro;
 N : ordem do filtro;
 R_p : máximo *ripple* na faixa de passagem [dB];
 R_s : mínima atenuação na faixa de rejeição;
 T_s : período de amostragem;
 $u(t)$: sinal de entrada;
 $V_N(\hat{\theta})$: função custo;
 $V_n(n)$: vetor de dados normalizados;
 $X_n(n)$: o vetor de dados;
 $y(t)$: sinal de saída;
 $\hat{y}(t)$: predição de $y(t)$;
 $\hat{y}(t_{t-1}; \hat{\theta}^*)$: predição de $y(t)$ um passo à frente;
 $W(e^{j\omega T})$: função janela;
 α : atenuação entre o nível do lóbulo principal e o nível do lóbulo lateral;
 β : parâmetro de controle da mínima atenuação na faixa de rejeição;
 δ : desvio obtido quando se utiliza determinada janela;
 ε : *ripple* na banda de passagem;
 $\varepsilon(t)$: erro de predição;
 $\Psi_{a,b}(t)$: função *Wavelet*;
 μ : média do vetor de dados X_n ;

μ_{fit} : médias dos índices de ajustes

$\Delta\omega_t$: faixa de transição entre a frequência de passagem e a frequência de rejeição;

ω : frequência [rad/s];

$\omega(n)$: função de janelamento;

ω_0 : frequência de corte;

ω_p : frequência de passagem;

ω_s : frequência de rejeição;

τ : constante de tempo.

Simbologia e abreviações

ARMAX (do Inglês *AutoRegressive Moving Average with eXogenous inputs*);

ARX (do Inglês *AutoRegressive with eXogenous inputs*);

BJ estrutura Box Jenkins;

dB: decibels;

DSP: Processamento Digital de Sinais (do Inglês *Digital Signal Processing*);

DTF: transformada discreta de Fourier (do Inglês *discrete Fourier transform*);

DTFT: transformada de Fourier de tempo discreto (do Inglês *discrete time Fourier transform*);

FIR: resposta finita ao impulso (*finite impulse response*);

GBN: sinal binário generalizado (*generalized binary signal*);

HCl: ácido clorídrico;

IDTF: inversa da transformada discreta de Fourier (*inverse discrete Fourier transform*);

IIR: resposta infinita ao impulso (do Inglês *infinite impulse response*);

LIT: sistema linear invariante no tempo (*linear time-invariant*);

MIMO: sistema com múltiplas entradas e múltiplas saídas (*multiple inputs and multiple outputs*);

OE (do Inglês *Output Error*);

P&ID: diagrama de tubulação e instrumentação (*piping and instrumentation diagram*);

SISO: sistema com uma única entrada e uma única saída (*single input and singleoutput*);

SNR: Razão Sinal-Ruído (do Inglês, *Signal-to-Noise Ratio*);

SPD: semiplano direito;

SPE: semiplano esquerdo;

TAP: tanque de ácido principal;

TAPI: tanque intermediário para armazenar a solução ácida de HCl;

TBB: tanque para preparação da solução de base de hidróxido de sódio (NaOH);

TD: tanque de água destilada;

TF: tanque de água filtrada;

TR: tanque reator.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 <i>Motivação .....</i>	2
1.2 <i>Objetivos .....</i>	2
1.3 <i>Justificativa.....</i>	2
1.4 <i>Estrutura do trabalho .....</i>	2
 Capítulo 2 - Filtros Digitais e Normalização	4
2.1 <i>Introdução aos Filtros Digitais .....</i>	4
2.1.1. Filtro Ideal	5
2.1.2. Filtro passa-baixas ideal.....	6
2.1.3. Especificação de desempenho	7
2.1.4. Filtros de resposta ao impulso.....	9
2.1.4.1. Filtros FIR	9
a) Janela Retangular	12
b) Janela de Hamming	13
c) Janela Gaussiana (ou de Weierstrass).....	14
d) Janela de Tukey (ou janela Cosseno-Cônica).....	15
e) Janela de Dolph-Chebyshev.....	17
f) Janela de Kaiser.....	19
2.1.4.2. Filtros IIR	21
a) Filtro Butterworth	23
b) Filtro de Chebyshev	23
- Filtro de Chebyshev do tipo I.....	24
- Filtro de Chebyshev do tipo II	25
c) Filtro Elíptico	26
<i>Normalização.....</i>	26
 Capítulo 3 - Transformadas <i>Wavelet</i>	28
3.1 <i>A Transformada de Fourier .....</i>	29
3.1.1. A Transformada Discreta de Fourier	29
3.1.2. Transformada de Fourier de Tempo-Curto	30
3.1.3. Transformada de Fourier de Tempo-Curto Discreta	32
3.2 <i>A Transformada Wavelet.....</i>	33
3.2.1 Transformada <i>Wavelet</i> contínua	35

3.2.2	Transformada <i>Wavelet</i> Discreta	36
3.2.3	Banco de Filtros.....	37
3.2.4	<i>Wavelet</i> mãe.....	39
3.2.5	Famílias de <i>Wavelets</i>	40
Capítulo 4 - Identificação de Sistemas.....		45
4.1	<i>Procedimento para Identificação de Sistemas</i>	46
4.1.1	Experimento de coleta de dados de entrada e saída	47
4.1.2	Pré-processamento de dados	47
4.1.3	Estrutura do Modelo $\mathcal{M}\theta$	48
4.1.3.1	Estrutura de modelo ARX.....	49
4.1.3.2	Estrutura de modelo ARMAX	50
4.1.3.3	Estrutura de modelo OE.....	51
4.1.3.4	Modelo BJ (<i>Box Jenkins</i>).....	51
4.1.4	Estimação dos parâmetros θ do modelo	52
4.1.5	Validação do modelo.....	55
4.1.5.1	Autovalidação.....	55
4.1.5.2	Validação Cruzada	55
Capítulo 5 – Metodologia		57
5.1	Planta Piloto de Neutralização de pH	57
5.2	Sistema Shell Benchmark	60
5.3	Filtragem dos sinais e identificação dos modelos	63
Capítulo 6 – Resultados		68
6.1	Resultados do sistema real.....	68
6.2	Resultados do sistema simulado	78
Capítulo 7 – Conclusão		83
Referências Bibliográficas		85
Apêndice A - Tabelas de Resultados.....		87

Capítulo 1 – Introdução

Os processos industriais estão em constante evolução para garantir o melhor desempenho possível dos sistemas de produção. Neste sentido, o controle de um processo industrial é muito importante, pois afeta diretamente a qualidade do produto, o tempo e o custo de produção. Uma forma de desenvolver um sistema de controle é se basear em um modelo matemático que represente, de forma aproximada, um determinado processo industrial.

A capacidade do modelo de representar o sistema real depende do conhecimento de sua dinâmica por leis da Física, que o descrevam na forma de equações matemáticas (modelos caixa branca), porém, para alguns sistemas é inviável descrever seu comportamento por tais leis. Uma alternativa para a modelagem deste tipo de sistema é a partir de dados experimentais, conhecida como Identificação de Sistemas, que tenta reproduzir seu comportamento em torno de um determinado ponto de operação (modelo caixa preta).

Plantas industriais apresentam perturbações e ruído de medição incorporados aos dados experimentais, sendo assim, obtenção de um modelo estimado da planta que represente sua dinâmica depende da qualidade destes dados.

Embora a filtragem dos dados usados em Identificação de Sistemas seja uma etapa muito importante para garantir a confiabilidade do modelo, este é um tema pouco abordado e muitas vezes negligenciado na bibliografia dedicada à Identificação de Sistemas e as técnicas de filtragem utilizadas atualmente para este tipo de aplicação é baseada na resposta em frequência do sinal (filtros IIR e FIR), porém, devido às próprias características do sinal de excitação, que em geral são do tipo GBN e PRBS, (não estacionário) estes filtros podem remover elementos importantes do espectro do sinal de saída ocasionados perda da capacidade do modelo de representar o processo.

A Transformada *Wavelet* possibilita a decomposição do espectro da frequência de sinais não estacionários e esta é uma grande vantagem na filtragem de dados para Identificação de Sistemas, removendo o ruído e preservando as componentes relevantes do sinal, assim, esta técnica destaca-se como uma ferramenta valiosa na identificação de sistemas.

Neste trabalho, é feita a identificação de uma planta piloto de neutralização de pH (JULIANI, 2011). No estudo proposto, além do pH, estima-se também o nível de água no reator de neutralização. Uma segunda etapa do estudo dedica-se à identificação do sistema simulado MIMO, Shell Benchmark que compõe o simulador "Poli-Sim, 2020" (Minerva Controls & Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), onde a variável de interesse é a pressão.

1.1 Motivação

A modelagem processos industriais usando Identificação de Sistemas é uma técnica bem consolidada e cada ano diversos estudos aplicados à área de controle contribuem para embasar as vantagens desta técnica para obtenção de modelos confiáveis dos processos, porém, um tema muito importante na estimação de modelos é pouco abordado, o qual se refere ao tratamento dos dados usados na identificação destes processos e as técnicas de filtragem utilizadas atualmente são pouco eficazes para esta aplicação. A Transformada *Wavelet* destaca-se pela capacidade de decompor sinais no domínio da frequência e do tempo, possibilitando uma distinção clara das componentes harmonicas do sinal e do ruído e esta é uma característica é desejável na filtragem de dados usados em Identificação de Sistemas.

1.2 Objetivos

Este trabalho visa aplicar e analisar técnicas de filtragem de sinais na pré-identificação de um sistema real e outro simulado, além de realizar a implementação no software MATLAB R2016a. Os métodos de filtragem empregados para tal são: os filtros de resposta ao impulso (FIR e IIR) e os filtros usando Transformada *Wavelet*. A identificação das malhas de pH, de nível (do sistema real) e de pressão (do sistema simulado) é feita através da aplicação das estruturas ARX, ARMAX, OE e BJ com diferentes ordens e os modelos resultantes são comparados para cada filtro estudado.

1.3 Justificativa

A Identificação de Sistemas é um método de natureza empírica e embora seja uma técnica bem fundamentada e difundida, a qualidade e confiabilidade do modelo estimado do sistema depende da qualidade dos dados coletados da planta. Neste sentido, torna-se necessário o pré-processamento dos dados das variáveis a serem usadas na identificação do sistema para reduzir os efeitos de imperfeições inerentes aos sinais medidos.

1.4 Estrutura do trabalho

O Capítulo 2 apresenta a teoria das Transformadas *Wavelet* e a aplicação desta técnica na análise e filtragem de sinais. No Capítulo 3 realiza-se um estudo dos filtros de resposta ao impulso IIR e FIR utilizados neste trabalho e também apresenta uma breve explanação das técnicas de normalização de dados. O Capítulo 4 trata do estudo dos procedimentos para identificação de sistemas, em que são descritas as estruturas de modelo utilizadas neste trabalho, os métodos de estimação de parâmetros e a forma de validar os modelos. O Capítulo 5

apresenta a metodologia e todas as ferramentas do software MATLAB aplicadas neste trabalho, incluindo o fluxograma do algoritmo usado na avaliação dos métodos de filtragem estudados e principais funções. No Capítulo 6 são apresentados os resultados da implementação do algoritmo descrito no Capítulo 5 para a comparação dos métodos de filtragem. Esta comparação é feita com base no índice *fit* de cada um dos modelos estudados para diferentes ordens de modelo de cada estrutura. O Capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho com base nos resultados do capítulo anterior.

Capítulo 2 - Filtros Digitais e Normalização

2.1 Introdução aos Filtros Digitais

A filtragem digital é uma das ferramentas mais importantes do Processamento Digital de Sinais (PDS), usada na separação ou recuperação de sinais, eliminação ou redução de ruídos associados a sinais espúrios de componentes passivos, como sensores. Com esta ferramenta, é possível realizar a filtragem de um sinal amostrado, através de operações matemáticas para atender as especificações de desempenho desejadas, que seriam inviáveis usando um filtro analógico. Além disso, as especificações de um filtro digital podem ser alteradas facilmente, simplesmente via software, segundo as necessidades do projeto e, por isto, são amplamente usados em aplicações como: enriquecimento de sinais, equalizadores gráficos em sistemas de áudio e na área de comunicações, como cancelamento de eco em modems e de ruído, reconhecimento de fala e em muitas outras aplicações de Engenharia Elétrica e sistemas industriais. Em um contexto mais amplo, define-se um filtro como um dispositivo que altera as componentes de frequência de um sinal aplicado em sua entrada.

Há três modos de representar um filtro digital: pela resposta ao impulso, pela resposta ao degrau ou pela resposta em frequência e cada uma delas fornece informações completas sobre o filtro, porém de diferentes formas. Assim, se tivermos à mão uma destas representações, é possível obter as outras e todas elas são importantes para descrever o comportamento do filtro em condições distintas (KESTER, 2002; RODRÍGUEZ, 2014).

O método de projeto de filtros digitais usado neste trabalho é o da aproximação, que consiste em definir os termos de uma função de transferência $H(z)$ dada na Equação (2.1).

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_{N-1} z^{-(N-1)}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_M z^{-M}} \quad (2.1)$$

onde $N - 1$ é o grau do polinômio do numerador; M é o grau do polinômio do denominador; $b_0, b_1, b_2, \dots, b_{N-1}$ e $a_1, a_2, \dots, a_M$ são os coeficientes da função de transferência $H(z)$.

No método de aproximação, visa-se encontrar a resposta em frequência que se aproxime de uma resposta ideal (no caso dos filtros FIR) ou da resposta de um filtro analógico (no caso dos filtros IIR), segundo as especificações de desempenho desejadas e esta aproximação é feita usando a resposta em frequência (ANTONIOU, 2005; RODRÍGUEZ, 2014). O método de projeto por aproximação da resposta em frequência consta das seguintes etapas:

- 1) Escolher uma resposta ideal $H_D(e^{j\omega T})$ (FIR) ou desejada (IIR) do filtro no domínio da frequência;
- 2) Escolher as especificações de desempenho desejadas;

- 3) Escolher o tipo do filtro que melhor se aplique ao sinal (IIR ou FIR) e o comprimento (FIR) ou ordem (IIR) do filtro;
- 4) Escolher um algoritmo para estimar os parâmetros do filtro; e
- 5) Escolher um método de validação que permita medir a qualidade do filtro.

2.1.1. Filtro Ideal

Por definição, um filtro ideal exibe as características de transmissão sem nenhuma distorção do sinal ao longo de uma ou mais bandas especificadas e resposta nula a todas as demais frequências. Os filtros digitais, assim como os filtros analógicos, podem ser classificados pela região em que atuam no domínio da frequência em:

a) Filtro Passa-Baixas (FPB):

$$|H_D(e^{j\omega T})| = \begin{cases} 1, & \text{para } |\omega| \leq \omega_c \\ 0, & \text{para } \omega_c < |\omega| < \pi \end{cases} \quad (2.2)$$

Figura 1: Resposta em frequência de Filtro Passa-Baixas ideal.

Fonte: MADISETTI (2009).

b) Filtro Passa-Altas (FPA):

$$|H_D(e^{j\omega T})| = \begin{cases} 0, & \text{para } |\omega| \leq \omega_c \\ 1, & \text{para } \omega_c < |\omega| < \pi \end{cases} \quad (2.3)$$

Figura 2: Resposta em frequência de Filtro Passa-Altas ideal.

Fonte: MADISETTI (2009).

c) Filtro Passa-Faixa (FPF):

$$H_L(e^{j\omega T}) = \begin{cases} 0, & \text{para } 0 \leq |\omega| \leq \omega_{c1} \\ 1, & \text{para } \omega_{c1} \leq |\omega| \leq \omega_{c2} \\ 0, & \text{para } \omega_{c2} \leq |\omega| \leq \pi \end{cases} \quad (2.4)$$

Figura 3: Resposta em frequência de Filtro Passa-Faixa ideal.

d) Filtro Rejeita-Faixas (FRF):

$$H_L(e^{j\omega T}) = \begin{cases} 1, & \text{para } 0 \leq |\omega| \leq \omega_{c1} \\ 0, & \text{para } \omega_{c1} \leq |\omega| \leq \omega_{c2} \\ 1, & \text{para } \omega_{c2} \leq |\omega| < \pi \end{cases} \quad (2.5)$$

Figura 4: Resposta em frequência de Filtro Rejeita-Faixas ideal.

2.1.2. Filtro passa-baixas ideal

Este trabalho dedica especial atenção ao estudo de filtros passa-baixas (FPB), devido às características do sinal em análise. Na Figura 2 se representa graficamente a resposta em frequência de um filtro passa-baixas ideal com fase zero. Sua resposta em frequência é definida pela Equação (2.6):

$$H_D(e^{j\omega T}) = \begin{cases} 1, & |\omega| < \omega_c \\ 0, & \omega_c < |\omega| < \pi \end{cases} \quad (2.6)$$

onde ω_c é a frequência de corte.

Um filtro ideal também pode ser representado por sua função de transferência com número infinito de coeficientes $h(n)$ conforme:

$$H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)z^{-n} \quad (2.7)$$

ou ainda, por sua resposta em frequência $H(e^{j\omega})$, uma representação em Série de Fourier de $H_D(\omega)$:

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)e^{-j\omega n} \quad (2.8)$$

A resposta impulsiva do filtro ideal pode ser calculada a partir da transformada inversa de Fourier no tempo discreto (IDTFT) de $H(e^{j\omega})$.

$$h(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H(e^{j\omega}) e^{-j\omega n} d\omega \quad (2.9)$$

Verifica-se pela Equação (2.8) que a resposta em frequência de um filtro é periódica no domínio da frequência ω , com um período de 2π e portanto, o projeto do filtro é modelado em um intervalo de $[-\pi; \pi]$.

2.1.3. Especificação de desempenho

Na prática, o projeto de um filtro ideal é impossível e as transições entre as bandas de passagem e de corte são mais suaves, portanto, não existem apenas duas regiões importantes do espectro de frequências no projeto de filtros digitais e sim três:

- Banda de passagem: as frequências que devem passar inalteradas;
- Banda de rejeição: as frequências que devem ser eliminadas na saída do filtro; e
- Banda de transição: corresponde à região entre as duas anteriores.

As três bandas são apresentadas graficamente na Figura 5.

Figura 5: Regiões importantes no domínio da frequência de um filtro.

Fonte: OPPENHEIM e SCHAFER (1999).

Ao projetar filtros digitais, as especificações de desempenho são dadas ou no domínio da frequência pela especificação da resposta em frequência desejada $H_D(e^{j\omega})$, no domínio do tempo, pela resposta ao impulso $h(n)$ ou pela função de transferência $H(z)$. Destaca-se que para especificações no domínio da frequência, a resposta desejada $H_D(e^{j\omega})$ é em geral uma variável complexa, que mostra a amplitude da resposta desejada $|H_D(e^{j\omega})|$ e da resposta em fase $H_D(e^{j\omega})$ (ANTONIOU, 2005; OPPENHEIM e SCHAFER, 1999). Este trabalho foca em aproximar a resposta ideal, segundo certas especificações de desempenho.

A resposta em frequência de um filtro digital é sempre periódica no domínio da frequência ω com período 2π e as especificações do filtro precisam ser definidas apenas para um período, geralmente na região do espectro de frequência $[-\pi, \pi]$. Além disso, quando a resposta em frequência é conjugada simétrica, $H_D(e^{j\omega}) = H_D^*(e^{j\omega})$, então é suficiente

especificar a resposta apenas no intervalo próximo da frequência $[0, \pi]$ (KESTER, 2002; ANTONIOU, 2005; RODRÍGUEZ, 2014). Este caso conjugado-simétrico da resposta em frequência é o mais próximo, já que ele corresponde a filtros digitais com coeficientes reais. Neste trabalho são abordados filtros digitais apenas com coeficientes reais.

Outros parâmetros importantes no projeto de filtros digitais são descritos a seguir:

- *Roll off*: um *roll off* rápido significa que a banda de transição é estreita. Desta forma, esta é uma condição necessária para separar sinais com frequências muito próximas;
- *Ripple* na banda de passagem: é importante que seja baixo (o menor possível), para que as frequências nesta região passem inalteradas;
- Atenuação da banda de rejeição: deve ser alta (o maior possível) para realmente eliminar as frequências indesejadas e pode ser calculado (em dB) pela seguinte equação:

$$dB = 20 \log \left(\frac{A_o(f)}{A_i(f)} \right) \quad (2.10)$$

onde $A_i(f)$ é a amplitude do sinal em uma frequência particular f antes de ser filtrado e $A_o(f)$ é a amplitude do sinal em uma frequência particular f após ser filtrado.

Fonte: OPPENHEIM e SCHAFER (1999).

A Figura 6 exibe a resposta em frequência de um filtro passa baixas não ideal em que:

$\Delta\omega = |\omega_s - \omega_p|$: largura da faixa de transição;

R_p : Máximo *ripple* na faixa de passagem;

R_s : Mínima atenuação na faixa de rejeição;

LL : Relação entre a magnitude do lóbulo principal e do lóbulo lateral; e

δ : Desvio obtido quando se utiliza determinada janela.

A frequência de corte ω_c divide a banda de passagem e a banda de transição. Em filtros digitais, corresponde ao ponto em que a amplitude é reduzida de 0,707 (i.e. -3dB).

Embora as especificações desejadas da resposta em frequência possam ser aproximadas com qualquer tipo de filtro, decidir o tipo de filtro a usar depende de muitos fatores, incluindo o *hardware* de execução, bem como a magnitude e características de fase resultante do filtro.

2.1.4. Filtros de resposta ao impulso

Como visto anteriormente, os filtros digitais podem ser classificados no domínio do tempo por sua resposta ao impulso $h(n)$, assim como podem ser caracterizados no domínio da frequência, por sua resposta em frequência $H(e^{j\omega})$. Os filtros digitais de resposta ao impulso são classificados quanto ao comprimento da sua resposta ao impulso como:

- Filtros não-recursivos: FIR (que apresenta resposta de duração finita ao impulso); e
- Filtros recursivos: IIR (que apresenta resposta infinita ao impulso).

As técnicas de projeto de filtros digitais apresentadas neste capítulo são baseadas na aproximação das características ideais da resposta em frequência ou em projetos clássicos de filtros analógicos. São abordadas diversas técnicas de projeto de filtros IIR (filtros com resposta ao impulso infinita) e de filtros FIR (filtros com resposta ao impulso finita). O método de filtragem deve ser escolhido segundo as características da aplicação. Portanto, deve-se escolher o método (IIR ou FIR) que melhor se encaixe nas características desejadas, de acordo com as especificações do projeto em termos de respostas de amplitude e de fase. O projeto consiste em encontrar os coeficientes de um filtro IIR ou FIR que melhor aproximem as especificações desejadas (KESTER, 2002; ANTONIOU, 2005).

Os filtros FIR em geral são usados quando as especificações de projeto exigem um filtro com fase linear, já os filtros IIR são muito úteis, pois apresentam menores lóbulos laterais na banda de atenuação e as características desejadas são obtidas com um número menor de coeficientes, reduzindo o esforço computacional. Nos próximos itens são descritas as principais características dos filtros FIR e IIR.

2.1.4.1. Filtros FIR

Os filtros FIR só adicionam zeros ao sistema, portanto, são estáveis, embora o comprimento do filtro seja muito maior, exigindo grande esforço computacional. A saída dos filtros FIR pode ser calculada usando:

$$y[n] = \sum_{k=0}^{N-1} h[k]x[n-k] \quad (2.11)$$

A função de transferência dos filtros FIR é dada por:

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} b(k)z^{-k} \quad (2.12)$$

onde b representa os coeficientes do filtro.

Discute-se, a seguir, o projeto por aproximação com funções de janela. Uma função de janela é uma função matemática, cujo valor é zero fora de algum intervalo escolhido. O exemplo mais simples deste tipo de função é a janela retangular, a qual é constante dentro do intervalo no domínio da frequência e zero no resto, característica esta que descreve a forma de sua representação gráfica (vide Figura 7).

Como o comprimento de $h_D(n)$ é infinito, é preciso encontrar uma aproximação FIR para $H_D(e^{j\omega})$. O janelamento é um método de projetar filtros digitais que realizem o truncamento, em ambos os lados, de um filtro ideal $h_D(n)$ (POULARIKAS, 1999). O filtro projetado $h(n)$ é definido na Equação (2.13):

$$h(n) = h_D(n)w(n) \quad (2.13)$$

onde $h(n)$ é o filtro projetado e $w(n)$ é a função de janela.

O projeto consiste em aproximar a resposta impulsiva de um filtro ideal $h_D(n)$ por uma resposta de duração finita. No domínio da frequência, a resposta do filtro real $H(e^{j\omega T})$, definido pelas especificações de projeto é representada matematicamente pela convolução de $H_D(e^{j\omega})$ com a janela $W(e^{j\omega T})$, definida na Equação (2.14):

$$H(e^{j\omega}) = H_D(e^{j\omega}) \odot W(e^{j\omega}) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H_D(e^{j\theta}) W(e^{j(\omega-\theta)}) d\theta \quad (2.14)$$

cujas representações gráficas são apresentadas na Figura 8.

A resposta em frequência da convolução periódica resulta em uma versão distorcida da resposta em frequência do filtro ideal e seu efeito são mudanças no espectro original. Este efeito é intitulado vazamento espectral (*spectral leakage*) e depende do formato e do comprimento da janela $w(n)$ (ANTONIOU, 2005; RODRÍGUEZ, 2014). A Figura 8 apresenta o efeito desta convolução periódica no domínio da frequência.

Figura 8: Efeito do janelamento no domínio da frequência.

Fonte: OPPENHEIM e SCHAFFER, (1999).

A largura da faixa de transição de $H(e^{j\omega T})$ é proporcional à largura do lóbulo principal de $W(e^{j\omega T})$ (Figura 9), portanto proporcional a $1/N$. Os lóbulos laterais de $W(e^{j\omega T})$ geram ondulações (*ripples*) similares nas bandas de passagem e de rejeição (POULARIKAS, 1999; OPPENHEIM e SCHAFFER, 1999).

Figura 9: Relação entre a largura do lóbulo principal e a banda de transição.

Fonte: OPPENHEIM, SCHAFFER, (1999).

O espalhamento espectral é um fenômeno indesejável decorrente do janelamento, em que a energia do sinal que deveria estar concentrada em uma única frequência do espectro, se espalha por todas as faixas de frequências, devido às descontinuidades presentes nos extremos da banda de passagem do filtro, gerando distorção no espectro original do sinal ou ainda mascarando outras componentes do sinal. Quando se aumenta o número de coeficientes do filtro, ou seja, $N \rightarrow \infty$, o nível de oscilação se reduz a zero, exceto na região de descontinuidade, em que

surge uma oscilação aproximada de 11% da amplitude da descontinuidade. Este efeito é conhecido como fenômeno de Gibbs. O aumento do comprimento do filtro ($N \rightarrow \infty$) também diminui a banda de transição e a resposta em frequência de $H(e^{j\omega T})$ será igual à resposta em frequência do filtro ideal desejado $H_D(e^{j\omega T})$, porém, também aumenta o esforço computacional, o que torna o projeto inviável. O fenômeno de Gibbs é outro efeito espúrio do janelamento, que é a oscilação acentuada que surge nos pontos de descontinuidade, como visto na Figura 10. Isto ocorre pela dificuldade de aproximar funções descontínuas por séries finitas de ondas senoidais e cossenoidais (PROAKIS e MANOLAKIS, 2007).

Fonte: POULARIKAS (1999).

As ondulações na banda de passagem também podem ser reduzidas se os lóbulos laterais de $W(e^{j\omega T})$ tiverem um decaimento acentuado, porém, isto leva a um aumento da largura do lóbulo principal e também da largura da banda de transição de $H(e^{j\omega T})$, como visto na Figura 9. Assim, pode-se reduzir as ondulações em detrimento da largura da banda de transição, mas deve haver um compromisso entre a largura do lóbulo principal e a altura relativa dos lóbulos secundários. Algumas funções de janela têm um parâmetro ajustável para controle deste compromisso (KESTER, 2002; ANTONIOU, 2005; RODRÍGUEZ, 2014).

Para garantir o compromisso entre largura da banda de transição e *ripple* da resposta em frequência com o mínimo esforço computacional, foram desenvolvidos diversos tipos de janelas $w(n)$ e a escolha desta função tem influência direta na resposta em frequência do filtro $H(e^{j\omega T})$. A seguir, são apresentadas as funções de janela empregadas neste trabalho:

- Janela Retangular;
- Janelas de Hamming;
- Janela Gaussiana;
- Janela de Tukey;
- Janela de Dolph-Chebyshev;
- Janela de Kaiser.

a) Janela Retangular

A janela retangular representa a mais simples forma de truncamento da resposta ao impulso do filtro ideal. Sua função apresenta o primeiro lóbulo lateral aproximadamente a 13 dB abaixo do lóbulo principal e o *rolloff* é de 6 dB por oitava. Matematicamente, uma janela retangular de tamanho N pode ser definida pela equação:

$$w_R(n) = \begin{cases} 1 & \text{para } |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0 & \text{para todo o resto} \end{cases} \quad (2.15)$$

A janela retangular é muito útil para analisar transientes com uma duração menor do que a da janela em análise, mas, das técnicas de janelamento é a que tem o maior volume de perda espectral. Uma janela retangular com $N = 50$ e sua resposta em frequência é vista na Figura 11.

Figura 11: Janela retangular com $N=50$ com *leakage factor* de 9,25%, atenuação do lóbulo lateral de -13,3dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,035156.

Fonte: do Autor.

Na Figura 11 nota-se que os lóbulos laterais são altos (-13,3 dB de atenuação), em decorrência da descontinuidade. Este comportamento próximo da descontinuidade é chamado de fenômeno de Gibbs. É este fenômeno oscilatório que se está tentando controlar com o uso de outras janelas (POULARIKAS, 1999; ANTONIOU, 2005).

b) Janela de Hamming

A janela de Hamming pode ser considerada uma versão alterada da janela Retangular. Pode-se construir uma janela ajustando o tamanho relativo do núcleo da transformada para obter uma forma de cancelamento mais desejável, a partir da Equação (2.16).

$$w_H(n) = \begin{cases} \alpha + (1 - \alpha) \cos\left(\frac{2\pi}{N}n\right) & \text{para } |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0 & \text{para todo o resto} \end{cases} \quad (2.16)$$

Para este tipo de janela, o cancelamento perfeito do primeiro lóbulo lateral ocorre quando $\alpha = 25/46$ (POULARIKAS, 1999). Ajustando $\alpha = 0,54$ como uma aproximação, obtém-se uma melhora acentuada no nível do lóbulo lateral. Para esse valor de α , a janela é chamada de janela de Hamming e é definida por:

$$w_H(n) = \begin{cases} 0,54 + 0,46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) & \text{para } |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0 & \text{para todo o resto} \end{cases} \quad (2.17)$$

Para esta janela, o maior lóbulo secundário está aproximadamente a -43 dB e o *rolloff* é de 6 dB por oitava. A janela de Hamming e sua respectiva resposta em frequência para $N=50$ é mostrada na Figura 12. O melhor cancelamento do lóbulo lateral resulta em um nível inicialmente mais baixo de 42 dB para o lóbulo lateral (ANTONIOU, 2005).

Figura 12: Janela de Hamming - *leakage factor* de 0,04%, atenuação do lóbulo lateral de -42,3 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,050781.

Fonte: do Autor.

c) Janela Gaussiana (ou de Weierstrass)

A janela Gaussiana é definida por:

$$w(n) = e^{\left[-\alpha \frac{1}{2} \left[\frac{n}{N/2}\right]^2\right]} \quad (2.18)$$

Ela é ajustada pelo termo α . O aumento de α diminui a largura da janela e reduz a distorção da descontinuidade nos limites, gerando um aumento da largura do lóbulo principal da transformação e redução dos lóbulos secundários (POULARIKAS, 1999). As janelas gaussianas com $N = 50$ para valores de α iguais a 2; 2,5; 3; 4 e 5 são vistas nas Figuras 13 a 17.

Figura 13: Janela gaussiana com $\alpha=2$, *leakage factor* de 0,15%, atenuação do lóbulo lateral de -32,5 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,046875.

Fonte: do Autor.

Figura 14: Janela gaussiana com $\alpha=2,5$, *leakage factor* de 0,01%, atenuação do lóbulo lateral de -44,3 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,054688.

Fonte: do Autor.

Figura 15: Janela gaussiana com $\alpha=3$, *leakage factor* de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -57,5 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,0625.

Fonte: do Autor.

Figura 16: Janela gaussiana com $\alpha=4$, *leakage factor* de 0,9%, atenuação do lóbulo lateral de -90,1 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,085938.

Fonte: do Autor.

Figura 17: Janela gaussiana com $\alpha=5$, *leakage factor* de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -133,2 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,10547.

Fonte: do Autor.

Nota-se uma taxa de queda acentuada do nível do lóbulo lateral na troca de nível do lóbulo principal para o lóbulo lateral e redução da largura do lóbulo principal conforme se aumenta o valor de α (HARRIS, 1978; POULARIKAS, 1999). Ao se usar o pulso gaussiano como janela, tem-se que truncar ou descartar as caudas. Ao restringir o pulso a um comprimento finito, a janela não é mais o valor mínimo tempo/largura de banda.

d) Janela de Tukey (ou janela Cosseno-Cônica)

A janela de Tukey, também chamada de janela cosseno-cônica, pode ser vista como um lóbulo de cosseno com largura de $(\alpha/2)N$ convoluído com uma janela retangular de largura $(1 - \alpha/2)N$ e a transformação resultante é o produto das duas transformações correspondentes, sendo definida por:

$$w(n) = \begin{cases} 1 & \text{para } 0 \leq n \leq \alpha \frac{N}{2} \\ \frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\pi \left(\frac{n - \alpha \frac{N}{2}}{N(1 - \alpha)} \right) \right) \right] & \text{para } \alpha \frac{N}{2} < n \leq \frac{N}{2} \end{cases} \quad (2.19)$$

As janelas de Tukey e suas respostas em frequência para $N = 50$ e valores de α igual a 0,25; 0,50; 0,75 e 1 são apresentadas nas Figuras 18 a 21.

Figura 18: Janela de Tukey com $\alpha=0,25$, *leakage factor* de 6,49%, atenuação do lóbulo lateral de -13,6 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,039063.

Fonte: do Autor.

Figura 19: Janela de Tukey com $\alpha=0,5$, *leakage factor* de 3,61% atenuação do lóbulo lateral de -15,1 dB largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.

Fonte: do Autor.

Figura 20: Janela de Tukey com $\alpha=0,75$, *leakage factor* de 1,15%, atenuação do lóbulo lateral de -19,4 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.

Fonte: do Autor.

Figura 21: Janela de Tukey com $\alpha=1$, *leakage factor* de 0,05%, atenuação do lóbulo lateral de -15,1 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.

Fonte: do Autor.

Esta família de janelas exibe um padrão confuso de amplitudes dos lóbulos laterais, decorrente do produto das duas transformações de componentes. A janela de Tukey evolui da janela retangular para a janela de Hamming quando o parâmetro α varia de 0 a 1 (HARRIS, 1978; POULARIKAS, 1999).

e) Janela de Dolph-Chebyshev

A janela de Dolph-Chebyshev é construída usando os polinômios de Chebyshev e foi usada pela primeira vez por Dolph (1946), para projetar uma antena de rádio com propriedades direcionais ótimas (HARRIS, 1978; LYNCH, 1996), em que se visava encontrar uma janela com duração finita conhecida e com largura de banda estreita. A solução para a largura mínima do lóbulo principal para um nível de lóbulo lateral dado corresponde à janela de Dolph-Chebyshev, que é definida pela seguinte equação:

$$W(k) = (-1)^k \frac{\cos \left[N \cos^{-1} \left[\beta \cos \left(\pi \frac{k}{N} \right) \right] \right]}{\cosh \{ N \cosh^{-1}(\beta) \}}, \quad \text{para } 0 \leq |k| \leq N \quad (2.20)$$

onde:

$$\beta = \cosh \left[\frac{1}{N} \cosh^{-1}(10^\alpha) \right] \quad (2.21)$$

A janela $w(n)$ no domínio do tempo é obtida pela aplicação da Transformada Discreta de Fourier (DFT) nas amostras $W(k)$, dada por:

$$w(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W(k) e^{j \frac{2\pi k}{N} n}, \quad \text{para } n \leq \frac{N}{2} \quad (2.22)$$

O parâmetro α representa a atenuação entre o nível do lóbulo principal e o nível do lóbulo lateral. Assim, um valor de α igual a 3,0 significa lóbulos laterais 3 décadas abaixo do lóbulo principal ou lóbulos 60 dB abaixo do lóbulo principal (LYNCH, 1996; POULARIKAS, 1999). As janelas de Dolph-Chebyshev e suas respostas em frequência para $N = 50$ são vistas nas Figuras 22 a 27 para valores de α igual a 25; 50; 75; 100; 125 e 150, respectivamente.

Figura 22: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=25$, *leakage factor* de 6,51%, atenuação do lóbulo lateral de -25 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,039063.

Fonte: do Autor.

Figura 23: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=50$, *leakage factor* de 0,02%, atenuação do lóbulo lateral de -50 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,050781.

Fonte: do Autor.

Figura 24: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=75$, *leakage factor* de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -75 dB, largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,0625.

Fonte: do Autor.

Figura 25: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=100$, *leakage factor* de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -100 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,070313.

Fonte: do Autor.

Figura 26: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=125$ *leakage factor* 0% atenuação do lóbulo lateral de -125dB largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,082031.

Fonte: do Autor.

Figura 27: Janela de Dolph-Chebyshev com $\alpha=150$ *leakage factor* 0% atenuação do lóbulo lateral de -150dB largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,085938.

Fonte: do Autor.

Nota-se uma uniformidade da estrutura do lóbulo lateral, além de uma forte taxa de queda na transição do lóbulo principal para o lóbulo lateral, conforme se amplia o valor de α .

f) Janela de Kaiser

James Kaiser (1966) criou a janela de Kaiser (Kaiser-Bessel) e é uma janela flexível, pois sua forma pode ser alterada ajustando o termo β , formando um conjunto de janelas padronizadas. Assim, dependendo da aplicação, pode-se mudar a forma da janela para reduzir os efeitos espúrios do janelamento (POULARIKAS, 1999; ANTONIOU, 2005). Ela é dada por:

$$w[n] = \begin{cases} \frac{I_0\left(\beta\sqrt{1 - \left(\frac{2n}{N-1} - 1\right)^2}\right)}{I_0(\beta)}, & \text{para } 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{para todo o resto} \end{cases} \quad (2.23)$$

onde I_0 é uma função de Bessel de grau zero modificada e β controla a mínima atenuação na faixa de rejeição.

Assim como em outras janelas, a largura do lóbulo pode ser variada pelo número de coeficientes da janela N , o que também ajusta a largura da faixa de transição do filtro. É desejável que a janela tenha o máximo de energia no lóbulo principal para uma dada amplitude limite no lóbulo secundário. As funções esféricas têm esta propriedade; no entanto, a sua forma é complicada e difícil de processar. Uma aproximação bastante simples a estas funções foi criada por J. F. Kaiser (1966) em termos de funções modificadas de Bessel de ordem zero do primeiro tipo,

isto é, $Io(x)$ (POULARIKAS, 1999). As janelas de Kaiser e suas respostas em frequência para $N = 50$ são apresentadas nas Figuras 28 a 32 para valores de β igual a 2,5; 3,0; 4,0; 5,0 e 6,0, respectivamente.

Figura 28: Janela de Kaiser para $\beta=2,5$, *leakage factor* de 1,2%, atenuação do lóbulo lateral de -21,4 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,039063.

Fonte: do Autor.

Figura 29: Janela de Kaiser para $\beta=3,5$, *leakage factor* de 0,56%, atenuação do lóbulo lateral de -24,3 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,042969.

Fonte: do Autor.

Figura 30: Janela de Kaiser para $\beta=4,0$, *leakage factor* de 0,1%, atenuação do lóbulo lateral de -30,8 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,046875.

Fonte: do Autor.

Figura 31: Janela de Kaiser para $\beta=5,0$, *leakage factor* de 0,02%, atenuação do lóbulo lateral de -37,4 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,050781.

Fonte: do Autor.

Figura 32: Janela de Kaiser para $\beta=6,0$, *leakage factor* de 0%, atenuação do lóbulo lateral de -44 dB e largura do lóbulo principal (3 dB) de 0,054688.

Fonte: do Autor.

Nota-se maior atenuação do nível do lóbulo lateral e redução da largura do lóbulo principal, à medida que o valor de β aumenta.

2.1.4.2. Filtros IIR

Como citado anteriormente, os filtros IIR são filtros recursivos, ou seja, a saída no instante atual depende dos valores presente e passados da entrada e também dos valores da própria saída nos instantes passados. Eles adicionam zeros e polos ao sistema, por esta razão podem ser instáveis, no entanto, geralmente precisam de muito menos coeficientes que os filtros FIR para atender a uma mesma especificação de projeto, ou seja, menor comprimento do filtro. Um filtro de menor ordem tem menor tempo de execução, de modo que sua implantação não exige muito esforço computacional. A saída do filtro IIR é dada por:

$$y(n) = - \sum_{k=1}^N a(k)y(n-k) + \sum_{k=0}^M b(k)x(n-k) \quad (2.24)$$

A dependência das saídas passadas (recursividade) faz com que a duração da resposta seja infinita, mesmo quando cessam os sinais de entrada e por isto, seu projeto pode ser adaptado aos filtros analógicos, que também apresentam resposta ao impulso com duração infinita (PROAKIS; MANOLAKIS, 2007).

Conceitualmente, o projeto de filtros digitais IIR por aproximação não é diferente do projeto de filtros analógicos. Para o projeto de filtros analógicos, as especificações de desempenho do filtro são obtidas através de uma aproximação analítica na forma de função de transferência. Uma função de transferência estável e causal são características muito importantes do projeto de filtros IIR. Estas características podem ser obtidas fazendo com que a função de transferência em s seja uma função racional com coeficientes reais, que os polos do filtro analógico estejam na metade esquerda do plano s (SPE) e que o grau do denominador seja maior ou igual ao grau do numerador (Figura 33).

Figura 33: Região de estabilidade no plano s, semi-plano esquerdo.

Fonte: do Autor.

As principais técnicas de projeto se baseiam na transformação do filtro analógico de tempo contínuo com certas especificações de projeto em um filtro de tempo discreto, através de um mapeamento do plano s da transformada de Laplace para o plano z (Figura 34).

Figura 34: Região de estabilidade no plano z, interna ao círculo de raio unitário.

Fonte: do Autor.

A função de transferência dos filtros IIR em z é dada por:

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^M b(k)z^{-k}}{\sum_{k=1}^N a(k)z^{-k}} \quad (2.25)$$

onde a e b representam os coeficientes do filtro.

A razão de se usar filtros analógicos como base para projetar filtros digitais é que os projetos clássicos dos filtros analógicos já têm técnicas consolidadas e padronizadas para gerar projetos eficientes, além de fórmulas simples de mudança do domínio do tempo contínuo para o tempo discreto (ANTONIOU, 2005; PROAKIS; MANOLAKIS, 2007).

Há três métodos básicos para projetar filtros digitais do tipo IIR:

- aproximação das derivadas da equação diferencial;
- invariância na resposta ao impulso; e
- transformação bilinear.

O filtro digital desenvolvido através da transformação bilinear é garantidamente estável e causal. Os filtros IIR mais conhecidas na literatura são:

- Butterworth;
- Chebyshev;
- Elíptico (Cauer);
- Bessel.

Neste trabalho são vistas as aproximações de Butterworth, Chebyshev e Elíptico.

a) Filtro Butterworth

Os filtros Butterworth têm uma resposta em frequência (em módulo) plana, tanto na banda de passagem como na banda de rejeição, como visto na Figura 35. Na abordagem básica do projeto se escolhe um modelo apropriado da função de transferência $H(j\omega)$ e seu complexo conjugado $H(-j\omega)$ e, a partir do produto $H(j\omega) * H(-j\omega) = |H(j\omega)|^2$, os polos da função de transferência são avaliados (KALECHMAN, 2009). A resposta ao quadrado da magnitude de um Filtro Passa-Baixas Butterworth de ordem n é dada por:

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}} \quad (2.26)$$

Os denominadores de $H(j\omega)$ são comumente intitulados polinômio de Butterworth de ordem n . A Figura 35 ilustra a magnitude da resposta dos Filtros Passa-Baixas Butterworth normalizados para as ordens $n = 1, 2, 3, 4$ e 10 (KALECHMAN, 2009).

Figura 35: Módulo da resposta em frequência do filtro Butterworth.

Fonte: KALECHMAN, (2009).

Nota-se que à medida que a ordem n aumenta, a região da banda passante fica mais plana e a região de transição se estreita.

b) Filtro de Chebyshev

Os filtros de Chebyshev usam os polinômios de Chebyshev, criados pelo matemático russo Pafnuti Chebyshev (1821-1894). Este polinômio é definido por:

$$C_N\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right) = \begin{cases} \cos\left(N \cdot \arccos\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)\right); & 0 \leq \omega \leq \omega_0 \\ \cosh\left(N \cdot \operatorname{arccosh}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)\right); & \omega > \omega_0 \end{cases} \quad (2.27)$$

onde N é a ordem do polinômio e ω_0 é a frequência de corte.

Estes polinômios também são intitulados funções *equiripple*, pois para $\left|\frac{\omega}{\omega_0}\right| \leq 1$, eles têm um comportamento oscilatório, com amplitude constante variando entre ± 1 e para

$\left|\frac{\omega}{\omega_0}\right| > 1$ a função torna-se um cosseno hiperbólico e portanto, $C_N\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$ cresce com maior rapidez do que qualquer outro polinômio de mesma ordem N .

Estes filtros apresentam *ripple* na banda de passagem ou na banda de rejeição e o *ripple* é comumente dado em dB:

$$\text{Ripple em dB} = 20 \log \sqrt{1 + \varepsilon^2} \quad (2.28)$$

onde ε é o fator de ondulação, que controla a amplitude das ondulações da banda de passagem.

Este filtro permite um *roll-off* mais acentuado quando se aceita um *ripple* maior na banda passante, adicionando zeros no eixo $j\omega$ no plano complexo, mas isto reduz a atenuação na banda de rejeição. Esta propriedade permite minimizar o erro entre as características do filtro idealizado e o real com relação à faixa de transição do filtro (ANTONIOU, 2005).

Os filtros de Chebyshev são divididos em dois tipos: o tipo I e o tipo II.

- Filtro de Chebyshev do tipo I

O filtro de Chebyshev do tipo I exibe um comportamento oscilatório na faixa de passagem e um comportamento monotônico em frequências na banda de rejeição. A resposta em frequência quadrática de ordem n deste filtro é descrita matematicamente como:

$$|H_1(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 C_N^2\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)} \quad (2.29)$$

em que $|\varepsilon| > 1$ e $|H_1(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+\varepsilon^2}}$ é a amplificação na frequência de corte ω_0 e $C_N\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$ é um polinômio de Chebyshev, descrito anteriormente (ANTONIOU, 2005).

A Figura 36 mostra a magnitude da resposta dos Filtros Passa-Baixas Chebyshev do tipo I normalizados para as ordens $n = 1, 2, 3, 4$ e 10.

Fonte: KALECHMAN, (2009).

A função de transferência de Chebyshev do tipo 1 minimiza a diferença entre a resposta ideal e a resposta de frequência real em toda a banda de passagem, retornando uma ondulação de magnitude igual na banda de passagem e uma diminuição suave na banda de rejeição (KALECHMAN, 2009).

O número de polos do filtro (ordem n) está diretamente relacionado ao *ripple* na banda passante e todos os zeros da função estão no infinito.

- Filtro de Chebyshev do tipo II

O Filtro de Chebyshev do tipo II, também chamado de filtro inverso de Chebyshev, apresenta um comportamento monotônico na banda de passagem e oscilatório na banda de rejeição, como apresentado na Figura 37.

Para se obter a resposta em frequência deste filtro, a relação ω/ω_0 da Equação (2.28) é redefinida por $1/\frac{\omega}{\omega_0}$, transformando a resposta em passa-altas. Subtraindo o quadrado do módulo desta resposta da unidade: $|H_2(j\omega)|^2 = 1 - \left|H_1\left(j\frac{\omega}{\omega_0}\right)\right|^2$, obtém-se o filtro passa-baixas de Chebyshev do tipo II. O quadrado do módulo da resposta em frequência do filtro de Chebyshev do tipo II é dado por:

$$|H_2(j\omega)|^2 = \frac{\varepsilon^2 C_N^2\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)}{1 + \varepsilon^2 C_N^2\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)} \quad (2.30)$$

Nota-se pela Equação (2.30) que a função de transferência tem zeros e polos. Os Zé-ros são calculados tornando o numerador da Equação (2.30) igual a zero, tal que $C_N\left(\frac{\omega_0}{\omega_n}\right) = 0$, assim, eles estão localizados no eixo imaginário. Quando os zeros são colocados no eixo imaginário e próximos de ω_s , isto faz aumentar o declive na banda de transição e em geral gera um filtro de menor ordem, conhecido como filtro Elíptico (ANTONIOU, 2005).

c) Filtro Elíptico

Os filtros Elípticos (ou de Cauer) têm uma resposta em frequência cujo módulo apresenta ondulações (*ripple*), tanto na banda de passagem quanto na banda de rejeição, como representado na Figura 38.

Figura 38: Módulo da resposta em frequência do filtro Elíptico.

Fonte: KALECHMAN (2009).

Esta resposta é especificada em termos dos mesmos parâmetros dos filtros de Chebyshev e alcançam a mínima ordem N para uma dada especificação, ou seja, uma banda de transição mais estreita para uma dada ordem N , com maior taxa de decaimento (em comparação com os demais filtros de mesma ordem). A resposta em magnitude é dada por:

$$|H_e(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 R_N^2(\omega)} \quad (2.31)$$

onde N é a ordem do filtro, ε é o *ripple* na banda de passagem e R_N é a função racional de Chebyshev (função Jacobiana de ordem N) (ANTONIOU, 2005).

Normalização

A normalização de dados é uma técnica de processamento aplicada quando os dados têm variações muito grandes entre as faixas de valores, para aumentar a coesão dos dados e evitar problemas computacionais decorrentes do arredondamento nas aplicações em que é preciso encontrar correlação entre duas ou mais variáveis. Em Identificação de Sistemas é sempre recomendável usá-la, salvo quando os dados já estejam naturalmente normalizados. Os métodos de normalização de dados mais usados em Identificação de Sistemas e estudados em detalhes em (RODRIGUES, 2014) são:

- normalização por subtração da média;
- normalização pelo valor máximo;
- normalização pelo desvio padrão;

- normalização padrão;
- normalização pelo valor máximo sem média; e
- normalização em faixas iguais.

Tendo em vista que o estudo de métodos de normalização não faz parte do escopo deste trabalho, o único método apresentado aqui é o de normalização pelo valor máximo sem média, apenas como técnica complementar de processamento de sinal.

Este método concentra o módulo dos dados normalizados $|V_n(i)|$ em uma faixa entre 0 e 1. A equação que define este tipo de normalização é dada por:

$$V_n(i) = \frac{(X_n(i) - \mu)}{\max(X_n(i) - \mu)} \quad (2.32)$$

onde V_n é o vetor de dados normalizados, X_n é o vetor de dados originais de tamanho N e μ é a média de X_n , definida por:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_n(i)}{N} \quad (2.33)$$

Portanto, o vetor de dados normalizados V_n encontra-se limitado por:

- +1 quando a diferença entre o valor máximo e a média é maior que a diferença entre o valor mínimo e a média; e
- -1 quando a diferença entre o valor máximo e a média é menor que a diferença entre o valor mínimo e a média.

Maiores informações sobre as outras técnicas de normalização citadas neste trabalho podem ser encontradas em (RODRIGUES, 2014).

Capítulo 3 - Transformadas *Wavelet*

A transformação integral é uma técnica matemática desenvolvida para solução de equações diferenciais não triviais, aplicando-se uma transformação matemática específica a um problema, para torná-lo mais simples de ser resolvido. Após encontrar a solução, aplica-se a transformação inversa para obter a solução do problema original.

Uma transformação integral, (ou transformada integral) mapeia uma função $f(t)$ em uma função $F(s)$ usando uma equação da seguinte forma:

$$F(s) = \int_a^b K(s; t) f(t) dt \quad (3.1)$$

onde $K(s; t)$ é a função base da transformada, conhecida como *kernel* (ou núcleo da transformada).

A entrada desta transformada é uma função $f(t)$ e o resultado é uma função $F(s)$, transformada em outro domínio. As transformadas integrais são um tipo particular de operadores matemáticos. A escolha da função K e dos limites de integração definem a transformação integral e sua aplicação depende do tipo de problema abordado (DEBNATH; BHATTA, 2014).

Na solução de equações diferenciais, se a transformada integral puder expressar a função $f(t)$ em termos de sua transformada $F(s)$, é possível se converter uma equação diferencial em uma equação algébrica, que é muito mais simples de ser resolvida.

Por quase dois séculos as transformadas integrais foram usadas com sucesso na resolução de diversos problemas da matemática, física e engenharia. O trabalho de Pierre Simon Laplace (1749-1827) sobre a teoria da probabilidade na década de 1780 (transformada de Laplace) e, posteriormente, o tratado de Joseph Fourier (1768-1830) em *La Théorie Analytique de la Chaleur* (Transformada de Fourier), publicado em 1822, foram pioneiros na teoria das transformadas integrais (DEBNATH; BHATTA, 2014).

A transformação de Laplace é uma das transformações integrais mais antigas e muito utilizadas até os dias atuais na solução de equações diferenciais lineares e equações integrais e o estudo de Fourier desempenhou um papel essencial na evolução da teoria matemática.

Este trabalho se concentra na análise de Fourier. A ideia principal que envolve a análise de Fourier é que todo sinal tem um espectro e este sinal pode ser representado pelo seu espectro. A análise de Fourier foi inicialmente relacionada com a representação e análise de fenômenos periódicos, através da série de Fourier. As séries de Fourier são ideais para analisar sinais periódicos, pois os modos harmônicos utilizados nas expansões são periódicos. As teorias de Joseph Fourier voltadas à análise em frequência demonstram que qualquer função periódica $f(t)$ pode ser representada pelo somatório (WALKER, 1988):

$$a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(kx) + b_k \sin(kx)) \quad (3.2)$$

conhecido como Série de Fourier, onde os coeficientes a_0 , a_k e b_k são calculados por:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx, \\ a_k &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(kx) dx, \\ b_k &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(kx) dx \end{aligned} \quad (3.3)$$

Posteriormente, a análise em frequência foi ampliada para a análise de fenômenos não periódicos, usando a transformada de Fourier. A transformada integral de Fourier usa funções periódicas para expandir sinais não periódicos.

3.1 A Transformada de Fourier

A transformada de Fourier parte do princípio que um sinal não periódico pode ser interpretado como um sinal periódico com um período infinito, pois quando o período T de um sinal periódico aumenta, a frequência ω_0 diminui, ou seja, quando o período $T \rightarrow \infty$, consequentemente $\omega_0 \rightarrow 0$. Assim, as componentes em frequência formam uma função contínua e o somatório da série de Fourier deste sinal se torna uma integral (uma transformada integral). Na transformada de Fourier uma função no domínio do tempo é mapeada em uma função no domínio da frequência e é dada pela equação:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (3.4)$$

onde $f(t)$ é a função em análise e $F(\omega)$ é a função transformada.

Os coeficientes de Fourier da função transformada representam a contribuição de cada frequência em função de seno e cosseno de duração infinita. Assim, um sinal no domínio do tempo pode então ser analisado pelo seu conteúdo no domínio da frequência. Por sua vez, a transformação inversa de Fourier transforma o sinal no domínio da frequência para o domínio do tempo (TITCHMARSH, 1962; WALKER, 1988).

Atualmente, a transformada de Fourier tem sido utilizada em inúmeras aplicações em processamento de sinais, tornando-se indispensável, tanto para a solução de equações diferenciais como na análise e tratamento de sinais de comunicação.

3.1.1. A Transformada Discreta de Fourier

As tecnologias digitais empregadas atualmente requerem a discretização das funções, reduzindo-as a uma série finita de dados (amostras), de modo que o sinal possa ser analisado

por um computador ou DSP (do Inglês *Digital Signal Processor*). Assim, a análise de Fourier de sinais discretos pode ser feita de duas formas:

- considerar que o sinal é nulo fora do intervalo de análise (aperiódico – DTFT – *discrete-time Fourier transform*);
- considerar que o sinal se repete periodicamente (periódico DFT – *discrete Fourier transform*).

Por outro lado, para representar sinais aperiódicos são necessárias infinitas senoides, o que inviabiliza o uso da DTFT, pois computadores só podem lidar com sinais discretos e de comprimento finito, assim, a única transformada que pode ser utilizada na prática é a DFT. A Transformada Discreta de Fourier (DFT) estima a transformada de Fourier de uma função com um número finito de dados amostrados. Esta transformada é obtida a partir da discretização (amostragem) da Série de Fourier e os coeficientes da Transformada Discreta de Fourier fornecem uma aproximação para os respectivos coeficientes da Série de Fourier (OPPENHEIM; SCHAFER e BUCK, 1999).

O cálculo numérico da Transformada Discreta de Fourier de um sinal $x(n)$ discreto de duração finita no intervalo $0 > n \geq N - 1$ é dado por:

$$X(\omega) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{-j\omega n} \quad (3.5)$$

Esta equação é modificada para tornar o cálculo computacional possível, discretizando a frequência ω da seguinte forma:

$$\omega_k = \frac{2\pi}{N}k, \quad (3.6)$$

Assim, $X(\omega)$ é calculado em um número finito de N frequências uniformemente espaçadas ao longo de um período (2π):

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{-j2\pi\frac{k}{N}n} \quad (3.7)$$

sendo que $x[k] = 0$ para $n \geq N - 1$.

Consequentemente, N define a resolução do espectro na frequência $X[k]$ amostrada (PORAT, 1997). Esta ferramenta é amplamente utilizada em diversas aplicações de Processamento Digital de Sinais, como em filtros digitais de resposta de impulso de duração finita (FIR), tema que é abordado na próxima subseção.

3.1.2. Transformada de Fourier de Tempo-Curto

Uma das principais limitações da Transformada de Fourier reside no fato de que, ao determinar os coeficientes no domínio da frequência perdem-se informações relevantes no

domínio do tempo, ou seja, não é possível informar quando um determinado evento aconteceu, fator este que impossibilita a análise de sinais com características não estacionárias ou transitórias, que são aqueles cuja resposta em frequência varia no tempo (fluxos, tendências, mudanças repentinas ou o início e final de um evento). Isto decorre do fato que as funções seno e cosseno, usadas como base na transformada de Fourier, têm um suporte infinito e são bem adaptadas na análise de sinais cujo conteúdo de frequência não varia no tempo, porém não são apropriados para descrever sinais não estacionários, como visto na Figura 39.

Figura 39: Representação gráfica de um sinal estacionário (em azul) e de um sinal não-estacionário (em vermelho).

A solução proposta por Dennis Gabor (Gabor, 1946), de modo a preservar as informações no domínio do tempo, foi a transformada de Fourier de tempo-curto. Assim, define-se a Transformada de Gabor de um sinal contínuo $f(t)$ como se segue:

$$F(u, b) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t - b)f(t)e^{-i2\pi u t} dt \quad (3.8)$$

sendo $w(t)$ uma função gaussiana que cumpre o papel de janela, b é a posição da janela no tempo e $F(u, b)$ é a transformada de Fourier de $w(t - b)f(t)$ no intervalo observado, uma função complexa que representa a fase e a magnitude do sinal no domínio do tempo e da frequência (MISITI *et al.*, 2000).

A Transformada de Gabor é uma adaptação da Transformada de Fourier que permite uma análise da frequência do sinal localmente no tempo. Esta transformada consiste na convolução do sinal de entrada com uma função gaussiana finita, que funciona como uma janela e cuja posição varia no tempo, isto é, o sinal é dividido em pequenos segmentos no tempo. Esta janela é implementada através de uma função peso que coloca menos ênfase nas extremidades do intervalo do que no meio (Figura 40).

Figura 40: Função janela $w(t)$ da Transformada de Fourier de tempo-curto.

O efeito desta transformação é a determinação do espectro de frequências do sinal localizado no tempo. Assim, para cada janela é aplicada a Transformada Discreta de Fourier. Portanto, a cada janela um espectro de frequência mostra o conteúdo deste intervalo de tempo, mapeando o sinal em uma função bidimensional de tempo e frequência, como visto na Figura 41.

Figura 41: Transformada de Fourier de tempo-curto.

Fonte: MISITI, MISITI, OPPENHIM e POGGI, (2000).

Com isso, pode-se representar a evolução do conteúdo de frequência do sinal, no tempo.

3.1.3. Transformada de Fourier de Tempo-Curto Discreta

Na Transformada de Fourier de Tempo-Curto Discreta, o sinal é dividido em blocos que geralmente são sobrepostos uns aos outros, para reduzir irregularidades em suas “fronteiras”. Em cada bloco se aplica a Transformada de Fourier Discreta e o resultado é a magnitude e a fase para cada ponto do tempo e frequência. Isto pode ser expresso como:

$$X(m, \omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]w[n - m]e^{-j\omega n} \quad (3.9)$$

onde $x[n]$ é o sinal amostrado e $w[n]$ é a janela. Neste caso, m é o fator de deslocamento da janela (discreto) e ω é a frequência (contínuo).

Embora esta seja uma ferramenta muito útil em muitas aplicações de processamento digital de sinais, a Transformada de Fourier de tempo-curto também tem limitações. Ela permite analisar o conteúdo de frequência no instante contido na janela, mas a precisão da análise depende fundamentalmente do tamanho da janela w . Este é um fenômeno da Física Quântica, co-

nhecido como Princípio da Incerteza de Heisenberg, que define que a capacidade de localização simultânea no tempo e frequência é limitada, ou seja, quando baixas frequências são observadas em um sinal, é preciso uma observação mais longa no tempo (resolução em baixa frequência), porém, quando altas frequências são observadas, é preciso uma observação no tempo mais curta (resolução em alta frequência). Quanto mais precisão for exigida no tempo, menor a resolução na frequência e vice-versa. Assim, não se pode obter a informação exata da frequência de um sinal e o instante exato no tempo onde este espectro de frequência ocorreu. Nota-se na Figura 41 que a janela tem tamanho fixo para todas as frequências. Assim, não importa se estamos analisando as componentes de alta ou baixa frequência, pois o tamanho da janela será o mesmo.

Muitos sinais requerem uma técnica mais flexível, em que se possa variar o tamanho da janela para garantir uma análise com maior precisão tanto no tempo quanto na frequência e esta é a grande vantagem da Transformada *Wavelet*, pois o tamanho da janela varia (Figura 42).

Figura 42: Representação do plano tempo-frequência da base de Fourier de tempo-curto à esquerda e do plano tempo-escala de bases *Wavelet* à direita.

Fonte: MISITI, MISITI, OPPENHIM e POGGI, (2000).

3.2 A Transformada *Wavelet*

A Transformada *Wavelet* é uma ferramenta matemática que permite usar janelas maiores (longos intervalos de tempo), quando se quer maior precisão na informação de baixa frequência e janelas menores (pequenos intervalos) quando se quer maior precisão na informação de alta frequência, decompondo o sinal em diversas componentes de frequências bem localizadas no tempo (ou espaço), pela variação de escala e posição da janela no tempo, conforme a Figura 43.

Figura 43: Representação da função base de Daubechies no plano tempo-escala.

Fonte: do Autor.

Esta característica permite estudar cada componente separadamente em sua escala correspondente, tornando possível analisar sinais não estacionários com boa resolução. Por isto, pode-se considerar a análise de *Wavelet* uma evolução da análise de Fourier de tempo-curto.

O termo *wavelet* (ou ondaleta), que significa "pequena onda", refere-se à característica da função base de suporte compacto, ou seja, de tamanho finito (Figura 44), propriedade na qual seu domínio é diferente de zero em uma extensão finita e igual a zero em todo o resto (MORTTIN., 2014). Este é um fator que a difere da Transformada de Fourier, cuja função base é infinita (senoidal). Isto torna útil o uso das wavelets em aplicações como análise de imagens e identificação de sistemas, pois as mudanças de regiões ou bordas podem ser detectadas mais facilmente.

Figura 44: Base db3 (à esquerda) e base coif3 (à direita).

Fonte: do Autor.

Para uma melhor análise comparativa das diferentes bases na Figura 45, verifica-se as bases das três transformadas apresentadas nesta seção. A base da Transformada de Fourier (em vermelho) é uma função cosseno infinita, a base da Transformada de Fourier de tempo-curto (em azul) é uma função gaussiana finita e a base da Transformada *Wavelet* (em cinza) é a base de Morlet também finita, uma das muitas bases *Wavelet*.

Figura 45: As bases das Transformadas de Fourier, (em vermelho), de Fourier de tempo-curto (em azul) e Wavelet de Morlet (em cinza).

Fonte: do Autor.

3.2.1 Transformada *Wavelet* contínua

A Transformada *Wavelet* de um sinal contínuo $f(t)$ é definida como uma convolução entre o sinal $f(t)$ e a função *Wavelet* mãe escalonada (dilatação e compressão) e transladada pelos fatores a e b , respectivamente, de acordo com a equação (MORTTIN, 2014):

$$F(a, b) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} \Psi_{a,b}(t) \cdot f(t) \cdot dt \quad (3.10)$$

onde:

- $\Psi_{a,b}(t)$ denota uma função *Wavelet*;
- $f(t)$ denota a função a ser analisada;
- a denota o fator de escala, tal que $a=2^{-j}$;
- b denota o instante de tempo a ser analisado, tal que $b=k \cdot 2^{-j}$.

Por sua vez, a função *Wavelet* $\Psi_{a,b}(t)$ é uma função tal que:

$$\Psi_{a,b}(t) = |a|^{-\frac{1}{2}} \cdot \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (3.11)$$

Em outras palavras, as funções $\Psi_{a,b}(t)$ são dilatações (ou compressões) binárias e translações diáticas de uma única função Ψ , de modo a cobrir o conjunto dos números reais. Este processo gera coeficientes *wavelet* em função da escala e posição no tempo, em que a constante $|a|^{-\frac{1}{2}}$ é usada para normalizar a energia da função *Wavelet* em diferentes escalas. O fator de escala a representa o tamanho da janela, onde, janelas menores são usadas para analisar sinais de alta frequência e janelas maiores são usadas para sinais de baixa frequência e b representa a posição no tempo da *Wavelet* Mãe. Assim, $F(a, b)$ representa a medida de correlação entre o sinal original $f(t)$ e a função *Wavelet* $\Psi_{a,b}(t)$ transladada e escalonada (MORTTIN, 2014). O fator de escala a e o fator de translação b da janela são variáveis interdependentes. A variação de escala de uma *Wavelet* significa a sua dilatação ou compressão. Quanto menor o fator de escala, mais comprimida e quanto menor, mais dilatada é a *Wavelet*, como visto na Figura 46.

Figura 46: Efeito do escalonamento da base *Wavelet* Morlet para diferentes escalas.

Fonte: MISITI, MISITI, OPPENHIM, POGGI, (2000).

Na análise *Wavelet*, a escala é relacionada com a frequência do sinal, o que significa:

- baixa escala comprime a *Wavelet*, ou seja, detalhes que mudam rapidamente em alta frequência (janelas menores);
- alta escala dilata a *Wavelet*, ou seja, detalhes que mudam vagarosamente (em baixa frequência).

Transladar uma *wavelet* significa deslocá-la no eixo do tempo (ou atrasá-la). Matematicamente, atrasar uma função $f(t)$ de um fator k no tempo corresponde a: $f(t - k)$.

Nota-se pela Equação (3.10) que o sinal unidimensional $f(t)$ é mapeado em uma nova função, em um espaço bidimensional com escala a e translação b pela Transformada *Wavelet*, como visto na Figura 47.

Figura 47: Transformada *Wavelet*.

Fonte: MISITI, MISITI, OPPENHIM, POGGI, (2000).

Os coeficientes da Transformada *Wavelet* $F(a, b)$ definem o quão bem a *Wavelet* mãe equivale ao sinal original $f(t)$ e este é calculado a cada variação de escala e translação da *Wavelet* mãe $\Psi(t)$. Assim, os coeficientes $F(a, b)$ associados a um certo sinal $f(t)$ representam a *Wavelet* do sinal $f(t)$ em relação à *Wavelet* mãe $\psi(t)$. De modo que maiores valores dos coeficientes significam uma maior similaridade do sinal com a *Wavelet* e o resultado vai depender da forma da *Wavelet* mãe escolhida.

3.2.2 Transformada *Wavelet* Discreta

A Transformada *Wavelet* Discreta equivale à Transformada *Wavelet* para sinais ou funções discretas e é aplicada na análise de sinais digitais e na compressão de imagens digitais. No estudo da Transformada *Wavelet* Discreta há duas abordagens: sistemas redundantes discretos (*frames*) e a ortonormal (e outras) bases de wavelets (DAUBECHIES, 1992). A segunda abordagem considera o método de análise em multiresolução, criado em (MALLAT, 1989), que é estudado aqui. Em 1988, Mallat criou um algoritmo que implementa um esquema de filtros, conhecido na comunidade de processamento de sinais como codificador de sub-banda de 2 canais.

Como é inviável estimar os coeficientes da Transformada *Wavelet* em todas as escalas possíveis, devido ao excessivo esforço computacional e à grande massa de dados resultante, são admitidas escalas e posições com base em potências de 2 para ambos os fatores, tornando a aná-

lise mais precisa e mais eficiente. Assim, a Transformada *Wavelet* Discreta decompõe o sinal em um conjunto de *wavelets*, usando uma série discreta de escalas e deslocamentos mutuamente ortogonais e usa uma função de escala (*Wavelet* pai), que define suas propriedades de escala.

3.2.3 Banco de Filtros

A filtragem do sinal amostrado é feita em uma operação matemática de decomposição do sinal original em coeficientes de aproximação e detalhe, pela aplicação da Transformada *Wavelet* Discreta (MISITI *et al.*, 2000). Na análise de *Wavelet*, as aproximações são associadas às componentes de baixa frequência e escala alta do sinal e os detalhes são as componentes de alta frequência e escala baixa do sinal. A Figura 48 exibe o processo de filtragem aplicado a um sinal S em seu nível mais básico.

Figura 48: Processo de filtragem ao nível mais básico.

Fonte: MISITI, MISITI, OPPENHIM, POGGI, (2000).

O sinal amostrado S passa por dois filtros complementares, um filtro passa-baixas e um filtro passa-altas e o resultado obtido são dois sinais, mas, na prática, este processo é um pouco diferente da simples aplicação de filtros, que resultaria em dois sinais com o mesmo número de amostras do sinal original, ou seja, o dobro de dados. Este algoritmo consiste em uma filtragem seguida de uma decimação (ou *downsampling*), que significa descartar cada segundo ponto de dados (aproveita um ponto e descarta um ponto, sucessivamente). Neste caso, os coeficientes de aproximação e de detalhes resultantes têm cada um a metade dos dados do sinal S original (DELMONT, 2003 e MISITI *et al.*, 2000). A Figura 49 simboliza a decomposição do sinal S .

Figura 49: Transformada *Wavelet* Discreta com *downsampling*.

Fonte: adaptado de: MISITI, MISITI, OPPENHIM, POGGI, (2000).

O processo de decomposição do sinal pode ser repetido com sucessivas aproximações de modo iterativo, resultando em diferentes componentes de menor resolução do sinal S decomposto. Isso é chamado de árvore de decomposição *Wavelet* (Figura 50) e esta pode prover informações relevantes do comportamento do sinal no domínio da frequência (MISITI *et al.*, 2000).

Figura 50: Árvore de decomposição de Wavelet.

Fonte: MISITI, MISITI, OPPENHIM, POGGI, (2000).

Nota-se na Figura 51 que, a cada nível, o sinal passa por uma filtragem mais detalhada.

Figura 51: Sinal resultante da aplicação da árvore de decomposição de Wavelet.

Fonte: MISITI, MISITI, OPPENHIM, POGGI, (2000).

Como o processo de análise é iterativo, em teoria pode ser continuado indefinidamente. Em verdade, a decomposição pode prosseguir apenas até que os detalhes individuais consistam em uma única amostra ou pixel. Na prática, seleciona-se um número adequado de níveis com base na natureza do sinal ou por conhecimento empírico e número de amostras do sinal S .

A Figura 52 apresenta a base Daubechies db4 em 6 níveis diferentes. Nota-se que a frequência de função aumenta a cada nível, permitindo-a mapear um maior número de detalhes do sinal em análise.

Figura 52: Base db4 com níveis de detalhamentos de 1 a 6.

Fonte: do Autor.

3.2.4 Wavelet mãe

A *Wavelet* mãe é a função base de uma Transformada *Wavelet*, uma forma de onda de curta duração com um valor médio nulo, que opera como uma função janela de tamanho variável pelo fator de escala a , sendo que, escalas menores implicam em janelas maiores e vice-versa, o que permite captar todas as características de um sinal em particular. A aplicação da Transformada *Wavelet* depende primordialmente da escolha da *Wavelet* mãe. Neste contexto há uma ampla gama de *Wavelets* mãe e cada uma possui propriedades únicas. Para cada aplicação, pode-se usar uma *Wavelet* mãe com características próprias.

A maioria das aplicações de bases *Wavelet* explora sua capacidade de aproximar eficientemente classes particulares de funções com poucos coeficientes de *Wavelet* não nulos, não apenas para compressão de dados, mas também para remoção de ruído e cálculos rápidos.

A escolha da *Wavelet* mãe é ditada pelas características do sinal e a natureza da aplicação, de modo a gerar um número máximo de coeficientes *Wavelet* de mínima significância, ou próximos de zero. O número de coeficientes significativos de *Wavelet* de alta resolução de uma função $f(t)$ depende principalmente da regularidade da função $f(t)$, do número de momentos não nulos e do tamanho do suporte da *Wavelet* mãe. Em outras palavras, a escolha da *Wavelet* mãe deve considerar a capacidade desta de se moldar ao sinal $f(t)$. Assim, caso se entendam as propriedades da *Wavelet* e do sinal $f(t)$, pode-se escolher uma *Wavelet* mãe otimizada para a aplicação (CARVALHO, 2013). As *Wavelets* mãe são divididas em grupos conhecidos como famílias de *Wavelet*, as quais variam em termos de várias propriedades importantes como:

- tamanho do suporte;
- número de momentos nulos;
- regularidade;
- simetria.

Um suporte curto é importante para obter um número baixo de coeficientes de alta amplitude para que se tenha um menor número de dados para operar e ficar mais fácil configurar níveis de corte. A *Wavelet* é dita ser de suporte compacto se a maior parte da energia desta está restrita a um intervalo finito, ou seja, se a função é exatamente zero fora deste intervalo (LIU, 2010).

O número de Momentos Nulos é outra propriedade importante, pois ajuda a suprimir a forma regular do sinal, evidenciando a forma dos transitórios. Infelizmente, suporte curto e momentos nulos são opostos, portanto, deve-se manter um compromisso entre os dois para otimizar o resultado. *Wavelets* com um número crescente de momentos de fugas resultam em representações pobres para uma grande classe de sinais e imagens.

A Regularidade define a resolução na frequência, ou seja, as ondas mais suaves oferecem uma resolução de frequência mais nítida. Além disso, algoritmos iterativos para construção de *wavelets* convergem mais rápido. Para medir a regularidade local de um sinal, não é tão importante usar uma onda com um suporte curto, mas os momentos de fuga são cruciais.

Se uma *Wavelet* tem N momentos nulos, então sua transformada pode ser considerada como um operador diferencial multiescala de ordem N_m . Portanto, quanto maior o número de momentos nulos N , mais regular será a Transformada *Wavelet*.

A simetria é outra característica relevante, em aplicações nas quais é desejável evitar a perda de fase do sinal analisado, como em processamento de imagens ou em compressão de dados em que a *Wavelet* mãe deve produzir coeficientes significativos em certos níveis e valores próximos de zero para os demais, possibilitando eliminá-los e não comprometer a forma de onda do sinal original.

O software *Wavelet* Toolbox do MATLAB inclui um grande número de *Wavelets* que podem ser usadas para análise contínua e discreta. Neste trabalho são empregadas apenas as *Wavelets* discretas.

3.2.5 Famílias de *Wavelets*

Existem inúmeras famílias de *Wavelets*. Em seguida, são apresentadas as famílias *Wavelet* Discretas utilizadas neste trabalho.

a) Haar

A *Wavelet* de Haar é a mais antiga e também a mais simples *Wavelet* da literatura, tendo sido criada em 1909 por Alfred Haar. Sua função base é uma onda quadrada (Figura 53).

Figura 53: Wavelet de Haar.

Fonte: do Autor.

A *Wavelet* de Haar tem suporte compacto e tem apenas dois coeficientes de filtros, assim, é ideal para processamento em tempo real, pois exige pouco esforço computacional, contudo ela não é continuamente diferenciável, portanto, sinais "suaves" não são bem representados, tornando-a não muito adequada para a análise de sinais estáveis com derivações contínuas.

b) Daubechies

A base *Wavelets* desenvolvida por (DAUBECHIES, 1992) tornou a análise discreta de *Wavelet* possível e construiu uma família de *Wavelets* conhecida como "*wavelets* ortonormais suportadas compactamente". No MATLAB, os nomes da família Daubechies são escritos como *dbN*, onde *N* é o número de momentos nulos ou ordem da *Wavelet* mãe, sendo que a base *db1* da família Daubechies é a *Wavelet* de Haar.

Na Figura 54, verifica-se uma base de *Wavelets* mãe da família Daubechies. Nota-se que conforme a ordem da *wavelet* mãe aumenta, seu suporte compacto também sofre um aumento significativo. Estas *wavelets* não têm nenhuma expressão explícita, à exceção da *db1*, que é a *Wavelet* de Haar. Elas também não são simétricas.

Figura 54: Família de *Wavelets* de Daubechies.

Fonte: do Autor.

c) Coiflets

As *wavelets* da família *Coiflets* foram desenvolvidas por I. Daubechies a pedido de R. Coifman e são denominadas *coifN*, onde N representa a ordem desta *wavelet*. As funções base e escala de *Coiflet* têm $2N$ e $2N-1$ momentos nulos respectivamente e ambas possuem suporte compacto com tamanho $6N-1$. Esses filtros também são referidos na literatura pelo número de coeficientes de filtro, que é $3N$. Comparada com a família Daubechies, as bases de *Coiflet* são menos assimétricas (MISITI, MISITI, OPPENHIM e POGGI 2000.). A Figura 55 mostra algumas *wavelets* mãe da família *Coiflets*.

Figura 55: Família de Wavelets Coiflets.

Fonte: do Autor.

d) Symlets

As *wavelets* *Symlets* foram desenvolvidas por Daubechies como uma modificação da família Daubechies e são *wavelets* com bases compactadas e quase simétricas. As propriedades das duas famílias *wavelets* são similares (DAUBECHIES, 1992).

As bases *Symlets* *symN* são mais simétricas do que as ondas de fase extrema. No *symN*, N é o número de momentos nulos. Estes filtros também são referidos na literatura pelo número de toques de filtro, que é $2N$. A Figura 56 mostra algumas *wavelets* mãe da família *Symlets*.

Figura 56: Família de Wavelets Symlets.

Fonte: do Autor.

e) Fejer-Korovkin

As *Wavelets* da família *Fejer-Korovkin* são ortogonais de suporte compacto denominadas fkN , onde N representa a ordem desta *wavelet*. Comparada com a família *Daubechies*, as bases de *Fejer-Korovkin* são mais simétricas, porém, menos suaves. A Figura 57 mostra algumas *wavelets* mãe da família *Fejer-Korovkin* (comando `waveinfo('fk')` do MATLAB).

Figura 57: Família de Wavelets de Fejer-Korovkin.

Fonte: do Autor.

f) Biorthogonal Spline

As *Wavelets* Biortogonais utilizam duas *Wavelets*, uma base para decomposição e outra base para reconstrução, em vez de uma única *Wavelet* mãe ortogonal. Esta é uma propriedade importante em aplicações de filtragem sub-bandas. A simetria e a reconstrução exata são incompatíveis se forem usados os mesmos filtros FIR para a decomposição e para a reconstrução, assim, são aplicadas duas bases *Wavelets* ortogonais, em vez de uma única (MISITI, MISITI, OPPENHIM e POGGI 2000).

A base *Wavelet* $\tilde{\psi}$ é usada na decomposição e os coeficientes da Transformada *Wavelet* do sinal $f(t)$ são dados por:

$$\tilde{c}_{j,k} = \int f(t) \tilde{\psi}_{j,k}(t) dt \quad (3.12)$$

A base *Wavelet* ψ é usada na reconstrução do sinal $f(t)$.

$$f(t) = \sum \tilde{c}_{j,k} \psi_{j,k} \quad (3.13)$$

As bases ψ e $\tilde{\psi}$ podem ter propriedades de regularidade e número de momentos nulos diferentes.

As *Wavelets Biorthogonal Spline* (*biorNr.Nd*) fazem parte da família biortogonal, são simétricas e utilizam duas bases *wavelets* de suporte compacto, uma para decomposição de ordem Nd e outra para reconstrução de ordem Nr . A largura de suporte é de $2Nd + 1$ para a decomposição e $2Nr + 1$ para a reconstrução, o número de momentos nulos de decomposição é de Nr e o comprimento do filtro $l_F = \max(2Nr, 2Nd) + 2$. A Figura 58 mostra algumas *wavelets* mãe da família *Biorthogonal Spline* (comando `waveinfo('bior')` do MATLAB).

Figura 58: Família de Wavelets Biorthogonal Spline.

Fonte: do Autor.

g) Reverse Biorthogonal

As *Wavelets Reverse Biorthogonal* (*rbioNr.Nd*) assim como a *Wavelet* anterior, são parte da família biortogonal (descrita anteriormente), são simétricas e usam 2 bases *Wavelet* de suporte compacto, uma para decomposição de ordem Nd e outra para reconstrução de ordem Nr . Neste caso, a largura de suporte é $2Nd + 1$ para a decomposição e $2Nr + 1$ para a reconstrução, o número de momentos nulos de decomposição é Nd e o comprimento do filtro é $l_F = \max(2Nd, 2Nr) + 2$. A Figura 59 mostra algumas *wavelets* mãe da família *Reverse Biorthogonal* (comando `waveinfo('rbio')` do MATLAB).

Figura 59: Família de Wavelets Reverse Biorthogonal.

Fonte: do Autor.

Capítulo 4 - Identificação de Sistemas

A Identificação de Sistemas é a área da Engenharia que visa modelar sistemas dinâmicos com base em dados experimentais (LJUNG, 2000), relacionando os sinais de entrada e de saída para uma melhor compreensão do comportamento, predição e controle do sistema. A identificação de um sistema consiste em um procedimento composto por: os dados experimentais, condicionamento dos dados, um conjunto de modelos e um critério de avaliação do modelo. Deste modo, a identificação consiste no processo de selecionar o modelo de um conjunto que melhor descreva os dados, de acordo com um critério predefinido (GARCIA, 2008).

Esta ferramenta matemática é usada em diferentes linhas de pesquisa ou de aplicações práticas, como em processos industriais, na sintonia de controladores PID ou na predição do comportamento do processo e gerar o sinal de controle em controladores avançados. Na área de Ciências Econômicas é usada para prever o comportamento das ações de uma empresa na bolsa de valores e avaliar o risco do investimento.

As etapas de execução de experimentos e estimação dos modelos geram custos, pois as excitações necessárias nos sinais de entrada aplicadas ao processo resultam em redução da produção, perda de especificação dos produtos e riscos operacionais, além de elevado tempo de projeto (RICHALET, 1993). Assim, a obtenção de modelos precisos, com boa acurácia e que sejam de fácil manipulação, com mínimo custo computacional e mínimo tempo de modelagem é fundamental. O poder do modelo de representar o sistema real reflete diretamente no desempenho do sistema, tornando-o mais robusto e habilitando-o a trabalhar mais próximo do seu ponto de rendimento ótimo.

Diferente da modelagem teórica, em que a obtenção do modelo parte de leis físicas ou de outras áreas de estudo já conhecidas, a Identificação de Sistemas se refere à obtenção de modelos dinâmicos a partir de dados experimentais. Portanto, o modelo obtido representa apenas as características dos efeitos do sistema que aconteceram durante o experimento. Assim, se durante a coleta de dados não ocorrer uma excitação nas entradas, que revele aspectos importantes do sistema, estes não serão representados no modelo obtido. Os parâmetros do modelo resultante são usados para garantir uma boa representação do comportamento do sistema, mas, não possuem necessariamente uma interpretação física.

Os tipos de modelos matemáticos gerados pela Identificação de Sistemas são (SÖDERSTRÖM; STOICA, 1989; GARCIA, 2008):

- Modelos não-paramétricos ou gráficos;
- Modelos paramétricos ou matemáticos.

Os modelos não-paramétricos são representados na forma de gráficos ou tabelas. Assim, um sistema linear pode ser descrito por:

- Resposta ao impulso ou ao degrau; e
- Diagramas de Bode ou de Nyquist.

Embora estes modelos possuam algumas facilidades computacionais, frequentemente modelam as características estocásticas do sistema de forma determinística, o que não é interessante. Estes modelos são muito utilizados nas estruturas de controle preditivo.

Os modelos paramétricos ou matemáticos são mais complexos e usados em aplicações onde é necessária uma boa descrição das relações entre as variáveis do sistema através de expressões matemáticas. Em função da representação matemática usada, os sistemas podem ser classificados em (SÖDERSTRÖM; STOICA, 1989; CLOSE; FREDERICK; NEWELL, 2001; RODRÍGUEZ, 2014):

- Determinístico ou estocástico;
- Dinâmico ou estático; e
- Contínuo ou discreto.

Estes modelos matemáticos são chamados de paramétricos, pois podem ser definidos por uma estrutura e um número finito de parâmetros. Desta forma, todo modelo paramétrico relaciona as entradas e as saídas do sistema por equações matemáticas (LJUNG, 1999).

A Identificação de Sistemas também pode ser classificada dependendo do modo como os dados são coletados:

- Identificação *off-line* (em batelada); e
- Identificação *on-line* (recursiva).

A identificação *off-line* é utilizada quando o cálculo dos parâmetros do modelo é obtido após a coleta dos dados das entradas e das saídas do sistema, durante o tempo em que sua entrada recebe o sinal de excitação. Este método é usado quando o sistema é invariante no tempo ou quando os parâmetros mudam pouco em um longo período de tempo. A identificação *on-line* é recursiva e continuamente aplicada ao processo na geração do modelo dinâmico, ou seja, os parâmetros do modelo são atualizados conforme são coletados novos dados de entrada e saída. Este método de identificação é utilizado na sintonia de controladores adaptativos.

4.1 Procedimento para Identificação de Sistemas

Neste trabalho é adotada a modelagem paramétrica *off-line* baseada em equações de diferenças, com atraso puro. Assim, a seguir, são discutidos os métodos, características e o processo de obtenção destes modelos (LJUNG, 1999; RODRÍGUEZ, 2014):

1. Experimento de coleta de dados de entrada e saída;
2. Pré-processamento de dados;
3. Escolha da estrutura do modelo;
4. Estimação dos parâmetros do modelo; e
5. Validação do modelo.

4.1.1 Experimento de coleta de dados de entrada e saída

O processo de identificação de um sistema se inicia pela definição das variáveis de interesse (entrada e saída) e dos sinais aplicados nas entradas. Os sinais de entrada são as variáveis manipuladas da planta e os sinais de saída são as variáveis que se deseja controlar.

O experimento consiste na aplicação de sinais de excitação nas variáveis de entrada e medição dos respectivos sinais de saída do sistema. Para o caso de sistemas MIMO de n variáveis de entrada e m variáveis de saída, pode-se determinar a relação entre a dinâmica de uma variável de saída com uma ou mais variáveis de entrada e também realizar uma análise de correlação de cada saída para cada entrada do sistema. A modelagem de um sistema MIMO equivale à obter m modelos MISO e são aplicadas os mesmos métodos dos sistemas SISO (LJUNG, 1999). Em sistemas SISO, o sinal de entrada no processo de identificação é determinante na estimativa dos parâmetros do modelo. Duas características importantes de um sinal de entrada devem ser consideradas: forma de onda do sinal e seu espectro de potência, sendo que o sinal de excitação deve ser aplicado em torno do ponto de operação do processo. Os sinais de excitação mais usados na identificação de sistemas são:

- Degrau;
- Sinal pseudo-aleatório binário (PRBS); e
- Ruído binário generalizado (GBN).

Estes sinais são gerados com um período de amostragem (T_a) e coletados durante um tempo determinado. A escolha do período de amostragem é muito importante no processo de identificação, pois um valor T_a muito baixo pode causar problemas na modelagem, por esta razão é importante ter noções básicas sobre a dinâmica da planta para garantir dados confiáveis, pois este experimento visa obter o maior número possível de informações da dinâmica do sistema. Esta etapa do processo de identificação não faz parte do escopo deste trabalho, pois os dados usados neste estudo são parte do trabalho feito por Alvarado (2013).

4.1.2 Pré-processamento de dados

Este procedimento consiste na redução ou eliminação das imperfeições do sinal, através da manipulação dos dados, antes de realizar a estimação dos parâmetros do modelo, pois os

dados coletados podem conter ruídos, *outliers*, estar super-amostrados ou ter problemas de escala (ZHU, 2001; NATIONAL INSTRUMENTS, 2003; RODRÍGUEZ, 2014). As técnicas de pré-processamento estudadas neste trabalho são:

- Filtragem dos dados; e
- Normalização dos dados.

Os filtros mais usados atualmente na filtragem de dados usados na Identificação de Sistemas são os filtros de resposta ao impulso (IIR e FIR). No caso dos filtros lineares para a identificação é desejável uma respostra plana na faixa de passagem da resposta em frequência do filtro, como é o caso dos filtros Butterworth e Chebychev tipo I. Destaca-se que devido ao fato dos sinais de excitação (GBN e PRBS) serem não estacionários, os filtros lineares podem remover componentes de frequência que representem algum fenômeno do próprio processo, por esta razão os filtros *Wavelet* são mais apropriados para este tipo de aplicação. Uma descrição detalhada das técnicas de pré-processamento são apresentadas nos Capítulos 2 e 3 desta dissertação.

4.1.3 Estrutura do Modelo $\mathcal{M}(\theta)$

A definição da estrutura de modelo matemático do sistema é fundamental para que $\mathcal{M}(\theta)$ possa representar o comportamento dinâmico do sistema de forma confiável. Existem diversas estruturas de modelos que podem descrever adequadamente um determinado processo. Portanto, deve-se escolher a que melhor descreva o comportamento do sistema. Torna-se necessária a compreensão prévia da dinâmica do sistema, assim, de acordo com o conhecimento dos parâmetros θ , este pode ser classificado como:

- Caixa cinza; e
- Caixa preta.

Caixa cinza é dito quando os parâmetros de ajuste do modelo têm uma correspondência e interpretação física. Caixa preta é quando os parâmetros de ajuste do modelo não têm nenhuma interpretação física.

Os métodos paramétricos são usados para estimar os parâmetros θ de um determinado modelo $M(\theta)$, que descreva adequadamente o sistema S dentro de algum critério de desempenho. Um modelo $M(\theta)$ pode ser definido de forma geral para o caso de uma entrada e uma saída (SISO) por sua equação de diferenças, como (LJUNG, 1987; AGUIRRE, 2015):

$$A(q)y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k - n_k) + \frac{C(q)}{D(q)}e(k), \quad (4.1)$$

onde q^{-1} é o operador de atraso, $e(k)$ responde pelo efeito das perturbações não-medidas e ruídos, agindo na saída $y(k)$, $u(k - n_k)$ representa a entrada do processo com tempo morto n_k e $A(q)$, $B(q)$, $C(q)$, $D(q)$ e $F(q)$ são os polinômios definidos a seguir:

$$A(q) = 1 + \sum_{k=1}^{n_a} a_k q^{-k} \quad (4.2)$$

$$B(q) = \sum_{k=n_k}^{n_b} b_k q^{-k} \quad (4.3)$$

$$C(q) = 1 + \sum_{k=1}^{n_c} c_k q^{-k} \quad (4.4)$$

$$D(q) = 1 + \sum_{k=1}^{n_d} d_k q^{-k} \quad (4.5)$$

$$F(q) = 1 + \sum_{k=1}^{n_f} f_k q^{-k} \quad (4.6)$$

Os índices n_a , n_b , n_c , n_d e n_f correspondem às ordens dos polinômios $A(q)$, $B(q)$, $C(q)$, $D(q)$ e $F(q)$, respectivamente. A Figura 60 é uma representação em diagrama de blocos da Equação (4.1).

Figura 60: Diagrama de blocos geral para a identificação paramétrica.

Fonte: LJUNG; GLAD (1994).

Na modelagem de sistemas lineares, alguns dos modelos mais populares da literatura são autoregressivos, como o modelo autoregressivo com entradas exógenas (ARX), o modelo autoregressivo com média móvel e entradas exógenas (ARMAX), o modelo Box Jenkins (BJ) e o modelo de erro de saída (OE), os quais são descritos à seguir:

4.1.3.1 Estrutura de modelo ARX

A estrutura ARX (do Inglês *AutoRegressive with eXogenous inputs*) faz referência a duas componentes: a parte autoregressiva (AR) e uma entrada adicional (X), também conhecida como variável exógena. Este modelo é definido a partir da Equação (4.1) fazendo-se $C(q) = D(q) = F(q) = 1$, resultando na seguinte equação de diferenças:

$$A(q)y(t) = B(q)u(t - n_k) + e(t) \quad (4.7)$$

A componente AR refere-se ao termo $\frac{1}{A(q)}$ e X à entrada extra $u(t)$. O vetor de parâmetros ajustáveis $\hat{\theta}$ que representa os coeficientes da função de transferência discreta é dado por:

$$\hat{\theta} = [\hat{a}_1, \dots, \hat{a}_{n_a} \quad \hat{b}_1, \dots, \hat{b}_{n_b}]^T \quad (4.8)$$

A representação em diagrama de blocos da estrutura ARX pode ser vista na Figura 61.

Figura 61: Estrutura do modelo ARX.

Fonte: LJUNG; GLAD (1994).

O modelo ARX costuma ser o modelo mais simples de ser estimado, mas tem a desvantagem do polinômio $A(q)$ representar tanto a dinâmica do sistema quanto as propriedades das perturbações. Isto pode resultar em uma estimação imprecisa da dinâmica do sistema e talvez sejam necessárias ordens mais altas dos polinômios, $A(q)$ e $B(q)$. Se a relação sinal-ruído for boa, essa desvantagem não tem muita importância (LJUNG; GLAD, 1994).

4.1.3.2 Estrutura de modelo ARMAX

A estrutura ARMAX (do Inglês *AutoRegressive Moving Average with eXogenous inputs*) permite maior flexibilidade na modelagem das perturbações em relação ao modelo ARX. Este modelo é definido a partir da Equação (4.1) fazendo-se $D(q) = F(q) = 1$. Assim, a equação de diferenças do modelo ARMAX é dada por:

$$A(q)y(t) = B(q)u(t - n_k) + C(q)e(t) \quad (4.9)$$

O polinômio $C(q)$ é a componente MA (media móvel) do ruído $e(t)$, que permite uma melhor descrição das propriedades do modelo da perturbação (LJUNG; GLAD, 1994). O vetor de parâmetros ajustáveis $\hat{\theta}$ que representa os coeficientes da função de transferência discreta é dado por:

$$\hat{\theta} = [\hat{a}_1, \dots, \hat{a}_{n_a} \quad \hat{b}_1, \dots, \hat{b}_{n_b} \quad \hat{c}_1, \dots, \hat{c}_{n_c}]^T \quad (4.10)$$

A representação em diagrama de blocos da estrutura ARMAX pode ser vista na Figura 62.

Figura 62: Estrutura do modelo ARMAX.

Fonte: LJUNG; GLAD (1994).

4.1.3.3 Estrutura de modelo OE

A estrutura de modelo OE (do Inglês *Output Error*) é uma forma de representar as funções de transferência de forma independente, sendo definida por:

$$y(t) = \frac{B(q)}{F(q)}u(t - n_k) + e(t) \quad (4.11)$$

O vetor de parâmetros $\hat{\theta}$ que representa os coeficientes da função de transferência discreta do modelo OE é dado por:

$$\hat{\theta} = [\hat{b}_1, \dots, \hat{b}_{n_b} \quad \hat{f}_1, \dots, \hat{f}_{n_f}]^T \quad (4.12)$$

A representação em diagrama de blocos da estrutura OE pode ser vista na Figura 63.

Figura 63: Estrutura do modelo OE.

Fonte: LJUNG; GLAD (1994).

Este modelo tem como grande vantagem o fato que a dinâmica do sistema é modelada de forma separada e não tem nenhum parâmetro para descrever as perturbações, o que simplifica o cálculo dos parâmetros. Porém, durante sua estimação, pode ser mais difícil minimizar a função erro do que no caso ARMAX (LJUNG; GLAD, 1994).

4.1.3.4 Modelo BJ (*Box Jenkins*)

O modelo BJ (Box Jenkins), assim como as estruturas apresentadas anteriormente, é um caso especial da Equação (4.1) e pode ser definido como:

$$y(t) = \frac{B(q)}{F(q)}u(t - n_k) + \frac{C(q)}{D(q)}e(t) \quad (4.13)$$

Esta é uma estrutura em que as funções de transferência do modelo do processo e da perturbação são parametrizadas de forma independente, como funções racionais. O vetor de parâmetros $\hat{\theta}$ que representa os coeficientes estimados da função de transferência discreta é dado por:

$$\hat{\theta} = [\hat{b}_1, \dots, \hat{b}_{n_b} \quad \hat{c}_1, \dots, \hat{c}_{n_c} \quad \hat{d}_1, \dots, \hat{d}_{n_d} \quad \hat{f}_1, \dots, \hat{f}_{n_f}]^T \quad (4.14)$$

A representação em diagrama de blocos da estrutura BJ é mostrada na Figura 64.

Figura 64: Estrutura do modelo BJ.

Fonte: LJUNG e GLAD (1994).

O modelo BJ é o "modelo completo", em que as propriedades do ruído e a dinâmica do sistema são modeladas de forma separada (LJUNG; GLAD, 1994).

4.1.4 Estimação dos parâmetros θ do modelo

A estimação de parâmetros do modelo é formulada, de modo que o modelo ótimo é aquele que melhor ajuste os dados de acordo com um certo critério. Segundo (EYKHOFF, 1974), define-se a estimação de parâmetros como sendo a "determinação experimental de valores de parâmetros que governem a dinâmica e/ou o comportamento não linear, assumindo-se que a estrutura do modelo do processo seja conhecida". Embora haja diversos métodos de estimação amplamente difundidos na literatura, não há um consenso sobre qual é o melhor.

As técnicas de estimação de métodos não-paramétricos mais utilizadas são:

- análise transitória;
- análise de correlação; e
- análise em frequência.

No método da análise transitória, o sinal de entrada é um degrau ou um impulso e a saída correspondente constitui o modelo. Na análise em frequência, o sinal de entrada é uma onda senoidal e a saída também é uma onda senoidal para um sistema linear em estado estacionário e as alterações na amplitude e fase constituem a resposta em frequência para uma certa frequência, com base no diagrama de Bode. No caso da análise de correlação, o sinal de entrada é ruído branco e uma estimativa da função-peso é obtida pela covariância cruzada normalizada entre a saída e a entrada.

Os métodos de estimação de modelos paramétricos mais usados para calcular o valor dos parâmetros são:

- método do erro de predição;
- método dos mínimos quadrados; e
- método das variáveis instrumentais.

De modo geral, o método de identificação de modelos paramétricos equivale ao processo de estimação de parâmetros, em que para cada vetor de parâmetros θ , há um modelo $\mathcal{M}(\theta)$ que relaciona a entrada u com a saída y , sendo que a resposta do modelo $\mathcal{M}(\theta)$ é comparada com a saída medida y . A diferença entre elas, decorrente do ruído v , é representada pelo erro de predição $\varepsilon(\theta)$ (ou resíduo) relacionado ao parâmetro θ (vide Figura 65) (LJUNG, 1999).

O método do erro de predição avalia a capacidade preditiva do modelo; sendo assim, esta análise pode ser feita com base no erro de predição 1 passo à frente.

Figura 65: Diagrama de blocos do método do erro de predição.

Fonte: GARCIA (2008).

Para simplificar a compreensão, considere o erro de predição um passo à frente fornecido por um certo modelo $M(\hat{\theta})$ dado por (LJUNG, 1999):

$$\varepsilon(t, \hat{\theta}) = y(t) - \hat{y}(t_{t-1}, \hat{\theta}^*) \quad (4.15)$$

onde $\hat{y}(t_{t-1}, \hat{\theta}^*)$ representa a predição um passo à frente de $y(t)$, fornecidos os dados até o instante $(t - 1)$, isto é, $y(t - 1), u(t - 1), y(t - 2), u(t - 2), \dots$ calculado a partir do vetor de parâmetros do modelo $\hat{\theta}$. Um exemplo de vetor de parâmetros $\hat{\theta}$ para o modelo ARX é dado por:

$$\hat{\theta} = [a_1 \dots a_n \ b_1 \dots b_n]^T \quad (4.16)$$

Para um conjunto de dados de comprimento N , o erro ε pode ser calculado para $t = 1, 2, \dots, N$. O diagrama de blocos do método do erro de predição é apresentado na Figura 65. Um modelo é considerado "bom" quando, aplicado aos dados observados, produz erros de predição pequenos. Para tal, é necessário estabelecer um critério de ajuste para os parâmetros θ que definam qual resposta do modelo gera o "melhor" resultado. O melhor modelo será aquele que exibir o menor erro entre os dados reais e a resposta simulada pelo modelo.

A seleção do critério afeta diretamente o valor dos parâmetros do modelo e, portanto, também a sua qualidade, sendo $\varepsilon(t)$ a diferença entre a resposta do modelo $\hat{y}(t)$ e a resposta experimental $y(t)$ no tempo t , para $t = 1, 2, \dots, N$, onde N =número total de pontos obtidos.

Pode-se considerar $\varepsilon(t)$ uma sequência de erros de predição de tamanho N , que pode ser filtrada aplicando-se um filtro linear estável $L(q)$ (LJUNG, 1999):

$$\varepsilon_F(t, \hat{\theta}) = L(q)\varepsilon(t, \hat{\theta}) \quad 1 \leq t \leq N \quad (4.17)$$

O filtro L amplia a liberdade ao se lidar com propriedades não transitórias dos erros de predição. Como o preditor é linear e invariante no tempo e y e u são escalares, então o resultado de filtrar ε é o mesmo que primeiro filtrar os dados de entrada e saída e então aplicar os preditores. Ao analisar métodos que usem modelos gerais de ruído em sistemas lineares, adota-se normalmente $L(q) \cong 1$, pois a opção da pré-filtragem pode ser contornada pela liberdade na escolha do modelo (LJUNG, 1999). Um método clássico de estimar modelos é usar uma função custo a ser minimizada em função do vetor de parâmetros θ . Uma das técnicas mais utilizadas é o critério quadrático:

$$V_N(\hat{\theta}) = \frac{1}{2N} \sum_{t=1}^N \varepsilon_F^2(t, \hat{\theta}) \quad (4.18)$$

ou:

$$V_N(\hat{\theta}) = \frac{1}{2N} \sum_{t=1}^N [y(t) - \hat{y}(t)]^2 \quad (4.19)$$

Os parâmetros do modelo $\mathcal{M}$ devem ser escolhidos de modo que o valor da função custo $V_N(\hat{\theta})$ seja o mínimo possível. O valor adequado para $\hat{\theta}_N$ é aquele que minimize $V_N(\hat{\theta})$:

$$\hat{\theta}_N = \arg \min_{\theta} V_N(\hat{\theta}) \quad (4.22)$$

onde $\hat{\theta}_N$ é a estimativa dos mínimos quadrados e $\arg \min$ significa o argumento que minimiza a função $V_N(\hat{\theta})$. Caso o mínimo não seja único, $\hat{\theta}_N$ será o conjunto dos argumentos minimizantes.

O método dos mínimos quadrados é um caso particular dos chamados métodos do erro de predição (PEM). Este método de estimar θ independe da imposição de um caráter estocástico, o parâmetro $\hat{\theta}_N$ é simplesmente o valor que gera o melhor preditor quando aplicado aos dados reais (SÖDERSTRÖM; STOICA, 1989).

Há outras opções para estimar θ baseadas em critérios diferentes, tais como, aproximações denominadas *set membership identification*, que consideram outras normas do erro (LJUNG, 1999).

A escolha da estrutura do modelo $\mathcal{M}$ e do critério de estimação estão intrinsicamente ligadas, visto que os métodos são atrelados a certos tipos de estruturas de modelo.

4.1.5 Validação do modelo

Este procedimento verifica se o modelo está de acordo com os requisitos do projeto e se este apresenta comportamento próximo ao do processo real. A avaliação da qualidade do modelo é baseada no desempenho deste, isto é, a diferença (ou semelhança) entre o modelo e o sistema real para determinar quão boa é a estimativa do sistema (CHEN *et al.*, 2013).

Na prática, nem sempre é possível obter uma descrição fiel do sistema e a qualidade do modelo deve ser avaliada por diferentes aspectos, de acordo com sua aplicação (BOZIC; CHANCE, 1998), ou seja, um modelo pode ser eficiente para controle, mas inadequado para previsões futuras da saída, ou então pode ser capaz de reproduzir o comportamento do sistema com uma previsão da saída próxima da saída gerada pelo sistema, mas inadequado para controle. A qualidade do modelo também está relacionada à estabilidade do modelo, ou seja, para diferentes dados medidos sob condições diferentes, o modelo reproduz bem as características do sistema. Portanto, o modelo é considerado válido se incorporar as características do sistema que são fundamentais para a aplicação em questão (AGUIRRE, 2015). Alguns métodos de validação de modelo são descritos a seguir.

4.1.5.1 Autovalidação

Esse método avalia o desempenho do modelo utilizando os mesmos dados usados na estimação dos parâmetros. Isto tende a produzir índices de ajuste mais altos (em comparação com a validação cruzada), pois o modelo estimado está adequado aos dados que foram usados na identificação, consequentemente o valor da função custo diminui.

4.1.5.2 Validação Cruzada

A validação cruzada é uma técnica que avalia se o modelo reproduz os dados de saída do sistema para sinais de entrada diferentes dos que foram empregados na estimação. Nesta técnica são consideradas duas sequências de dados:

- dados coletados para estimação do modelos; e
- dados para validação do modelo.

É importante não usar os mesmos dados quando se estima e quando se valida o modelo, pois se perde o princípio de generalização, isto é, a capacidade que o modelo tem de descrever o comportamento de outro conjunto de dados coletados do mesmo sistema (AGUIRRE, 2015).

A qualidade dos modelos descritos é medida pelo índice *fit* o qual é o termo que mede o grau de ajuste do modelo estimado em relação aos dados de validação e é definido por (AGUIRRE, 2015):

$$fit(\%) = 100. \left(1 - \frac{|\hat{y}(t) - y(t)|}{|y(t) - \bar{y}|} \right) \quad (4.21)$$

Quando se modelam processos industriais, deve-se considerar o fato que, em geral, estes são sistemas não lineares variantes no tempo, mas podem ser considerados lineares invariantes no tempo em uma região em torno do ponto de operação, portanto o modelo reproduzirá o comportamento dinâmico do sistema nesta região de interesse.

Capítulo 5 – Metodologia

O estudo desenvolvido neste trabalho divide-se em duas partes, a primeira consiste na análise comparativa de filtros *Wavelet* e de Resposta Impulsiva na identificação de uma planta piloto de neutralização de pH (sistema real) e a segunda consiste na aplicação dos filtros *Wavelet* no tratamento do sinal e posterior identificação de um sistema simulado com diferentes níveis de perturbação.

5.1 Planta Piloto de Neutralização de pH

Nesta etapa do trabalho é feita a identificação de uma planta piloto de neutralização de pH, na qual se altera o pH do fluido de entrada mediante a adição de uma base, de modo que se obtenha o pH desejado na saída (JULIANI, 2011). No estudo proposto, além do pH, busca-se também estimar o nível no reator de neutralização, pois esta é outra variável a ser controlada.

Esta planta foi escolhida, pois o processo de neutralização de pH apresenta alta não linearidade em relação à malha de pH e linearidade quanto à malha de nível, possibilitando uma análise mais ampla das técnicas aqui estudadas. Outros fatores preponderantes são os ruídos de medição e tempo morto (ALVARADO, 2013). Em face destas características, este estudo se dedica a aplicar técnicas de filtragem pré-identificação, utilizando filtros IIR e FIR, além de filtros baseados na Transformada *Wavelet*, no processamento de sinais amostrados de nível e de pH. A Planta Piloto de Neutralização de pH, estudada neste trabalho, localiza-se no Laboratório de Controle de Processos Industriais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A Figura 66 apresenta o diagrama P&ID da Planta Piloto de Neutralização de pH.

Esta planta é composta por:

- TF: tanque de água filtrada, o qual fornece água ao processo;
- TD: tanque de água destilada, o qual fornece água ao processo;
- TAP: tanque de ácido principal, onde é preparada a solução de ácido clorídrico (HCl);
- TAPI: tanque intermediário para armazenar a solução de HCl, de modo que a vazão que entra no tanque reator permaneça constante;
- TBB: tanque da solução de base de hidróxido de sódio (NaOH); e
- TR: tanque reator, tanque principal do processo, utilizado para homogeneizar a mistura por meio de um agitador mecânico.

A medição de pH é feita por um eletrodo de pH e a medição de nível é realizada por um transmissor de pressão diferencial.

Os dados da Planta Piloto de Neutralização de pH usados aqui provêm de experimentos feitos em (ALVARADO, 2013), em que foram aplicados sinais do tipo GBN nos *set points* das malhas de nível e pH e coletados os respectivos sinais de saída do processo. A Figura 67 exibe os sinais de entrada e saída da malha de nível e a Figura 68 os sinais da malha de pH.

Figura 67: Sinal GBN de entrada (em azul) e sinal de saída (em vermelho) da malha de nível.

Fonte: do Autor.

Figura 68: Sinal GBN de entrada (em azul) e sinal de saída (em vermelho) da malha de pH.

Fonte: do Autor.

Estes dados alimentaram um algoritmo do MATLAB^{TM} para o processamento dos sinais (nível do tanque e valor do pH) e posterior modelagem das malhas do processo.

5.2 Sistema Shell Benchmark

O Shell Benchmark é um sistema simulado MIMO que compõe o simulador "Poli-Sim, 2020" (Minerva Controls & Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). Este simulador permite o ajuste de intensidade e velocidade da perturbação, além do tempo de amostragem conforme a Figura 69.

Figura 69: Tela de configurações do simulador Poli-Sim.

Fonte: do Autor.

As entradas do sistema Benchmark Shell são o fluxo do vapor do fluido D e a carga do refeedor Q e as saídas são a pressão da coluna P e a impureza do produto X . O modelo básico deste sistema é definido pelas Equações (5.1) e (5.2) (COTT, 1995a; COTT, 1995b):

$$P(k) = \frac{-0,6096 + 0,4022q^{-1}}{1 - 1,5298q^{-1} + 0,5740q^{-2}} D(k) + \frac{-0,1055 + 0,0918q^{-1}}{1 - 1,5298q^{-1} + 0,5740q^{-2}} Q(k) + \frac{N_s}{1 - 1,5945q^{-1} + 0,5945q^{-2}} e_p(k) \quad (5.1)$$

onde $e_p(k)$ é a entrada de ruído branco na pressão e N_s é o parâmetro de ajuste do ruído na simulação.

O valor da impureza X é uma função do valor absoluto da carga do refeedor Q de um intervalo de amostragem para o próximo adicionado a um ruído colorido:

$$X = 0,0765 \frac{500000}{Q(k-7) - 1500} + 0,9235X(k-1) + \frac{N_s}{1 - 1,6595q^{-1} + 0,6595q^{-2}} e_x(k) \quad (5.2)$$

onde $e_x(k)$ é ruído branco de entrada. Note que o fluxo de destilado não afeta o nível de impureza do produto.

As Figuras 70 e 71 apresentam os diagramas de blocos em *Simulink* deste sistema em malha aberta e em malha fechada, respectivamente.

Figura 70: Diagrama de blocos do sistema Shell Benchmark em malha aberta.

Fonte: do Autor.

Figura 71: Diagrama de blocos do sistema Shell Benchmark em malha fechada.

Fonte: do Autor.

Para garantir uma análise ampla da eficácia dos filtros *Wavelet* em diferentes condições de ruído, o método será implementado para sinais com perturbação baixa ($SNR = 30$) e muito alta ($SNR = 3$) considerando o sistema em malha aberta e em malha fechada. As Figuras 72 e 73 exibem os sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha aberta com SNR de 3 e 30, respectivamente.

Figura 72: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha aberta com SNR=30.

Fonte: Autor.

Figura 73: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha aberta com SNR=3.

Fonte: Autor.

As Figuras 74 e 75 exibem os sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha fechada com SNR de 3 e 30, respectivamente.

Figura 74: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha fechada com SNR=30.

Fonte: Autor.

Figura 75: Sinais de entrada e saída do sistema Shell Benchmark em malha fechada com SNR=3.

Fonte: Autor.

No processamento dos dados do sistema Shell Benchmark as estruturas de modelo usadas na identificação em malha aberta e malha fechada são: ARX, ARMAX, OE e BJ. As ordens dos modelos em malha aberta e malha fechada são dadas na Tabela 1.

Tabela 1: Ordens do sistema Shell Benchmark em malha aberta e malha fechada.

	na_p	na_x	nb_p	nb_x	nc_p	nc_x	nd_p	nd_x	nf_p	nf_x
Malha aberta	2	2	2; 2	1; 1	1	1	1	1	2; 2	1; 1
Malha fechada	3	3	3; 3	2; 2	2	2	4	3	3; 5	3; 2

Fonte: Autor.

5.3 Filtragem dos sinais e identificação dos modelos

A filtragem dos sinais de identificação dos sistemas estudados é feita por um algoritmo de busca recursiva por tentativa e erro do tempo morto nk e dos parâmetros ótimos de cada filtro, que gerem o maior índice fit na validação cruzada de cada modelo, tal que o foco deixa de ser a identificação e passa a ser a filtragem dos sinais na pré-identificação. O estudo dos filtros *Wavelet* visa analisar as distintas bases da Transformada *Wavelet* e da variação do nível de detalhes da decomposição do sinal. As famílias *Wavelet* usadas e suas bases constam na Tabela 2.

Tabela 2: Famílias e bases Wavelet.

Família Wavelet	Base
Haar	Haar
Daubechies	db1, db2, db3, db4, db5, db6,db7,db8,db9,db10
Symlets	sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8
Coiflets	coif1, coif2, coif3, coif4, coif5
BiorSplines	bior1.1, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8
ReverseBior	bior1.1, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8
Fejer-Korovkin	fk4, fk6, fk8, fk14, fk18, fk22

Fonte: Autor.

O algoritmo de busca dos parâmetros ótimos dos filtros *Wavelet* é representado no fluxograma da Figura 76, onde BASE e LEVEL são vetores de parâmetros ótimos do filtro (base e nível de detalhamento da decomposição do sinal) e NK é o vetor de tempo morto, que

gerou o maior índice fit (indicado por F_max) em cada modelo estudado. Vb é o vetor com as bases de cada uma das famílias *Wavelet*. Este procedimento é implementado tanto para o sistema real quanto para o sistema simulado.

Figura 76: Fluxograma do processo de seleção dos parâmetros dos filtros *Wavelet*.

Fonte: Autor.

No estudo dos filtros digitais, o foco é direcionado à análise do comprimento no caso dos filtros FIR e da ordem no caso dos filtros IIR. Os filtros FIR usados neste estudo são: Kaiser, Tukey, Hanning, Retangular, Gaussiano e Dolph-Chebyshev; os filtros IIR usados são: Chebyshev Tipo I, Chebyshev Tipo II e Elíptico. O fluxograma do algoritmo de busca dos parâmetros ótimos dos filtros digitais (IIR e FIR) é apresentado na Figura 77, onde Nf é o vetor de parâmetros ótimos do filtro (comprimento dos filtros FIR ou ordem dos filtros IIR) e NK é o vetor de tempo morto do modelo que gerou o maior índice fit (indicado por: F_max) em cada modelo estudado. Este procedimento é implementado apenas nos dados da Planta Piloto de Neutralização de pH, como método de comparação.

Figura 77: Fluxograma do processo de seleção dos parâmetros dos filtros IIR e FIR.

Fonte: Autor.

Os índices N_{min} e N_{max} representam os valores mínimo e máximo dos parâmetros dos filtros e Nk_{max} indica o tempo morto máximo usado na busca. É importante destacar que para cada uma das ordens do modelo, os parâmetros ótimos dos filtros são diferentes e também alteram os valores de tempo morto do modelo, portanto, a escolha destes índices depende de análise empírica.

Na identificação da Planta Piloto de Neutralização de pH, as estruturas de modelo usadas na identificação das malhas de nível e pH são: ARX, ARMAX, OE e BJ (descritas no capítulo anterior). Tendo em vista o fato que a ordem deste sistema é desconhecida, neste trabalho são estudadas as estruturas abrangendo ordens de 1 a 4, totalizando 4^{np} modelos de cada estrutura, sendo que np representa o número de polinômios da estrutura em análise. Assim, para os modelos ARX (com ordens na e nb) e OE (com ordens nb e nf) o número de modelos resultantes é 16 (ou 4^2). A Figura 78 exibe um fluxograma de criação destes modelos. Os sinais de entrada dos processos são dados por u e os de saída por x .

Figura 78: Fluxograma do processo de obtenção dos modelos ARX (a) e OE (b).

Fonte: Autor.

Para os modelos ARMAX (com ordens na , nb e nc), o número de modelos resultantes é de 64 (ou 4^3) para cada um dos filtros. A Figura 79 exibe um fluxograma desta operação.

Figura 79: Fluxograma do processo de obtenção de modelos ARMAX.

Fonte: Autor.

Para os modelos BJ (com ordens nb , nc , nd e nf), são gerados 256 (ou 4^4) modelos para cada um dos filtros. A Figura 80 apresenta o fluxograma deste procedimento.

Figura 80: Fluxograma do processo de obtenção de modelos BJ.

Fonte: Autor.

Os procedimentos descritos geram uma grande massa de dados para análise e comparação entre métodos de filtragem para diferentes estruturas de modelo. Esta análise é importante, pois para diferentes ordens de modelo os parâmetros ótimos dos filtros também são diferentes. A Tabela 3 exhibe algumas funções do software MATLAB usadas neste trabalho.

Tabela 3: Funções do MATLAB.

Função	Descrição
iddata	Constrói um objeto de dados.
Armax	Estimar modelo ARMAX.
Arx	Estimar modelo ARX usando mínimos quadrados.
bj	Estimativa do modelo Box-Jenkins.
oe	Estimativa do modelo de erro de saída.
compare	Comparar saídas medidas e simuladas.
appcoef	Extraí coeficientes de aproximação 1-D.
detcoef	Extraí coeficientes detalhados 1-D.
wavedec	Decomposição de <i>wavelets</i> de vários níveis 1-D.
waverec	Reconstrução de <i>wavelets</i> multinível 1-D.
dyaddown	<i>Downsampling</i> diádico.
dyadup	<i>Upsampling</i> diádico.
wfilters	Filtros Wavelet.
wmaxlev	Nível máximo de decomposição em <i>wavelets</i> .
biorwavf	Filtros <i>wavelet</i> spline biortogonais.
coifwavf	Filtros <i>Wavelet</i> Coiflets.
dwwavf	Filtros <i>Wavelet</i> Daubechies.
symwavf	Filtros <i>Wavelet</i> Symlets.
fir1	Projetar um filtro de resposta de impulso finito baseado em janela.
cheby1	Design de filtro Chebyshev tipo I.
cheby2	Design de filtro Chebyshev tipo II.
Ellip	Design de filtro elíptico.
Filter	Design de filtro 1D.
Design	Aplicar método de projeto para filtrar objeto de especificação.

Fonte: do Autor.

Capítulo 6 – Resultados

Os procedimentos descritos no capítulo anterior geram um grande volume de dados, que são mostrados no Apêndice A, na forma de tabelas com os valores do $\hat{fit}$ de cada modelo estudado e os parâmetros dos filtros que geraram o maior índice de ajuste ($\hat{fit}$). Estes dados possibilitam a análise e comparação entre métodos de filtragem, para cada estrutura de modelo aplicada ao sistema real e ao sistema simulado. É importante destacar que o índice de ajuste ($\hat{fit}$) apresenta imprecisão, portanto, não podemos considera-lo como um valor absoluto, assim, o índice é aplicado neste estudo como um método de comparação.

6.1 Resultados do sistema real

A análise dos resultados dos modelos estimados da Planta Piloto de Neutralização de pH é feita aplicando-se indicadores de avaliação com base nos valores dos índices de ajuste da validação cruzada dos modelos para cada filtro usado, permitindo uma melhor apresentação dos dados e compreensão do leitor, sendo, sendo um indicador quantitativo, outro das médias dos índices de ajuste e outro das diferenças entre os índices de ajuste médio dos modelos com filtro e sem filtro.

Na avaliação quantitativa, para cada filtro são somados todos os casos em que o modelo com o filtro gerou melhor desempenho que o caso sem filtro (normalizado), comparando o índice $\hat{fit}$ diretamente. Em seguida, este é dividido pelo número total de modelos estudados de cada estrutura, ou seja, 4^{np} , (onde np representa o número de polinômios da estrutura) como descrito nas Equações (6.1) e (6.2).

$$F_d(k) = \begin{cases} 1, & \text{para } [\hat{fit}_{MF}(k) - \hat{fit}_{MS}(k)] > 0 \\ 0, & \text{para } [\hat{fit}_{MF}(k) - \hat{fit}_{MS}(k)] \leq 0 \end{cases} \quad (6.1)$$

$$IQ_n = \frac{1}{4^{np}} \sum_{k=1}^{4^{np}} F_d(k) \quad (6.2)$$

onde $\hat{fit}_{MF}$ e $\hat{fit}_{MS}$ representam os índices $\hat{fit}$ dos modelos com filtro e sem filtro, respectivamente, F_d define a função de desempenho do filtro e IQ_n é o índice quantitativo normalizado.

O índice qualitativo representa percentualmente quantos modelos o filtro melhorou o desempenho (maior $\hat{fit}$) em comparação com o modelo sem filtro. Esta análise verifica qual o melhor é o desempenho de cada filtro, independentemente da ordem do modelo, ou seja, são escolhidos os casos em que os modelos com filtro têm $\hat{fit}$ maior que os sem filtro.

As Figuras 81 e 82 exibem graficamente os resultados dos índices quantitativos dos modelos ARMAX ARX, OE e BJ da malha de nível e de pH para cada filtro estudado.

Tabela 4: Resultados dos índices quantitativos dos modelos da malha de nível e de pH.

Filtro	Malha de Nível				Malha de pH			
	ARMAX	ARX	OE	BJ	ARMAX	ARX	OE	BJ
Kaiser	23,44	50	75	41,41	28,83	56,25	37,50	61,33
Hanning	31,25	50	75	36,33	27,09	56,25	25,00	51,56
Retangular	20,31	75	75	50,39	42,90	75	43,75	34,38
Gaussiano	20,31	75	75	52,73	42,90	75	43,75	54,69
Tukey	20,31	75	75	52,73	42,90	75	50	54,69
Dolph-Chebyshev	23,44	75	75	48,83	42,10	75	50	53,52
Butterworth	64,06	75	93,75	80,08	27,09	62,50	93,75	64,84
Elíptico	25	75	56,25	58,20	11,07	75	56,25	67,58
Chebyshev Tipo I	14,06	50	25	69,92	6,92	50	25,00	62,50
Chebyshev Tipo II	12,5	50	68,75	74,22	5,74	50	37,50	69,14
Haar	76,56	100	100	100	82,66	100	93,75	83,98
Daubechies	75	100	100	100	93,75	100	100	89,45
Coiflets	45,31	75	100	71,09	60,93	75	100	77,34
Symlets	75	75	100	92,58	63,07	75	100	76,17
BiorSplines	89,06	100	100	100	60,93	100	100	89,84
ReverseBior	90,63	100	100	100	100	100,00	100	89,84
Fejer-Korovkin	84,38	100	100	98,83	78,78	100,00	93,75	87,11

Fonte: do Autor.

Figura 81: Comparação quantitativa entre os modelos da malha de nível.

Fonte: do Autor.

Figura 82: Comparação quantitativa entre os modelos da malha de pH.

Fonte: do Autor.

Dos resultados apresentados na Tabela 4 e nas figuras 81 e 82 nota-se que os filtros *Wavelet* geraram maior quantidade de modelos com desempenho melhor (maior *fit* que os

modelos obtidos com dados não filtrados) quando comparados aos filtros IIR e FIR, tanto na malha de nível quanto na malha de pH em todas as estruturas estudadas, destaca-se o fato de que os filtros *Wavelet* em varias estruturas geraram modelos melhores para todas as ordens, ou seja, 100% do modelos, assim como para a malha de nível aplocado à estrutura OE, todos os filtros *Wavelet* resultaram em 100% de modelos melhores.

A médias dos índices de ajuste μ_{fit} é calculada somam-se os índices fit de todos modelos de cada estrutura dividido pelo número total de modelos da estrutura (como descrito na Equação (6.3)).

$$\mu_{fit} = \frac{1}{4^{np}} \sum_{k=1}^{4^{np}} fit_{MF}(k) \quad (6.3)$$

Embora cada filtro apresente densenpenho diferente para diferentes ordens de modelo, (o flitro pode gerar índices fit altos para ordens especificas e muito baixas para as demais ordens do modelo) esta análise permite uma visão geral do desempenho dos filtros. metodologia aqui descrita não permite indicar de forma incisiva o quanto realmente melhorou, devido as incertezas do índice fit ,

As Figuras 83 e 84 apresentam os resultados dss médias dos índices fit dos modelos ARMAX ARX, OE e BJ das malhas de nível e de pH (respectivamente) para cada filtro estudado.

Tabela 5: Resultados da média dos índices de ajude dos modelos da malha de nível e de pH

Filtro	Malha de Nível				Malha de pH			
	ARMAX	ARX	OE	BJ	ARMAX	ARX	OE	BJ
Sem Filtro	85,9047	82,3364	85,9963	83,1065	76,8501	68,5010	76,2392	78,9741
Kaiser	85,7883	83,5521	86,0182	85,6709	77,0898	72,0829	79,3343	78,9053
Hanning	85,7801	83,2268	85,9975	85,4658	76,9727	71,9320	79,3343	78,8285
Retangular	84,1959	83,2223	86,0306	85,5699	76,7560	76,2805	74,7695	78,9053
Gaussiano	84,0389	83,2223	86,0306	85,5699	76,7560	76,2805	74,8052	78,9053
Tukey	84,0389	83,2223	86,0306	85,5699	76,7560	76,2805	74,8052	78,9053
Dolph-Chebyshev	84,6628	84,3592	85,9078	85,4006	77,0240	75,3635	75,0748	78,9053
Butterworth	85,9104	82,3620	86,0868	85,6652	77,2506	68,5127	80,3804	78,9783
Elíptico	84,8915	83,9205	86,4364	83,7814	74,7963	74,2833	79,4688	77,1138
Chebyshev Tipo I	82,8464	83,2712	85,9721	83,0235	70,0656	71,4019	78,1446	70,6725
Chebyshev Tipo II	79,5596	82,5602	86,1038	85,4002	69,1822	69,7508	80,6030	77,1138
Haar	85,7257	85,1419	86,4600	86,5182	78,3969	73,7192	80,9301	79,0022
Daubechies	85,8509	85,6052	86,5475	86,3914	79,8779	75,8320	80,9301	79,1401
Coiflets	85,6134	85,8245	85,8786	85,6073	76,9112	76,0762	80,1184	79,1753
Symlets	85,8781	85,7725	86,2114	85,7506	76,9654	75,7211	77,2855	79,1401
BiorSplines	85,9200	85,3964	86,4805	86,5182	76,9112	76,1182	81,0437	79,3218
ReverseBior	85,9315	85,8084	86,4836	86,3914	80,1849	76,4010	80,9301	79,2644
Fejer-Korovkin	85,9183	85,4207	86,2809	86,1245	77,3161	76,4812	79,1998	79,1289

Fonte: do Autor.

Figura 83: Comparação entre as médias dos índices de ajuste dos modelos da malha de nível.

Fonte: do Autor.

Figura 84: Comparação entre as médias dos índices de ajuste dos modelos da malha de pH.

Fonte: do Autor.

Dos resultados apresentados na Tabela 5 e nas figuras 83 e 84 verifica-se que os filtros *Wavelet* geraram modelos com maior *fit* médio que filtros IIR e FIR, tanto na malha de nível quanto na malha de pH em todas as estruturas estudadas, destaca-se o fato de que os filtros *Wavelet* em varias estruturas geraram modelos melhores para todas as ordens, ou seja, 100% do modelos, assim como para a malha de nível aplocado à estrutura OE, todos os filtros *Wavelet* resultaram em 100% de modelos melhores.

O ganho médio de desnmoernho (ou ganho médio do *fit*) fit_G é calculado pela média das diferenças do *fit* do modelo com filtro pelo *fit* do modelo sem filtro de cada estrutura estudada (como descrito na Equação (6.4)).

$$fit_G = \frac{1}{4^{np}} \sum_{k=1}^{4^{np}} \left[\frac{fit_{MF}(k) - fit_{MS}(k)}{fit_{MS}(k)} \right] * 100\% \quad (6.4)$$

onde e fit_G é o índice de ganho médio de *fit*. Este índice indica a capacidade do filtro em obter melhores modelos em relação ao modelo não filtrado e normalizado.

A Tabela 6 e as Figuras 85 e 86 exibem os resultados dos índices referentes aos modelos ARMAX, ARX, OE e BJ (respectivamente) para a malha de pH.

Tabela 6: Resultados do ganho de desempenho dos modelos da malha de nível e de pH

Filtro	Malha de Nível				Malha de pH			
	ARMAX	ARX	OE	BJ	ARMAX	ARX	OE	BJ
Kaiser	0,0871	1,7145	2,5722	1,6268	1,2933	5,3766	0,0763	1,6268
Hanning	0,1004	1,5390	2,3349	-1,8583	1,1977	5,2507	-0,0879	-1,8583
Retangular	-0,4783	0,7335	2,4697	-0,7117	1,6301	8,0000	0,3976	-0,7117
Gaussiano	-0,5058	0,7335	2,4697	0,5743	1,6301	8,0000	0,3976	0,5743
Tukey	-0,5058	0,7335	2,4697	0,5743	1,6301	8,0000	0,4912	0,5743
Dolph-Chebyshev	-0,2363	1,7699	2,3987	0,1525	1,6507	7,3988	0,4912	0,1525
Butterworth	0,0264	0,1173	2,4128	1,0629	1,2572	0,5452	0,4959	1,0629
Elíptico	-0,7554	1,8699	1,3205	1,8456	-1,5294	6,5926	0,2105	1,8456
Chebyshev Tipo I	-2,9749	1,4359	0,3776	2,4359	-5,1488	4,3233	-4,4289	2,4359
Chebyshev Tipo II	-8,0641	0,3695	1,7973	1,4904	-7,0941	1,9378	-1,5109	1,4904
Haar	1,3305	3,4100	3,3148	3,3230	4,0670	7,5509	0,7008	3,3230
Daubechies	1,4417	3,8763	3,3691	3,5776	4,5935	10,0904	1,0786	3,5776
Coiflets	0,3090	3,0481	2,7483	2,1539	2,8018	7,8624	0,8469	2,1539
Symlets	0,2148	3,0292	2,8135	2,0852	2,9289	7,5914	0,9024	2,0852
BiorSplines	1,4974	3,7668	3,4826	3,8393	2,8018	10,2839	1,0709	3,8393
ReverseBior	1,4870	4,0425	3,4084	3,7338	4,8974	10,5742	1,1566	3,7338
Fejer-Korovkin	1,2554	3,4417	3,1729	2,6994	3,7831	9,8024	0,8873	2,6994

Fonte: do Autor.

Figura 85: Comparação do ganho de *fit* dos modelos da malha de nível.

Fonte: do Autor.

Figura 86: Comparação do ganho médio de *fit* dos modelos da malha de pH.

Fonte: do Autor.

A análise da Tabela 6 e das figuras 85 e 86 podemos observar alguns aspectos importantes destes resultados, como: os filtros convencionais obtiveram baixo desempenho para as estruturas ARMAX e isto é ainda mais acentuado na malha de nível, além disto nota-se que os filtros IIR geraram modelos com *fit* inferior aos modelos sem filtro, ou seja, ganho negativo, por outro lado os filtros *Wavelet*, obtiveram ganho positivo para todos os filtros, embora com ganho baixo na malha de nível.

Para as estruturas ARX verifica-se que todos os filtros estudados geraram ganhos positivos, embora o filtro Butterworth apresente resultados muito baixos em ambas as malhas. Os filtros *Wavelet* obtiveram ganho superior para esta estrutura em comparação com os filtros convencionais tanto na malha de nível quanto na malha de pH. No caso das estruturas OE todos os filtros estudados obtiveram ganho positivo para a malha de nível, embora o filtro Chebyshev Tipo I presente baixo ganho, para a malha de pH o ganho de todos os filtros é baixo, porém positivo, exceto no caso dos filtros Chebyshev Tipo I e TipoII, onde os ganhos são negativos.

No caso das estruturas BJ verifica-se que os filtros FIR obtiveram baixo desempenho, por outro lado os filtros IIR e *Wavelet* obtiveram ganhos mais altos.

A análise do ganho de desempenho nos permite visualizar de modo geral quais os filtros mais indicados para cada estrutura em cada malha estudada. É importante destacar que os filtros *Wavelet* geraram resultados melhores quando comparados com filtros IIR e FIR, tanto para a malha de nível quanto para a malha de pH em todas as estruturas estudadas.

Para melhor avaliar os resultados dos filtros convencionais (IIR e FIR) e dos filtros *Wavelet* em relação às diferentes ordens dos modelos estudados, calculou-se a diferença do *fit* dos modelos com filtro pelo *fit* dos modelos sem filtro na forma de mapa de calor. As cores mostram a comparação em relação a modelos sem filtro, as células vermelhas (mais quentes) indicam aonde os modelos gerados pelo sinal filtrado geraram um *fit* superior ao dos modelos sem filtro e as células verdes (mais frias) aonde os modelos com filtro resultam em *fit* inferior a modelos sem filtro.

As Tabelas de 7 a 10 exibem o mapa de calor (as médias das diferenças) dos filtros convencionais e *Wavelet* de cada modelo das estruturas ARMAX, ARX, OE e BJ da malha de nível, respectivamente.

Tabela 7: Mapa de calor dos modelos ARMAX da malha de nível.

Nível		Filtros convencionais				Filtros <i>Wavelet</i>			
		na							
nb	nc	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	0,000	1,475	0,388	1,080	2,367	2,819	2,275	2,283
	2	0,000	0,664	0,198	1,046	2,355	2,447	2,201	2,244
	3	0,034	0,628	0,375	1,205	2,353	2,370	2,288	2,192
	4	0,066	0,591	0,782	1,122	2,366	2,249	2,260	2,085
2	1	0,161	0,000	0,000	0,061	2,002	0,009	0,025	0,042
	2	0,001	0,088	0,000	0,000	1,977	0,012	0,171	0,087
	3	0,050	0,000	0,029	0,000	1,952	0,043	0,251	0,143
	4	0,000	0,000	0,000	0,037	2,029	0,050	0,143	0,171
3	1	0,022	0,000	0,022	0,064	1,976	0,019	0,004	0,074
	2	0,000	0,000	0,000	0,000	2,028	0,013	0,233	0,108
	3	0,000	0,098	0,000	0,000	2,073	0,053	0,192	0,214
	4	0,000	0,000	0,000	0,000	1,935	0,103	0,137	0,188
4	1	0,110	0,000	0,000	0,064	1,939	0,024	0,006	0,049
	2	0,038	0,000	0,000	0,000	1,989	0,045	0,103	0,128
	3	0,043	0,000	0,000	0,000	2,265	0,030	0,124	0,206
	4	0,000	0,017	0,000	0,000	2,165	0,064	0,026	0,166

Fonte: do Autor.

Tabela 8: Mapa de calor dos modelos ARX da malha de nível.

nível	Filtros convencionais				Filtros <i>Wavelet</i>			
nb/na	1	2	3	4	1	2	3	4
1	0,000	2,7104	0,8827	2,1646	1,8868	3,5082	3,3098	3,3029
2	0,000	2,5874	0,7949	2,0067	1,8534	3,4577	3,2507	3,2378
3	0,000	2,4327	0,7196	1,8490	1,8292	3,4184	3,1916	3,1877
4	0,000	2,2721	0,6220	1,6690	1,7899	3,3685	3,1321	3,1290

Fonte: do Autor.

Tabela 9: Mapa de calor dos modelos OE da malha de nível.

Nível	Filtros convencionais				Filtros <i>Wavelet</i>			
nb/nf	1	2	3	4	1	2	3	4
1	0,0000	2,7103	0,8381	2,1646	1,4801	3,0875	2,8975	2,8948
2	0,0000	2,5873	0,7516	2,0065	1,4548	3,0449	2,8458	2,8368
3	0,0000	2,4327	0,6764	1,8490	1,4370	3,0125	2,7929	2,7925
4	0,0000	2,2720	0,5801	1,6688	1,4063	2,9708	2,7411	2,7414

Fonte: do Autor

Tabela 10: Mapa de calor dos modelos BJ da malha de nível.

Nível	Filtros convencionais																Filtros Wavelet																				
	nf		nb	1				2				3				4				1				2				3				4					
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
0,7000	1,2990	0,2449	1,3552	0,2449	0,4627	0,2942	0,1534	1,2212	1,0973	0,0795	1,7884	1,2780	0,0016	0,0000	0,0224	0,1315	0,0016	0,0000	0,0224	0,1315	0,0016	0,0000	0,0224	0,1315	0,0016	0,0000	0,0224	0,1315	0,0016	0,0000	0,0224	0,1315	0,0016	0,0000	0,0224	0,1315	
0,2090	0,1323	0,2546	0,1070	0,0000	0,0152	0,0000	0,0374	0,0569	0,0527	0,0524	0,0666	0,0666	0,0000	0,0654	0,1566	0,1975	0,0000	0,0654	0,1566	0,1975	0,0000	0,0654	0,1566	0,1975	0,0000	0,0654	0,1566	0,1975	0,0000	0,0654	0,1566	0,1975	0,0000	0,0654	0,1566	0,1975	
0,2130	0,1016	0,2114	0,1209	0,1780	0,0746	0,0000	0,1034	0,0807	0,0792	0,0527	0,1083	0,0876	0,0601	0,0872	0,1316	0,1558	0,0601	0,0872	0,1316	0,1558	0,0601	0,0872	0,1316	0,1558	0,0601	0,0872	0,1316	0,1558	0,0601	0,0872	0,1316	0,1558	0,0601	0,0872	0,1316	0,1558	
0,0656	0,1425	0,0742	0,0896	0,0674	0,0142	0,0117	0,0181	0,0881	0,0881	0,1001	0,0584	0,0876	0,0000	0,1368	0,1532	0,0849	0,0000	0,1368	0,1532	0,0849	0,0000	0,1368	0,1532	0,0849	0,0000	0,1368	0,1532	0,0849	0,0000	0,1368	0,1532	0,0849	0,0000	0,1368	0,1532	0,0849	
0,9014	0,6504	0,9957	1,6383	0,6696	0,5379	0,6356	1,3009	0,3198	1,0537	2,2749	1,6485	0,0851	0,0851	0,1558	0,0326	0,1684	0,0851	0,1558	0,0326	0,1684	0,0851	0,1558	0,0326	0,1684	0,0851	0,1558	0,0326	0,1684	0,0851	0,1558	0,0326	0,1684	0,0851	0,1558	0,0326	0,1684	
0,2068	0,0684	0,1317	0,1212	0,0097	0,0251	0,0531	0,0370	0,0072	0,0196	0,0612	0,0444	0,2820	0,2820	0,1625	0,1379	0,2173	0,2820	0,1625	0,1379	0,2173	0,2820	0,1625	0,1379	0,2173	0,2820	0,1625	0,1379	0,2173	0,2820	0,1625	0,1379	0,2173	0,2820	0,1625	0,1379	0,2173	
0,2311	0,2440	0,1755	0,1173	0,0040	0,0039	0,0915	0,0282	0,0038	0,0375	0,0604	0,0757	0,4526	0,4526	0,2468	0,1839	0,3327	0,4526	0,2468	0,1839	0,3327	0,4526	0,2468	0,1839	0,3327	0,4526	0,2468	0,1839	0,3327	0,4526	0,2468	0,1839	0,3327	0,4526	0,2468	0,1839	0,3327	
0,0981	0,2704	0,1438	0,0858	0,1229	0,0884	0,0514	0,0468	0,0622	0,5882	0,0617	0,0822	0,3045	0,3045	0,2426	0,1521	0,3300	0,3045	0,2426	0,1521	0,3300	0,3045	0,2426	0,1521	0,3300	0,3045	0,2426	0,1521	0,3300	0,3045	0,2426	0,1521	0,3300	0,3045	0,2426	0,1521	0,3300	
0,1663	0,6230	0,8442	1,6664	0,6768	0,8414	0,0908	0,7930	0,2552	1,1044	2,4360	1,6770	0,1011	0,1011	0,1105	0,0000	0,0173	0,1011	0,1105	0,0000	0,0173	0,1011	0,1105	0,0000	0,0173	0,1011	0,1105	0,0000	0,0173	0,1011	0,1105	0,0000	0,0173	0,1011	0,1105	0,0000	0,0173	
0,1126	0,3198	0,0880	0,1092	0,0337	0,0797	0,0218	0,0177	0,0000	0,0544	0,0105	0,0240	0,4415	0,4415	0,8072	0,3056	0,2038	0,4415	0,8072	0,3056	0,2038	0,4415	0,8072	0,3056	0,2038	0,4415	0,8072	0,3056	0,2038	0,4415	0,8072	0,3056	0,2038	0,4415	0,8072	0,3056	0,2038	
0,1836	0,1902	0,1488	0,1276	0,1811	0,0422	0,1423	0,0072	0,0846	0,0354	0,0654	0,0705	0,1203	0,1203	0,4662	0,1527	0,2957	0,1203	0,4662	0,1527	0,2957	0,1203	0,4662	0,1527	0,2957	0,1203	0,4662	0,1527	0,2957	0,1203	0,4662	0,1527	0,2957	0,1203	0,4662	0,1527	0,2957	
0,1136	0,1347	0,1228	0,0663	0,0100	0,0023	0,0450	0,0171	0,0805	0,0607	0,0771	0,0940	0,2916	0,2916	0,4069	0,2749	0,6288	0,2916	0,4069	0,2749	0,6288	0,2916	0,4069	0,2749	0,6288	0,2916	0,4069	0,2749	0,6288	0,2916	0,4069	0,2749	0,6288	0,2916	0,4069	0,2749	0,6288	
0,9740	0,1810	0,7245	2,6095	0,6388	0,4561	0,1651	1,0510	0,3964	0,3091	2,4715	1,8977	0,2167	0,2167	0,1669	0,2833	0,0209	0,2167	0,1669	0,2833	0,0209	0,2167	0,1669	0,2833	0,0209	0,2167	0,1669	0,2833	0,0209	0,2167	0,1669	0,2833	0,0209	0,2167	0,1669	0,2833	0,0209	0,2167
0,1842	0,2360	0,1123	0,0913	0,1075	0,0070	0,1189	0,0153	0,0136	0,0114	0,0037	0,0007	0,2472	0,2472	0,5410	0,4427	0,3189	0,2472	0,5410	0,4427	0,3189	0,2472	0,5410	0,4427	0,3189	0,2472	0,5410	0,4427	0,3189	0,2472	0,5410	0,4427	0,3189	0,2472	0,5410	0,4427	0,3189	
0,1951	0,2540	0,1988	0,0896	0,1090	0,1799	0,0108	0,0000	0,0466	0,1920	0,1229	0,0528	0,1092	0,1092	0,7260	0,6013	0,3038	0,1092	0,7260	0,6013	0,3038	0,1092	0,7260	0,6013	0,3038	0,1092	0,7260	0,6013	0,3038	0,1092	0,7260	0,6013	0,3038	0,1092	0,7260	0,6013	0,3038	
0,1677	0,1419	0,4098	0,1379	0,1561	0,0325	0,1400	0,0041	0,1705	0,0795	0,0692	0,0676	0,4406	0,4406	0,5195	0,3096	0,4073	0,4406	0,5195	0,3096	0,4073	0,4406	0,5195	0,3096	0,4073	0,4406	0,5195	0,3096	0,4073	0,4406	0,5195	0,3096	0,4073	0,4406	0,5195	0,3096	0,4073	
1,3330	1,2260	0,6190	2,8450	1,0690	0,8940	0,7510	3,3480	1,7980	0,7770	2,8050	4,0630	1,6410	1,6410	1,5210	1,6280	1,7000	1,6410	1,5210	1,6280	1,7000	1,6410	1,5210	1,6280	1,7000	1,6410	1,5210	1,6280	1,7000	1,6410	1,5210	1,6280	1,7000	1,6410	1,5210	1,6280	1,7000	
0,4460	0,3280	0,5400	0,3730	0,2220	0,4170	0,3870	0,3570	0,3210	0,3170	0,2360	4,0950	1,7060	1,7060	1,7710	2,1940	1,7740	1,7060	1,7710	2,1940	1,7740	1,7060	1,7710	2,1940	1,7740	1,7060	1,7710	2,1940	1,7740	1,7060	1,7710	2,1940	1,7740	1,7060	1,7710	2,1940	1,7740	
0,4380	0,3610	0,4880	0,6020	0,5780	0,4560	0,4870	0,3530	0,2960	0,3580	0,2580	4,2760	1,5590	1,5590	1,6930	1,9960	1,8540	1,5590	1,6930	1,9960	1,8540	1,5590	1,6930	1,9960	1,8540	1,5590	1,6930	1,9960	1,8540	1,5590	1,6930	1,9960	1,8540	1,5590	1,6930	1,9960	1,8540	
0,3550	0,4200	0,3200	0,5000	0,3850	0,3200	0,3180	0,4250	0,3590	0,3480	0,2920	4,2950	1,5100	1,5100	1,7250	1,8160	1,5960	1,5100	1,7250	1,8160	1,5960	1,5100	1,7250	1,8160	1,5960	1,5100	1,7250	1,8160	1,5960	1,5100	1,7250	1,8160	1,5960	1,5100	1,7250	1,8160	1,5960	
1,3880	1,5220	1,4940	3,3300	1,1970	1,2540	1,0810	3,1230	1,0920	1,6620	2,8010	3,9680	2,2900	2,2900	2,2710	1,9330	1,8020	2,2900	2,2710	1,9330	1,8020	2,2900	2,2710	1,9330	1,8020	2,2900	2,2710	1,9330	1,8020	2,2900	2,2710	1,9330	1,8020	2,2900	2,2710	1,9330	1,8020	
0,4990	0,3110	0,2570	0,3620	0,4140	0,5070	0,5540	0,4240	0,3310	0,3950	0,2930	4,5400	2,2810	2,2810	1,8930	1,8380	1,8930	2,2810	1,8930	1,8380	1,8930	2,2810	1,8930	1,8380	1,8930	2,2810	1,8930	1,8380	1,8930	2,2810	1,8930	1,8380	1,8930	2,2810	1,8930	1,8380	1,8930	
0,2810	0,4510	0,4110	0,6640	0,5810	0,3690	0,5440	0,4720	0,2980	0,3490	0,2980	4,3720	2,2850	2,2850	2,0310	1,7010	2,1940	2,2850	2,0310	1,7010	2,1940	2,2850	2,0310	1,7010	2,1940	2,2850	2,0310	1,7010	2,1940	2,2850	2,0310	1,7010	2,1940	2,2850	2,0310	1,7010	2,1940	
0,5500	0,6560	0,4510	0,5430	0,5430	0,3920	0,3490	0,3620	0,2560	0,3680	0,2970	4,2480	1,8480	1,8480	2,0780	1,6440	1,8890	1,8480	2,0780	1,6440	1,8890	1,8480	2,0780	1,6440	1,8890	1,8480	2,0780	1,6440	1,8890	1,8480	2,0780	1,6440	1,8890	1,8480	2,0780	1,6440	1,8890	
0,6280	0,9130	1,0510	3,1250	1,2770	1,1650	0,5690	2,5880	0,8200	1,5410	2,8280	4,4780	2,0910	2,0910	1,9790	1,6230	1,7820	2,0910	1,9790	1,6230	1,7820	2,0910	1,9790	1,6230	1,7820	2,0910	1,9790	1,6230	1,7820	2,0910	1,9790	1,6230	1,7820	2,0910	1,9790	1,6230	1,7820	
0,2620	0,5680	0,2750	0,3270	0,4130	0,6150	0,2600	0,3560	0,2980	0,4170	0,2310	4,5610	2,2900	2,2900	2,4730	2,2910	2,0250	2,2900	2,4730	2,2910	2,0250	2,2900	2,4730	2,2910	2,0250	2,2900	2,4730	2,2910	2,0250	2,2900	2,4730	2,2910	2,0250	2,2900	2,4730	2,2910	2,0250	
0,5860	0,3290	0,4290	0,6630	0,7160	0,4470	0,6820	0,4200	0,4200	0,2710	0,2820	4,6660	2,1370	2,1370	2,3070	1,9330	2,0420	2,1370	2,3070	1,9330	2,0420	2,1370	2,3070	1,9330	2,0420	2,1370	2,3070	1,9330	2,0420	2,1370	2,3070	1,9330	2,0420	2,1370	2,3070	1,9330	2,0420	
0,3710	0,4400	0,4320	0,5670	0,6000	0,2560	0,5580	0,4790	0,3190	0,3550	0,2410	4,5570	2,0560	2,0560	2,2090																							

Tabela 11: Mapa de calor dos modelos ARMAX da malha de pH.

pH		Filtros Convencionais				Filtros <i>Wavelet</i>			
		na				na			
nb	nc	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	0,0000	1,9467	1,4158	2,4354	3,9954	3,1867	2,1445	2,4209
	2	0,0000	1,9701	1,1686	2,6132	3,8971	2,9790	1,9282	2,0871
	3	0,0000	1,5982	1,7395	2,2600	4,1687	2,9396	2,6757	2,0099
	4	0,3626	1,8622	2,3495	2,2294	4,0728	2,6046	2,9454	2,3896
2	1	1,1835	0,0000	0,5230	1,5797	3,6836	0,9866	2,0753	1,8386
	2	0,1597	0,0000	1,3975	0,7642	3,3325	2,4603	2,0538	3,0309
	3	0,8126	0,0000	1,9872	0,0000	3,2654	1,7330	1,9650	0,1670
	4	0,0608	0,0319	1,7564	1,0132	3,0365	3,1333	2,8447	2,0999
3	1	0,8249	0,0000	0,9269	1,5298	3,6417	1,1670	2,2452	2,3295
	2	0,4945	1,6238	1,4703	1,4648	3,4527	2,5732	3,1134	3,2978
	3	0,8269	0,0720	1,6287	1,7979	3,5355	2,8871	3,2603	2,9862
	4	0,4836	1,1695	1,6910	1,8722	3,2001	2,8410	3,3175	2,8995
4	1	1,2373	0,0000	1,5494	1,4008	3,6556	0,0241	2,1884	2,5087
	2	0,2215	0,0000	2,2342	1,1491	3,4182	2,5921	3,3231	3,1055
	3	1,6329	0,0657	2,0229	1,6789	3,5730	3,0812	3,3979	2,5221
	4	0,2561	0,3334	1,9770	1,6193	3,2866	2,9281	3,3505	3,2341

Fonte: do Autor.

Tabela 12: Mapa de calor dos modelos ARX da malha de pH.

pH		Filtros convencionais				Filtros <i>Wavelet</i>			
nb/na		1	2	3	4	1	2	3	4
1		0,0005	7,3580	4,1909	8,2993	3,4535	7,1523	7,5374	7,7056
2		0,0042	7,2991	4,1071	8,1562	3,4606	7,1852	7,5130	7,6776
3		0,0000	6,2760	3,9301	7,8447	3,3174	6,9965	7,2990	7,4939
4		0,7162	6,7406	3,7235	7,5312	3,2078	6,8732	7,1539	7,3507

Fonte: do Autor.

Tabela 13: Mapa de calor dos modelos OE da malha de pH.

Nível		Filtros convencionais				Filtros <i>Wavelet</i>			
nb/nf		1	2	3	4	1	2	3	4
1		0,078	0,931	1,126	0,998	3,453	7,152	7,537	7,706
2		0,074	0,117	0,385	0,235	3,461	7,185	7,513	7,678
3		0,074	0,158	0,213	0,256	3,317	6,997	7,299	7,494
4		0,073	0,146	0,227	0,031	3,208	6,873	7,154	7,351

Fonte: do Autor.

Tabela 14: Mapa de calor dos modelos BJ da malha de pH.

pH	Filtros convencionais																Filtros Wavelet															
	nf		1				2				3				4				1		2				3				4			
			nd/nc	nb	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2			3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389	0,0000	0,0237	0,0252	0,0389
	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286	0,0649	0,0028	0,0000	0,3286
	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957	0,0776	0,7770	0,0047	0,2957
2	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771	0,9161	0,8754	0,0316	0,4771
	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237	0,0000	0,0978	0,5419	0,0237
	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793	0,1680	0,1698	0,0159	0,3793
	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974	0,2784	1,9430	0,2011	0,4974
3	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347	1,4716	1,7202	0,6007	0,7347
	0,0000	0,0000	0,4542	0,0000	0,0000	0,0000	0,4542	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4542	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675	1,2319	0,0000	0,1803	0,4675
	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986	0,2113	1,8735	0,5463	0,4986
4	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836	3,1023	2,0406	0,5591	0,3836
	0,0000	0,0000	0,5131	0,0000	0,0000	0,0000	0,5131	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5131	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275	1,7889	0,0656	0,4229	0,4275
	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173	1,5954	1,2792	1,3303	0,4173
5	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351	1,3677	1,7957	1,1714	0,5351
	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586	1,8062	1,8077	2,7995	1,6586
	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600	2,1053	1,6167	1,6743	1,8600
	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507	2,0564	3,2684	1,9611	2,1507
6	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385	3,4715	3,0903	2,1204	2,2385
	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204	1,9178	1,8183	2,8618	1,7204
	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051	2,1534	2,4876	1,6965	1,7051
	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016	2,1191	3,7569	2,1169	2,0016
7	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862	3,6502	3,8709	2,2403	2,0862
	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958	1,9349	1,6032	2,1193	1,5958
	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938	3,7665	1,8251	1,9490	2,0938
	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054	2,1718	4,1146	2,2353	2,3054
8	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393	3,9375	3,6365	2,3993	2,4393
	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732	2,1974	1,4219	3,4724	1,6732
	4,2764	1,5594	1,6184	1,7883	4,2764	1,5594	1,6184	1,7883	4,2764	1,5594	1,6184	1,7883	4,2764	1,5594	1,6184	1,7883	4,2764	1,5594	1,6184	1,7883	4,2764	1,5594	1,6184	1,7883	4,2764	1,5594	1,6184	1,7883	4,2764	1,5594	1	

filtros *Wavelet* geram melhores resultados que outros, o que permite inferir a ordem dos modelos (nível e pH).

Outro fator importante é que mesmo para modelos de baixa ordem, os filtros *Wavelet* geram bons resultados, tendo em vista que a ordem do sistema é desconhecida, o uso de modelos de ordem mais baixa reduz a chance de sobrepa-rametrização e diminui a chance de surgirem oscilações espúrias na previsão, decorrentes de potenciais raízes imaginárias em razão do tamanho do polinômio do modelo.

6.2 Resultados do sistema simulado

O estudo aplicado ao sistema simulado Shell Benchmark é dedicado a processar os dados de pressão usando filtros *Wavelet* e identificação deste sistema em malha aberta e malha fechada, com diferentes níveis de perturbação ($SNR = 3$ e $SNR = 30$).

Os índices de ajuste (*fit*) da modelagem da malha de pressão do sistema Shell Benchmark com esses SNRs em malha aberta para os diferentes filtros *Wavelet* são vistos nas Tabelas 15 e 16, respectivamente.

Tabela 15: Resultados do modelo de Pressão em malha aberta com $SNR = 3$.

Malha Aberta (SNR=3)	ARMAX	ARX	OE	BJ
Sem Filtro	38,6662	40,2820	52,1174	68,0597
Daubechies	46,5604	46,4576	63,9380	69,8627
Coiflets	39,9878	39,2146	63,5579	69,2623
Symlets	39,9345	41,3200	64,0787	69,0062
BiorSplines	46,5604	41,2834	63,9933	68,6664
ReverseBior	46,5604	45,0208	63,4962	69,8582
Fejer-Korovkin	46,2329	37,9675	64,3410	67,7577

Fonte: do Autor.

Tabela 16: Resultados do modelo de Pressão em malha aberta com $SNR = 30$.

Malha Aberta (SNR=30)	ARMAX	ARX	OE	BJ
Sem Filtro	77,53967	73,18835	83,81933	82,26867
Daubechies	80,75824	76,71233	84,62531	86,90828
Coiflets	79,2159	76,78801	84,32463	84,98011
Symlets	79,45883	76,7229	84,62531	84,86415
BiorSplines	81,00185	76,79107	87,05605	87,76342
ReverseBior	80,75824	76,70748	84,59085	84,8691
Fejer-Korovkin	81,33401	76,60878	84,28414	84,30193

Fonte: do Autor.

Os resultados da Tabela 15 é representados graficamente pelas Figura 87. A Figuras 88 apresenta o índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 3$.

Figura 87: Índice de ajuste ($\hat{fit}$) dos modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 3$.

Fonte: do Autor.

Figura 88: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 3$.

Fonte: do Autor.

Vê-se na Tabela 16 (e nas Figuras 87 e 88) que para o modelo de pressão em malha aberta e $SNR = 3$ os filtros *Wavelet* geraram modelos melhores (maior $\hat{fit}$) que os modelos não filtrados em todas as estruturas estudadas, exceto os filtros Coiflet e Fejer-Korovkin para a estrutura ARX, além disto, nota-se ainda melhora mais acentuada para a estrutura OE. Os resultados da Tabela 16 são mostrados graficamente na Figura 89. A Figura 90 exibe o índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 30$.

Figura 89: Índice de ajuste ($\hat{fit}$) dos modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 30$.

Fonte: do Autor.

Figura 90: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha aberta com $SNR = 30$.

Fonte: do Autor.

Verifica-se na Tabela 16 (e nas figuras 89 e 90) que para a modelagem do sistema em malha aberta e $SNR = 30$ todos os filtros *Wavelet* geraram modelos estimados melhores (maior *fit*) que os modelos não filtrados em todas as estruturas estudadas. Os resultados dos índices de ajuste (*fit*) da modelagem do processo de pressão em malha fechada com $SNR = 3$ e $SNR = 30$ aplicando os filtros *Wavelet*, são apresentadas nas Tabelas 17 e 18 respectivamente, para as estruturas ARMAX, ARX, OE e BJ.

Tabela 17: Resultados do modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 3$.

Malha Fechada (SNR=3)	ARMAX	ARX	OE	BJ
Sem Filtro	48,0979	47,8074	50,1144	50,3455
Daubechies	49,0824	48,7510	49,8103	50,3564
Coiflets	49,1896	48,8957	49,8680	50,3484
Symlets	49,1856	48,7525	49,9820	50,3649
BiorSplines	49,5186	49,2035	50,0417	50,3643
ReverseBior	49,5201	49,3865	50,0364	50,4173
Fejer-Korovkin	49,9282	48,1818	50,2285	50,3482

Fonte: do Autor.

Tabela 18: Resultados do modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 30$.

Malha Fechada (SNR=30)	ARMAX	ARX	OE	BJ
Sem Filtro	78.5097	78.4561	79.8881	80.8790
Daubechies	81,8175	80,3685	81,6404	81,8830
Coiflets	80,3197	80,3364	81,8467	81,8732
Symlets	80,3116	81,6341	81,6404	81,8830
BiorSplines	81,1444	81,7983	81,7983	81,8858
ReverseBior	81,1470	81,7798	81,7978	81,8580
Fejer-Korovkin	80,9611	81,6199	81,6199	81,8833

Fonte: do Autor.

Os resultados da Tabela 18 são representados graficamente pela Figura 91. A Figura 92 apresenta o índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 30$.

Figura 91: Índice de ajuste ($\hat{fit}$) dos modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 3$.

Fonte: do Autor.

Figura 92: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha fechada c/ $SNR = 3$.

Fonte: do Autor.

Dos resultados da Tabela 17 (e das Figuras 91 e 92) nota-se que para o modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 3$ os filtros *Wavelet* geraram modelos com maior $\hat{fit}$ que os modelos sem filtro nas estruturas ARMAX e ARX, no caso da estrutura BJ o ganho é positivo mas pequeno e no caso da estrutura OE o ganho de $\hat{fit}$ é negativo exceto para o filtro Fejer-Korovkin. Os dados da Tabela 18 são representados graficamente na Figura 93. A Figura 94 exibe o ganho de desempenho dos modelos de pressão em malha fechada com $SNR = 30$.

Figura 93: Índice de ajuste ($\hat{fit}$) dos modelo de pressão em malha fechada com $SNR = 30$.

Fonte: do Autor.

Figura 94: Índice de ganho de desempenho na estimação do modelo de pressão em malha fechada c/ $SNR = 30$.

Fonte: do Autor.

Dos resultados da Tabela 18 (e das figuras 93 e 94) nota-se que os filtros *Wavelet* geraram modelos estimados do processo de Pressão em malha fechada com $SNR = 3$ com fit maior que os modelos estimados sem filtro em todas as estruturas estudada, nota-se também que para as estruturas OE e BJ os resultados de todos os modelos estimados com o sinal filtrados são muito próximos.

Capítulo 7 – Conclusão

A implementação de filtros no processo de Identificação de Sistemas representa etapa importante na estimação de modelos matemáticos e desenvolvimento de sistemas de controle com maior eficiência e robustez. Nesta dissertação realizou-se o estudo de filtros *Wavelet* e comparação com outras técnicas de filtragem no processamento de sinais usados na identificação dos processos de um sistema real e de um sistema simulado.

O sistema real em questão refere-se à uma planta piloto de neutralização de pH, nesta etapa do estudo realizou-se uma análise comparativa dos filtros *Wavelet* em relação aos filtros de resposta ao impulso (IIR e FIR) na modelagem das malhas de nível e de pH deste sistema.

O sistema simulado usado no estudo foi o Shell Benchmark, um sistema MIMO, no qual foi implementado os filtros *Wavelet* na modelagem da malha de pressão nas seguintes condições:

- Malha aberta com $SNR = 3$ e $SNR = 30$.
- Malha fechada com $SNR = 3$ e $SNR = 30$.

O algoritmo de filtragem implementado consiste na busca recursiva dos parâmetros ótimos dos filtros que geram os maiores índices de ajuste (*fit*) dos modelos. O estudo dos filtros *Wavelet* dedicou-se à análise de diferentes bases da Transformada *Wavelet* e da variação do nível de detalhes na decomposição do sinal. No estudo dos filtros digitais, o foco é direcionado à análise do comprimento no caso dos filtros FIR e da ordem no caso dos filtros IIR.

As estruturas ARMAX, ARX, OE e BJ foram empregadas na identificação dos sistemas estudados, possibilitando uma análise ampla destas técnicas de filtragem. No caso da planta piloto de neutralização de pH, as ordens dos modelos são desconhecidas, sendo assim, considerou-se ordens variando de 1 a 4 para cada polinômio dos modelos, no caso do sistema simulado, as ordens são conhecidas, portanto, definidas.

A Transformada *Wavelet* Discreta empregada neste estudo envolve a análise em multiresolução (MALLAT, 1989), que implementa um esquema de filtros, no qual, o sinal amostrado é decomposto em coeficientes de aproximação (de baixa frequência) e detalhe (de alta frequência), usando uma série discreta de escalas e deslocamentos mutuamente ortogonais.

A aplicação dos filtros *Wavelet* e dos filtros lineares (IIR e FIR) na estimação de modelos dos processos da planta piloto de neutralização gerou os resultados mostrados no capítulo anterior na forma de indicadores de desempenho com base no *fit*, sendo, um indicador quantitativo (que avalia percentualmente a quantidade de modelos que o filtro melhorou o desempenho em relação ao modelo estimado com dados não filtrados) e outro indicador do

ganho no índice *fit*. Estes indicadores foram comparados e verificou-se desempenho superior dos filtros *Wavelet* em relação aos filtros lineares, tanto na modelagem da malha de nível quanto na malha de pH em todas as estruturas estudadas, sendo que, no caso da malha de nível, notou-se uma melhora mais acentuada destes resultados.

No caso do sistema simulado Shell Benchmark na malha de pressão verificou-se que os modelos estimados com sinal filtrado usando os filtros *Wavelet* geraram índices maiores comparado com os modelos obtidos a partir do sinal não filtrado na maioria dos cenários estudados (em alguns casos o desempenho foi inferior), destacando-se o desempenho dos modelos estimados com dados filtrados quando implementados para o sistema em malha aberta e $SNR = 3$ para estruturas OE e ARMAX, em que se verificou aumento do índice *fit* superior a 20%.

Embora os resultados indiquem a melhora dos modelos é importante destacar que a metodologia aqui descrita não permite indicar de forma incisiva o quanto realmente melhorou, devido as incertezas do índice *fit*, por esta razão, a análise é sempre feita com base na comparação de métodos.

A grande vantagem dos filtros *Wavelet* reside na capacidade da Transformada *Wavelet* de decompor o sinal com maior resolução no domínio do tempo e da frequência, possibilitando remover as componentes espúrias do sinal antes do processo de modelagem do sistema, deste modo, a aplicação desta técnica de filtragem destaca-se como uma ferramenta muito valiosa na identificação de processos industriais, que em geral apresentam alto nível de ruído.

Referências Bibliográficas

- AGUIRRE, L. A. *Introdução à identificação de sistemas: técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais*. 4ed. Belo Horizonte, Editora UFMG. 2015.
- ALVARADO, C. S. M. *Identificação e Controle Preditivo de uma Planta Piloto de Neutralização de pH*, Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Sistemas. Escola Politécnica da USP, 2013.
- ANTONIOU, A. *Digital signal processing: signals, systems and filters*, McGraw-Hill Education, 2005.
- BOZIC, S. M.; CHANCE, R. J. *Digital filters and signal processing in electronic engineering: Theory, applications, architecture, code*. Elsevier, 1998.
- CARVALHO, T. C. O. *Análise e implementação de métodos aplicados aos sinais variantes no tempo presentes em sistemas elétricos de potência*, Tese (Doutorado) – Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia da UFMG, 2013.
- CHEN, B; ZHU, Y; HU, J; PRINCIPE, J. C. S. *Parameter Identification: Information Criteria and Algorithms*. Newnes, 2013.
- CLOSE, C. M; FREDERICK, D. K; NEWELL, J. C. *Modeling and analysis of dynamic systems*. 3rd edition, New York, John Wiley & Sons, 2001.
- COTT, B, J. *Introduction to the Process Identification Workshop at the 1992 Canadian Chemical Engineering Conference*, **Jornal of Process Control**, 1995a.
- COTT, B, J. *Summary of the Process Identification Workshop at the 1992 Canadian Chemical Engineering Conference*, **Jornal of Process Control**, 1995b.
- DAUBECHIES, I. *Ten lectures on Waveletes*, Philadelphia: SIAM, 1992.
- DEBNATH, L. BHATTA D. *Integral Transformation and Their Applications*, 3rd ed., Chapman and Hall/CRC, 2014.
- DELMONT, O. F. *Utilização da Transformada Wavelet para Caracterização de Distúrbios na Qualidade da Energia Elétrica*, Dissertação (Mestrado) – Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlo, USP – São Carlos, 2003.
- EYKHOFF, P. *System Identification: Parameter and State Estimation*. New York: John Wiley & Sons. 1974.
- GABOR, D. *Theory of communication. Part I: The analysis of information*, *Electrical Engineers-Part III: Radio and Communication Engineering, Journal of the Institution of*, vol. 93, pp. 429-441, 1946.
- GARCIA, C. *Identificação de Sistemas*. Escola Politécnica da USP - Depto. de Engenharia de Telecomunicações e Controle - Laboratório de Automação e Controle. São Paulo, Brasil. 2008.
- HARRIS, F. J. *On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform*, *Proceedings of the IEEE*, vol 66, 1978.
- JULIANI R. C. G. *Adequação de Planta Piloto de Neutralização de pH a Plataforma de Pesquisa e Desenvolvimento*, Universidade de São Paulo. BR. doi: 10.13140/RG.2.2.20536.65289, 2011.
- KALECHMAN, M. *Practical MATLAB Applications for Engineers*, CRC Press, pp. 573-579, 2009.
- KEESMAN, K. J. *System identification: an introduction*. Springer, 2011.
- KESTER, W. *Mixed Signal and DSP Design Techniques*, Newnes/Elsevier, 2002.

- LIU, C. L. *A Tutorial of the Wavelet Transform*. Disponível em <http://disp.ee.ntu.edu.tw/tutorial/WaveletTutorial.pdf> data de acesso: 07/08/2017.
- LJUNG, L. *Convergence analysis of parametric identification methods*. Automatic Control, IEEE Transactions, v. 23, 1978.
- LJUNG, L., GLAD, T. *Modeling of dynamic systems*, 1ª ed., Prentice Hall International, United Kingdom. 1994.
- LJUNG, L. *System identification: theory for the user*. Prentice Hall PTR, New Jersey, 2nd edition. 1999.
- LJUNG, L. *System Identification Toolbox User's Guide*. The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, v. 5, Nov. 2000.
- LYNCH, P. *The Dolph–Chebyshev Window: A Simple Optimal Filter*, *Met E' ireann, Dublin, Ireland* 19 January 1996 and 27 June 1996.
- MADISETTI, V. *Digital Signal Processing Fundamentals* (The Digital Signal Processing Handbook, Second Edition), CRC Press. 2009.
- MALLAT, S. G. *A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation*, *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 11, pp. 674-693, 1989.
- MISITI, M., MISITI, Y., OPPENHIM, G., POGGI, J., *Wavelet Toolbox For Use With MATLAB*, The Math Works Inc, 2000.
- MORTTIN, P. A. *Ondas e Ondaletas: da Análise de Fourier à Análise de Ondaletas de Séries Temporais*. EDUSP, 2ª Edição, 2014.
- NATIONAL INSTRUMENTS. *System Identification Toolkit: User Manual*. Sept. 2003.
- OPPENHEIM, A. V. SCHAFFER, R. W. e BUCK, J. R. *Discrete-Time Signal Processing*, Second Edition, Prentice-Hall Signal Processing Series, 1999.
- PORAT, B. *A Course in Digital Signal Processing*. JOHN WILEY & SONS, INC., 1997.
- POULARIKAS, A. D. *The Handbook of Formulas and Tables for Signal Processing*. CRC Press LLC, 1999.
- PROAKIS, J. G.; MANOLAKIS, D. G. *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*, 4th edition, Prentice Hall, 2007.
- RICHALET, J. *Industrial Applications of Model Based Predictive Control*, Automatica, v. 29, n. 5, pp. 1251–1274. 1993.
- RODRÍGUEZ, O. W. R. *Pré-processamento de dados na Identificação de processos industriais*, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas, Escola Politécnica da USP, 2014.
- SÖDERSTRÖM, T.; STOICA, P. *System Identification*, 1ª ed., Prentice Hall International, United Kingdom. 1989.
- TITCHMARSH, E. C., *Introduction to Fourier Integrals*, Clarendon Press, Oxford, 1962.
- WALKER, J. S., *Fourier Analysis*, Oxford University Press, Oxford, 1988.
- ZADEH, L. *From circuit theory to system theory*. Proceedings of the IRE, 50 (5):856-865. 1962.
- ZHU, Y. *Multivariable System Identification for Process Control*. Eindhoven: Elsevier Science & Technology Ltd., Oxford, UK. 2001.

Apêndice A - Tabelas de Resultados

A.1 Resultados da malha de pH

Tabela 19: Resultados do modelo ARMAX com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.

na		1		2		3		4	
nb	nc	nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit
1	1	25	68.3697	0	73.6210	0	73.7296	0	73.6265
1	2	26	68.5292	0	73.5842	0	74.0206	0	73.8882
1	3	26	68.6452	0	73.5790	0	73.5448	0	74.1890
1	4	26	68.6972	0	73.8765	0	73.4590	0	73.7982
2	1	25	68.4018	17	77.1634	16	77.2143	17	77.2186
2	2	25	68.5703	18	77.2449	15	77.2158	16	76.9712
2	3	25	68.6950	17	77.2046	20	76.7606	1	80.0224
2	4	25	68.7481	21	77.0264	16	76.9936	19	77.0600
3	1	24	68.4098	20	77.3855	19	77.2201	17	77.2543
3	2	24	68.5841	20	77.1896	14	77.0706	15	76.7969
3	3	24	68.7114	18	77.2859	15	76.9330	15	76.8244
3	4	24	68.7634	20	77.4146	14	76.8227	18	77.0115
4	1	25	68.4137	7	80.0224	17	77.2290	16	77.3795
4	2	25	68.5956	20	77.2239	20	76.8757	17	77.0778
4	3	25	68.7438	19	77.2071	20	76.9579	17	76.9407
4	4	25	68.7967	20	77.4522	20	76.9489	16	76.9854

Fonte: do Autor.

Tabela 20: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Kaiser para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	26	2	68.1816	0	2	73.8325	0	2	74.0944	0	2	74.0335
1	2	27	2	68.3357	0	3	74.0797	0	7	74.1538	0	2	74.0482
1	3	27	2	68.4530	0	7	74.3128	1	9	75.3861	1	1	75.1462
1	4	35	10	69.6078	1	9	76.8946	0	11	76.3549	1	1	75.5065
2	1	29	9	69.9350	18	2	77.0926	17	2	77.1693	18	2	77.1504
2	2	20	14	68.4423	17	4	77.1781	13	8	79.6260	16	6	76.9446
2	3	31	15	69.3995	15	2	77.1372	14	1	79.7678	22	1	78.3711
2	4	27	1	68.5814	19	4	77.3131	14	1	79.6528	14	8	79.2559
3	1	34	9	69.7780	17	2	77.0870	25	1	78.2253	18	2	77.1864
3	2	39	13	68.7335	16	1	79.6461	12	8	79.8741	26	1	77.7614
3	3	30	14	69.4769	17	1	77.4058	13	10	79.5239	7	5	79.9231
3	4	26	1	68.6660	15	1	79.1888	15	1	77.0486	16	8	79.4319
4	1	30	9	69.9523	8	2	79.9381	22	6	78.7440	17	2	77.3332
4	2	26	2	68.4108	16	1	77.1008	9	1	80.0911	18	2	77.0124
4	3	28	12	69.7434	16	1	77.3142	12	10	79.9743	6	5	79.7349
4	4	25	1	68.7189	13	10	78.8026	13	11	79.5985	12	10	79.5959

Fonte: do Autor.

Tabela 21: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Hanning para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit
1	1	26	1	68.1816	0	1	73.8325	0	1	74.0944	0	1	74.0335
1	2	27	1	68.3357	4	3	74.6998	1	1	73.9811	2	3	76.5213
1	3	27	1	68.4530	0	2	73.9859	8	5	74.0691	14	3	75.3648
1	4	27	6	70.1349	2	4	76.7205	2	4	76.7731	2	4	76.7272
2	1	27	5	70.3555	18	1	77.0926	17	1	77.1693	18	1	77.1504
2	2	20	3	68.4379	21	1	76.8282	16	1	77.1827	17	1	76.9217
2	3	28	7	69.8644	15	1	77.1372	15	2	79.6097	23	2	78.1185
2	4	26	1	68.5632	19	1	76.9061	15	2	79.5051	20	1	76.9602
3	1	30	5	70.2621	17	1	77.0870	26	2	77.9255	18	1	77.1864
3	2	17	7	68.8378	17	2	79.5213	18	2	77.0819	27	2	77.5387
3	3	31	9	69.9182	18	2	77.3340	11	5	80.0272	22	2	78.7422
3	4	25	1	68.5817	16	2	79.0692	17	3	79.3365	14	3	79.3898
4	1	30	5	70.2852	8	1	79.9403	17	5	79.5136	17	1	77.3332
4	2	26	1	68.4108	19	2	77.0128	10	2	80.0736	18	1	77.0124
4	3	26	7	70.1484	17	2	77.2628	10	5	80.1719	23	4	78.3504
4	4	26	1	68.6131	21	3	79.1028	11	5	79.4762	18	2	76.9852

Fonte: do Autor.

Tabela 22: Resultados do modelo ARMAX com filtro Retangular para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit
1	1	27	2	66.6126	0	41	76.6703	0	42	76.7593	0	44	76.6214
1	2	37	24	68.3138	0	41	76.6327	0	42	76.7527	1	46	76.4697
1	3	8	31	64.7293	0	41	76.5581	0	44	76.4522	1	32	76.8719
1	4	5	37	66.0639	0	39	76.5166	0	39	76.7512	0	43	76.7310
2	1	27	1	68.2803	0	42	76.4812	22	7	78.1600	8	4	80.0896
2	2	27	1	68.2954	0	42	76.4502	12	3	79.7298	12	15	78.9494
2	3	27	1	68.4494	0	41	76.3913	14	1	79.7678	9	9	79.7318
2	4	27	1	68.5814	0	42	76.3385	14	1	79.6528	6	17	79.1994
3	1	26	1	68.3536	0	43	76.3681	9	7	78.6918	7	4	80.0669
3	2	26	1	68.3604	16	1	79.6461	16	2	79.3974	4	15	79.6537
3	3	26	1	68.5308	17	1	77.4058	21	3	78.6918	8	9	79.5297
3	4	26	1	68.6660	15	1	79.1888	12	9	79.6148	9	10	79.7937
4	1	25	1	68.3946	0	44	76.0584	9	7	79.8226	13	6	79.8032
4	2	25	1	68.3975	18	1	77.1008	9	1	80.0911	4	15	79.4336
4	3	39	13	70.9104	16	1	77.3142	19	2	79.3062	7	9	79.6905
4	4	25	1	68.7189	16	1	77.1692	8	9	79.8419	8	10	79.7552

Fonte: do Autor.

Tabela 23: Resultados do modelo ARMAX com filtro Gaussiano para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	27	2	66.6126	0	41	76.6703	0	42	76.7593	0	44	76.6214
1	2	37	24	68.3138	0	41	76.6327	0	42	76.7527	1	46	76.4697
1	3	8	31	64.7293	0	41	76.5581	0	44	76.4522	1	32	76.8719
1	4	5	37	66.0639	0	39	76.5166	0	39	76.7512	0	43	76.7310
2	1	27	1	68.2803	0	42	76.4812	22	7	78.1600	8	4	80.0896
2	2	27	1	68.2954	0	42	76.4502	12	3	79.7298	12	15	78.9494
2	3	27	1	68.4494	0	41	76.3913	14	1	79.7678	9	9	79.7318
2	4	27	1	68.5814	0	42	76.3385	14	1	79.6528	6	17	79.1994
3	1	26	1	68.3536	0	43	76.3681	9	7	78.6918	7	4	80.0669
3	2	26	1	68.3604	16	1	79.6461	16	2	79.3974	4	15	79.6537
3	3	26	1	68.5308	17	1	77.4058	21	3	78.6918	8	9	79.5297
3	4	26	1	68.6660	15	1	79.1888	12	9	79.6148	9	10	79.7937
4	1	25	1	68.3946	0	44	76.0584	9	7	79.8226	13	6	79.8032
4	2	25	1	68.3975	18	1	77.1008	9	1	80.0911	4	15	79.4336
4	3	39	13	70.9104	16	1	77.3142	19	2	79.3062	7	9	79.6905
4	4	25	1	68.7189	16	1	77.1692	8	9	79.8419	8	10	79.7552

Fonte: do Autor.

Tabela 24: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Tukey para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	27	2	66.6126	0	41	76.6703	0	42	76.7593	0	44	76.6214
1	2	37	24	68.3138	0	41	76.6327	0	42	76.7527	1	46	76.4697
1	3	8	31	64.7293	0	41	76.5581	0	44	76.4522	1	32	76.8719
1	4	5	37	66.0639	0	39	76.5166	0	39	76.7512	0	43	76.7310
2	1	27	1	68.2803	0	42	76.4812	22	7	78.1600	8	4	80.0896
2	2	27	1	68.2954	0	42	76.4502	12	3	79.7298	12	15	78.9494
2	3	27	1	68.4494	0	42	76.3913	14	1	79.7678	9	9	79.7318
2	4	27	1	68.5814	0	42	76.3385	14	1	79.6528	6	17	79.1994
3	1	26	1	68.3536	0	45	76.3681	9	7	78.6918	7	4	80.0669
3	2	26	1	68.3604	16	1	79.6461	16	2	79.3974	4	15	79.6537
3	3	26	1	68.5308	17	1	77.4058	21	3	78.6918	8	9	79.5297
3	4	26	1	68.6660	15	1	79.1888	12	9	79.6148	9	10	79.7937
4	1	26	1	68.3946	0	44	76.0584	9	7	79.8226	13	6	79.8032
4	2	26	1	68.3975	18	1	77.1008	9	1	80.0911	4	15	79.4336
4	3	39	13	70.9104	16	1	77.3142	19	2	79.3062	7	9	79.6905
4	4	25	1	68.7189	16	1	77.1692	8	9	79.8419	8	10	79.7552

Fonte: do Autor.

Tabela 25: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	27	2	65.1846	0	28	76.5057	0	28	76.6298	0	24	76.9270
1	2	18	12	68.2119	0	34	76.6229	0	44	75.6509	0	29	76.6957
1	3	24	16	66.4865	0	35	76.8005	0	29	77.2725	8	17	76.2353
1	4	30	13	69.6125	0	33	76.8536	0	29	77.2427	0	36	76.9471
2	1	27	1	68.2803	0	27	76.3426	9	23	79.0841	11	9	79.7012
2	2	27	1	68.2954	0	27	76.4505	13	2	79.8414	12	18	77.9145
2	3	27	1	68.4494	0	33	76.5482	14	1	79.7678	3	5	79.3468
2	4	27	1	68.5814	0	34	76.6528	14	1	79.6528	15	2	77.5643
3	1	26	1	68.3536	0	28	76.3157	2	15	79.4361	13	7	79.6023
3	2	26	1	68.3604	16	1	79.6461	14	2	79.8898	0	22	78.3603
3	3	26	1	68.5308	17	1	77.4058	12	3	79.8782	21	1	78.9033
3	4	26	1	68.6660	15	1	79.1888	9	4	80.0615	9	2	80.0077
4	1	25	1	68.3946	0	29	76.1133	1	15	79.5931	11	7	79.8321
4	2	25	1	68.3975	18	1	77.1008	8	2	80.1323	15	2	79.7372
4	3	25	1	68.5751	16	1	77.3142	9	3	80.2353	21	2	78.6577
4	4	25	1	68.7189	16	1	77.1692	9	7	80.1539	14	6	79.5409

Fonte: do Autor.

Tabela 26: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	26	1	70,0441	26	1	70,0441	26	1	70,0441	26	1	70,0441
1	2	25	1	70,0259	25	1	70,0259	25	1	70,0259	25	1	70,0259
1	3	26	1	70,0047	26	1	70,0047	26	1	70,0047	26	1	70,0047
1	4	26	1	69,7437	26	1	69,7437	26	1	69,7437	26	1	69,7437
2	1	19	4	71,2950	19	4	71,2950	19	4	71,2950	19	4	71,2950
2	2	19	4	71,0330	19	4	71,0330	19	4	71,0330	19	4	71,0330
2	3	19	4	70,8212	19	4	70,8212	19	4	70,8212	19	4	70,8212
2	4	18	2	71,0755	18	2	71,0755	18	2	71,0755	18	2	71,0755
3	1	18	4	71,3776	18	4	71,3776	18	4	71,3776	18	4	71,3776
3	2	19	6	71,0903	19	6	71,0903	19	6	71,0903	19	6	71,0903
3	3	18	2	70,7079	18	2	70,7079	18	2	70,7079	18	2	70,7079
3	4	18	2	70,9912	18	2	70,9912	18	2	70,9912	18	2	70,9912
4	1	24	4	71,4622	24	4	71,4622	24	4	71,4622	24	4	71,4622
4	2	17	6	70,7530	17	6	70,7530	17	6	70,7530	17	6	70,7530
4	3	22	2	70,5920	22	2	70,5920	22	2	70,5920	22	2	70,5920
4	4	22	2	70,8581	22	2	70,8581	22	2	70,8581	22	2	70,8581

Fonte: do Autor.

Tabela 27: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	28	8	60.2012	1	14	74.4168	37	8	63.3479	0	18	76.4666
1	2	35	3	64.3373	16	4	68.9510	34	9	60.3948	0	12	76.5631
1	3	33	3	33.6539	13	4	65.5807	16	3	56.1671	0	4	76.6242
1	4	34	3	61.8448	25	2	57.5956	33	7	68.0396	0	4	75.7309
2	1	24	27	68.8410	0	9	76.1163	23	11	67.3911	0	14	76.3151
2	2	23	15	66.7674	3	15	75.2042	34	17	64.3323	0	28	76.4735
2	3	36	37	69.1568	3	5	76.7447	25	5	67.4115	0	4	76.7431
2	4	30	4	33.8865	16	3	70.6607	40	5	60.0896	1	4	76.0959
3	1	26	31	68.6311	0	7	76.1818	38	7	65.7361	0	14	76.2905
3	2	22	50	66.1540	6	17	75.1816	33	22	64.7133	0	12	76.3229
3	3	37	33	69.2010	6	5	76.2262	20	3	72.7708	0	12	76.5393
3	4	36	24	60.3434	2	9	75.2820	36	8	63.3382	0	13	76.5728
4	1	24	31	68.8744	0	5	75.8025	30	15	67.0973	1	10	76.1773
4	2	35	44	66.0771	5	17	75.1730	32	10	64.7251	0	12	76.2045
4	3	35	45	69.1633	0	9	75.1994	19	3	72.2803	1	10	76.2756
4	4	22	15	68.2477	0	9	75.4767	32	17	64.7964	0	13	76.3249

Fonte: do Autor.

Tabela 28: Resultados do modelo ARMAX com filtro Elíptico para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	25	1	70,0984	25	1	70,0984	25	1	70,0984	25	1	70,0984
1	2	26	1	70,0415	26	1	70,0415	26	1	70,0415	26	1	70,0415
1	3	26	1	69,9949	26	1	69,9949	26	1	69,9949	26	1	69,9949
1	4	25	1	69,9268	25	1	69,9268	25	1	69,9268	25	1	69,9268
2	1	20	16	71,2208	20	16	71,2208	20	16	71,2208	20	16	71,2208
2	2	17	10	71,1646	17	10	71,1646	17	10	71,1646	17	10	71,1646
2	3	20	12	71,8440	20	12	71,8440	20	12	71,8440	20	12	71,8440
2	4	31	10	73,8233	31	10	73,8233	31	10	73,8233	31	10	73,8233
3	1	21	10	70,7254	21	10	70,7254	21	10	70,7254	21	10	70,7254
3	2	23	2	72,5103	23	2	72,5103	23	2	72,5103	23	2	72,5103
3	3	29	8	73,1427	29	8	73,1427	29	8	73,1427	29	8	73,1427
3	4	25	10	73,6312	25	10	73,6312	25	10	73,6312	25	10	73,6312
4	1	16	8	71,4334	16	8	71,4334	16	8	71,4334	16	8	71,4334
4	2	22	2	72,5228	22	2	72,5228	22	2	72,5228	22	2	72,5228
4	3	48	5	71,6589	48	5	71,6589	48	5	71,6589	48	5	71,6589
4	4	26	12	73,3261	26	12	73,3261	26	12	73,3261	26	12	73,3261

Fonte: do Autor.

Tabela 29: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Butterworth para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	21	2	66,6487	11	1	65,0461	11	1	65,0130	13	1	65,0304
1	2	16	1	58,1775	11	1	66,2666	15	1	74,5780	13	2	75,0403
1	3	14	1	42,7991	11	1	67,5037	15	1	74,3850	13	2	75,0309
1	4	14	1	14,8200	10	1	69,8337	13	1	74,7344	11	1	73,3915
2	1	20	2	73,7661	10	4	77,0639	13	2	73,9194	12	5	76,8550
2	2	20	1	70,0076	10	2	74,9252	10	2	73,4366	13	4	75,5585
2	3	19	2	73,6725	16	2	76,1215	19	2	74,2786	14	1	78,6197
2	4	20	1	69,2951	10	1	73,3854	15	3	73,6599	11	2	76,5189
3	1	20	1	72,3925	10	5	76,9801	13	2	73,9087	10	5	76,8056
3	2	20	3	72,6315	13	3	76,8087	15	1	77,6886	14	1	77,6868
3	3	19	2	73,5599	12	3	76,8038	14	1	77,6845	14	1	77,6773
3	4	26	4	73,1158	13	2	75,8756	14	1	77,6872	14	2	77,6975
4	1	21	2	73,9292	10	3	76,8444	15	2	73,9864	11	5	76,8392
4	2	21	1	70,5889	12	4	76,8617	14	1	77,6672	14	1	77,6927
4	3	20	2	73,8304	10	7	76,7872	17	1	78,6115	24	1	77,7360
4	4	31	3	71,1020	13	6	76,5381	14	1	77,6813	13	2	78,0840

Fonte: do Autor.

Tabela 30: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Haar* para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	24	6	73.7089	1	7	76.3786	1	7	75.2008	0	7	75.2702
1	2	24	6	73.6874	0	7	75.0815	0	7	75.6431	7	7	74.9724
1	3	24	6	73.6601	0	7	75.1328	2	7	75.2401	2	7	75.4248
1	4	24	6	73.6264	0	7	75.3125	5	4	76.0238	0	7	75.0341
2	1	23	6	73.7243	26	6	78.0793	27	2	79.9084	6	7	78.1624
2	2	23	6	73.6986	13	4	80.1431	12	4	78.3019	18	3	79.6480
2	3	23	6	73.6705	9	4	80.2335	2	3	80.0268	3	1	80.2812
2	4	23	6	73.6364	5	4	80.2712	8	4	80.2266	9	5	79.6117
3	1	22	6	73.7383	16	4	80.0737	10	3	80.1222	5	7	78.7608
3	2	22	6	73.7134	12	4	80.1267	10	5	80.0017	1	7	78.9662
3	3	22	6	73.6818	8	4	80.3815	16	4	79.8952	8	7	79.3341
3	4	22	6	73.6473	4	4	80.3211	1	4	79.9956	8	5	79.8700
4	1	21	6	73.7519	11	3	80.0072	7	3	80.1286	23	7	78.4919
4	2	21	6	73.7270	11	4	80.1418	15	4	79.9694	9	1	80.0417
4	3	21	6	73.6966	3	4	80.3627	7	4	80.3746	6	6	77.2773
4	4	21	6	73.6589	3	4	80.3169	0	4	80.1000	10	3	80.1919

Fonte: do Autor.

Tabela 31: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	24	1 6	73.7089	2	6 6	76.6204	6	3 6	75.945	8	7 4	75.8574
1	2	24	1 6	73.6874	2	7 6	76.9746	3	5 5	76.0587	4	6 5	76.1897
1	3	24	1 6	73.6601	3	7 6	76.7706	6	3 6	76.0241	7	8 4	76.2797
1	4	24	1 6	73.6264	2	4 1	76.5193	2	4 5	76.5110	8	4 6	76.1464
2	1	23	1 6	73.7243	13	1 3	79.9768	5	1 4	79.9084	13	3 3	79.8473
2	2	23	1 6	73.6986	13	1 4	80.1431	4	2 4	79.9810	9	5 2	79.7402
2	3	23	1 6	73.6705	9	1 4	80.2335	12	1 3	80.0268	3	1 1	80.2812
2	4	23	1 6	73.6364	2	1 4	80.3085	2	1 4	80.2266	9	1 5	79.6117
3	1	22	1 6	73.7383	16	1 4	80.0737	8	1 3	80.1222	17	3 1	79.4580
3	2	22	1 6	73.7134	12	1 4	80.1267	9	7 1	80.2630	8	4 2	80.1682
3	3	22	1 6	73.6818	8	1 4	80.3815	8	10 1	80.3471	10	2 1	80.1249
3	4	22	1 6	73.6473	4	1 4	80.3211	1	1 4	79.9956	2	2 2	80.0585
4	1	21	1 6	73.7519	11	1 3	80.0072	7	1 3	80.1286	2	1 4	80.1926
4	2	21	1 6	73.7270	11	1 4	80.1418	8	5 1	80.2054	13	4 1	80.3018
4	3	21	1 6	73.6966	3	1 4	80.3627	7	1 4	80.3746	9	3 1	80.1087
4	4	21	1 6	73.6589	8	7 1	80.3751	11	9 1	80.2481	2	4 3	80.2599

Fonte: do Autor.

Tabela 32: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	coif L	fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit
1	1	30	5 5	71.1309	2	3 6	76.8879	9	2 6	75.1224	5	2 5	75.8563
1	2	30	5 5	71.1329	4	3 6	76.6527	4	2 5	75.6273	5	4 5	75.9003
1	3	22	5 5	71.4948	3	3 6	76.7005	1	3 1	76.2734	5	2 5	76.1524
1	4	11	4 5	71.7204	0	2 1	76.9345	1	5 1	76.2980	5	2 5	76.3746
2	1	22	5 5	70.5361	0	2 5	76.1056	7	1 2	80.2055	12	1 2	77.6264
2	2	25	2 1	69.5027	9	1 1	79.9837	13	1 6	78.0420	11	1 1	80.0810
2	3	30	2 1	69.9284	0	2 5	76.6864	15	1 1	76.7034	15	1 1	79.8531
2	4	24	3 1	69.7897	3	1 2	80.4060	7	1 2	80.2270	17	1 1	77.0712
3	1	33	2 4	70.3013	1	2 5	76.1389	20	1 2	78.9015	10	2 4	79.5871
3	2	24	2 1	70.0816	8	1 1	80.1830	8	3 1	80.2162	1	2 3	80.3640
3	3	21	3 1	70.6563	13	2 1	79.9239	9	3 1	80.1098	16	1 3	79.3437
3	4	27	5 1	70.1666	6	1 2	80.3795	6	1 2	80.2867	14	2 3	79.4948
4	1	18	2 4	70.2638	0	2 5	76.1463	19	1 2	79.1733	10	2 3	80.0066
4	2	22	2 1	70.1403	7	1 1	80.1939	7	3 1	80.2017	6	2 2	80.1240
4	3	20	3 1	70.9324	8	2 1	80.2338	7	4 1	80.3053	20	1 2	79.0088
4	4	21	5 1	70.4441	6	1 2	80.3674	8	5 1	80.3666	11	1 2	80.0671

Fonte: do Autor.

Tabela 33: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	sym L	fit	nk	sym L	Fit	nk	sym L	fit	nk	sym L	fit
1	1	30	7 5	71.1314	2	8 6	76.9571	8	4 5	76.1084	8	4 5	76.0610
1	2	30	7 5	71.1334	2	8 6	76.9736	7	5 5	75.9773	8	4 5	76.0732
1	3	29	7 5	73.2176	3	8 6	76.8050	6	3 6	76.0241	4	4 6	76.3615
1	4	11	7 5	72.1466	7	3 5	76.1938	1	4 1	76.5024	4	5 6	76.1207
2	1	23	4 4	70.3310	1	4 5	76.4596	19	2 2	77.1707	13	3 3	79.8473
2	2	27	5 1	70.7140	12	2 1	80.0107	4	2 4	79.9810	8	5 2	79.6249
2	3	31	7 1	70.3634	4	4 5	76.4912	16	2 1	76.7194	2	5 2	80.2590
2	4	26	3 1	69.0958	2	2 2	80.3085	16	2 1	77.3817	0	4 1	80.4053
3	1	28	4 4	70.5159	2	4 5	76.4716	18	2 6	78.2265	17	3 1	79.4580
3	2	28	5 6	70.4524	11	2 1	80.0441	13	5 1	80.0016	10	3 2	80.0572
3	3	21	8 1	70.8839	9	4 1	80.1302	9	8 1	80.2116	10	2 1	80.1249
3	4	24	8 1	69.5644	9	5 1	80.0742	14	2 2	79.9685	2	2 2	80.0585
4	1	29	6 4	70.6663	3	4 5	76.5142	17	2 2	77.2599	2	3 4	80.1926
4	2	27	4 1	70.1254	10	2 1	80.0937	6	5 1	80.2662	13	3 1	80.3018
4	3	20	6 1	70.7758	0	4 1	80.2326	7	8 1	80.3558	9	2 1	80.1087
4	4	25	8 1	69.8119	3	6 1	80.4816	8	6 1	80.3731	2	3 3	80.2599

Fonte: do Autor.

Tabela 34: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	nit	nk	bior L	fit
1	1	26	1.1 6	73.9336	2	5.5 6	76.8128	0	4.4 5	76.5995	1	3.1 7	76.4228
1	2	26	1.5 6	73.9388	2	6.8 6	76.9800	1	1.5 7	76.4409	1	3.1 7	76.4239
1	3	26	1.5 6	73.9407	0	3.7 6	76.9365	2	3.1 1	76.7382	1	3.1 7	76.3554
1	4	27	1.5 6	73.9423	0	3.9 6	76.9412	2	1.5 3	76.2034	1	3.1 7	76.2841
2	1	25	1.3 6	73.9414	9	1.5 6	80.3094	5	1.1 2	79.9084	7	1.5 4	80.4053
2	2	25	1.5 6	73.9410	8	1.5 4	80.3206	3	1.5 5	80.2144	1	1.5 5	80.4261
2	3	26	1.5 6	73.9437	7	1.3 4	80.4090	3	1.5 5	80.3812	3	1.1 1	80.2811
2	4	26	1.5 6	73.9456	5	1.5 4	80.3515	1	2.6 4	80.2843	11	2.8 1	80.1730
3	1	24	1.3 6	73.9487	8	1.5 3	80.1784	7	1.3 3	80.1661	6	1.5 4	80.4333
3	2	24	1.3 6	73.9486	7	1.5 4	80.3957	7	3.7 1	80.3603	0	1.3 5	80.5032
3	3	25	1.5 6	73.9479	8	1.1 4	80.3815	7	1.5 3	80.3290	9	1.1 3	80.2355
3	4	25	1.5 6	73.9496	5	1.5 4	80.3796	1	2.8 4	80.2451	11	1.5 3	80.2201
4	1	23	1.3 6	73.9560	7	1.5 3	80.1913	6	1.3 3	80.2107	5	1.3 4	80.4337
4	2	23	1.3 6	73.9559	5	1.5 4	80.3638	6	3.3 1	80.3503	5	2.4 2	80.2694
4	3	23	1.3 6	73.9501	5	1.5 4	80.4149	7	1.1 4	80.3733	1	1.3 5	80.4494
4	4	25	1.5 6	73.9490	7	1.5 4	80.3524	4	2.8 4	80.3066	6	1.3 4	80.4258

Fonte: do Autor.

Tabela 35: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	rbio L	fit	nk	rbio L	Fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit
1	1	23	2.2 6	73.8014	2	3.9 6	76.9541	3	1.3 6	76.4427	5	1.3 6	76.4234
1	2	24	1.1 6	73.6874	2	6.8 6	76.9083	3	1.3 6	76.5226	5	1.3 6	76.3036
1	3	25	2.2 6	73.8454	3	3.7 6	76.6806	0	6.8 1	76.7126	1	3.3 1	76.3118
1	4	28	3.3 6	73.8488	0	3.7 7	76.9403	1	3.9 3	76.6554	0	3.5 1	76.5379
2	1	23	2.2 6	73.7869	13	1.1 3	79.9587	5	1.1 2	79.9084	13	1.3 4	79.4595
2	2	23	1.1 6	73.6986	0	2.2 5	80.2335	7	1.3 4	79.9971	8	5.5 3	79.7150
2	3	23	2.2 6	73.8336	9	1.1 4	80.2335	1	2.2 5	80.3486	3	1.3 1	80.2812
2	4	27	3.3 6	73.9098	5	1.1 4	80.2712	2	1.1 4	80.2266	3	2.2 4	80.3729
3	1	23	2.2 6	73.7908	16	1.1 4	80.0707	8	1.1 4	80.1241	6	5.5 3	80.1499
3	2	22	1.1 6	73.7134	8	3.3 1	80.2515	2	1.1 3	80.4128	2	1.3 3	80.3303
3	3	23	2.2 6	73.8318	8	1.1 4	80.3815	0	2.2 5	80.3110	6	3.9 2	80.3813
3	4	25	3.3 6	73.9266	9	3.3 3	80.3241	4	3.3 3	80.2188	8	3.3 3	80.2322
4	1	23	2.2 6	73.7831	11	1.1 3	80.0086	7	1.1 3	80.1286	4	1.3 4	80.1808
4	2	21	1.1 6	73.7270	7	3.3 1	80.2308	4	3.3 4	80.4297	7	3.7 2	80.1435
4	3	23	2.2 6	73.8550	3	1.1 4	80.3627	7	1.1 4	80.3733	5	3.9 2	80.3744
4	4	25	3.3 6	73.9378	7	3.7 1	80.3416	7	3.9 1	80.4232	6	2.2 4	80.4020

Fonte: do Autor.

Tabela 36: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de pH.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit
1	1	26	4 6	71.8111	0	18 6	77.1092	0	14 6	77.0204	0	14 6	77.0077
1	2	26	4 6	72.2710	3	8 6	76.6270	5	14 6	76.2673	0	14 7	76.3674
1	3	26	4 6	72.2290	3	8 6	76.5842	0	14 5	76.9700	3	14 5	76.6662
1	4	26	4 6	72.6075	4	8 6	76.5317	1	14 6	76.9941	0	14 5	76.9804
2	1	25	4 6	71.8043	0	18 6	77.1942	15	4 4	77.6767	7	8 4	79.8856
2	2	25	4 6	72.2621	13	4 4	77.3515	9	18 1	80.3252	6	4 5	80.4133
2	3	25	4 6	72.2177	12	6 1	80.0736	3	8 3	80.3629	4	6 7	80.1783
2	4	25	4 6	72.5984	20	4 4	79.0662	2	4 5	80.2949	10	8 2	80.1749
3	1	24	4 6	71.8170	0	18 6	77.1561	15	4 5	79.8173	15	4 5	79.8025
3	2	24	4 6	72.2664	18	4 3	77.2807	8	14 1	80.2290	10	6 1	80.2404
3	3	24	4 6	72.2203	3	6 1	80.0885	5	22 1	80.3508	5	14 4	80.1677
3	4	24	4 6	72.6027	13	14 1	79.9339	8	14 2	80.2034	9	8 2	80.1805
4	1	23	4 6	71.8312	0	18 6	77.1442	14	4 5	79.8474	14	4 5	79.8932
4	2	23	4 6	72.2810	13	4 4	77.5829	6	6 2	80.1970	10	8 1	80.1207
4	3	23	4 6	72.2336	10	6 1	80.1776	1	8 3	80.4014	6	8 3	80.2778
4	4	23	4 6	72.6161	3	18 1	80.4011	7	22 1	80.3345	1	4 6	80.2647

Fonte: do Autor.

Tabela 37: Resultados do modelo ARX com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.

na	1		2		3		4	
nb	nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit
1	25	68.3683	24	68.3999	23	68.4121	25	68.4183
2	25	68.3709	25	68.4019	24	68.4097	25	68.4139
3	26	68.5836	25	68.6096	24	68.6153	25	68.6139
4	26	68.7489	25	68.7713	24	68.7747	25	68.7717

Fonte: do Autor.

Tabela 38: Resultados do modelo ARX com filtro de Kaiser para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	2	68.1803	0	24	75.9402	27	2	68.3904	0	27	76.6469
2	26	2	68.2118	0	24	75.8870	26	2	68.4233	0	28	76.5179
3	25	2	68.2274	0	24	75.8152	24	2	68.4323	0	28	76.3621
4	24	2	68.2421	0	25	75.7311	24	2	68.4347	0	28	76.2047

Fonte: do Autor.

Tabela 39: Resultados do modelo ARX com filtro de Hanning para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	1	68.1803	5	12	75.5337	27	1	68.3904	1	28	76.5438
2	26	1	68.2118	4	12	75.5089	26	1	68.4233	0	27	76.5042
3	25	1	68.2274	4	12	75.4834	25	1	68.4323	0	27	76.4325
4	24	1	68.2421	4	12	75.4293	24	1	68.4347	0	27	76.2899

Fonte: do Autor.

Tabela 40: Resultados do modelo ARX com filtro Retangular para a malha de pH.

nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	1	66.9530	0	35	76.6212	0	41	76.6950	0	41	76.6541
2	25	1	66.9725	0	42	76.4824	0	42	76.4802	0	42	76.4152
3	24	1	66.9803	0	43	76.2818	0	43	76.3883	0	43	76.2791
4	24	1	66.9829	0	42	76.0425	0	43	76.0796	0	44	76.1126

Fonte: do Autor.

Tabela 41: Resultados do modelo ARX com filtro Gaussiano para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	1	66.9530	0	35	76.6212	0	41	76.6950	0	41	76.6541
2	25	1	66.9725	0	42	76.4824	0	42	76.4802	0	42	76.4152
3	24	1	66.9803	0	43	76.2818	0	43	76.3883	0	43	76.2791
4	24	1	66.9829	0	42	76.0425	0	43	76.0796	0	44	76.1126

Fonte: do Autor.

Tabela 42: Resultados do modelo ARX com filtro de Tukey para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	1	66.9530	0	35	76.6212	0	41	76.6950	0	41	76.6541
2	25	1	66.9725	0	42	76.4824	0	42	76.4802	0	42	76.4152
3	24	1	66.9803	0	43	76.2818	0	43	76.3883	0	43	76.2791
4	24	1	66.9829	0	42	76.0425	0	43	76.0796	0	44	76.1126

Fonte: do Autor.

Tabela 43: Resultados do modelo ARX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	Nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	1	66.9530	5	11	74.6946	0	27	76.4623	0	39	76.8707
2	25	1	66.9725	16	9	74.6792	0	27	76.2620	0	40	76.6250
3	24	1	66.9803	4	9	74.6707	0	20	76.1719	0	35	76.5051
4	24	1	66.9829	4	9	74.6517	0	20	76.0324	0	28	76.3159

Fonte: do Autor.

Tabela 44: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	Nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	20	9	67.0423	4	12	75.2079	2	9	67.4652	2	17	76.2335
2	19	9	67.1163	3	12	75.2045	19	9	67.5287	2	17	76.1585
3	19	9	67.1813	18	9	67.2388	20	9	67.5755	0	17	76.1170
4	3	12	75.1951	2	12	75.1595	20	9	67.6442	0	17	76.0467

Fonte: do Autor.

Tabela 45: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	nit	nk	N	fit
1	28	67	63.8541	5	26	75.1118	33	30	64.4461	0	7	76.1212
2	36	70	63.8554	4	28	75.0985	33	24	64.4419	3	10	76.0529
3	36	70	63.9527	4	27	75.0814	32	24	64.4292	2	10	76.0431
4	35	70	64.0465	3	33	75.0555	31	24	64.4090	1	10	75.9411

Fonte: do Autor.

Tabela 46: Resultados do modelo ARX com filtro Elíptico para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	19	6	67.4139	2	10	75.4693	13	7	73.0499	2	18	76.3055
2	18	6	67.4725	2	10	75.4660	12	7	73.0741	1	19	76.2181
3	17	6	67.5164	2	10	75.4643	11	7	73.1009	0	19	76.2069
4	17	6	67.5511	2	10	75.4529	10	7	73.1137	0	19	76.1134

Fonte: do Autor.

Tabela 47: Resultados do modelo ARX com filtro de Butterworth para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	Fit	nk	N	fit
1	26	5	68,3488	26	5	68,3637	26	5	68,3701	26	5	68,7589
2	26	5	68,3521	26	5	68,3610	26	5	68,3676	25	5	68,7803
3	26	5	68,3548	26	2	68,3580	24	5	68,6195	24	5	68,7841
4	26	5	68,3596	26	3	68,3650	25	5	68,6173	25	5	68,7813

Fonte: do Autor.

Tabela 48: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Haar* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	L	fit	nk	L	Fit	nk	L	Fit	nk	L	fit
1	24	6	73.7296	24	6	73.7140	24	6	73.6924	24	6	73.6650
2	23	6	73.7438	23	6	73.7243	23	6	73.7028	23	6	73.6751
3	22	6	73.7579	22	6	73.7384	22	6	73.7131	22	6	73.6854
4	21	6	73.7719	21	6	73.7519	21	6	73.7266	21	6	73.6960

Fonte: do Autor.

Tabela 49: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	db L	fit	nk	db L	Fit	nk	db L	Fit	nk	db/L	fit
1	24	1 6	73.7296	0	2 6	75.9225	2	6 6	75.7702	0	6 5	76.4317
2	23	1 6	73.7438	0	2 6	75.9151	2	6 6	75.7597	5	6 5	76.3604
3	22	1 6	73.7579	0	2 6	75.9054	2	6 6	75.7675	4	6 5	76.4211
4	21	1 6	73.7719	2	2 6	75.8906	2	6 6	75.7734	3	6 5	76.4209

Fonte: do Autor.

Tabela 50: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	coif L	fit	nk	coif L	Fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit
1	25	1 1	67.1611	9	2 4	75.2322	0	2 5	76.1234	0	2 5	76.5286
2	25	1 1	67.1782	10	2 4	75.2952	0	2 5	75.9481	0	5 5	76.3584
3	25	1 1	67.2114	10	2 4	75.3970	6	2 5	75.9524	1	5 5	76.3857
4	24	1 1	67.2229	10	2 4	75.4941	5	2 5	76.0262	1	5 5	76.4309

Fonte: do Autor.

Tabela 51: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	sym L	fit	Nk	sym L	Fit	nk	sym L	fit	nk	sym L	fit
1	26	2 1	67.2075	11	4 4	75.3912	0	4 6	76.4302	4	4 5	76.3470
2	25	2 1	67.2331	11	4 4	75.6124	0	4 6	76.4286	4	4 5	76.3810
3	24	2 1	67.2457	11	4 4	75.7248	0	4 6	76.4346	6	4 5	76.4737
4	23	2 1	67.2447	11	4 4	75.8053	0	4 6	76.4309	5	4 5	76.5286

Fonte: do Autor.

Tabela 52: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit
1	26	1.3 6	73.9300	0	3.1 7	76.1833	0	3.1 7	76.1768	0	3.1 7	76.1695
2	25	1.3 6	73.9373	0	3.1 7	76.1677	0	3.1 7	76.1615	0	3.1 7	76.1547
3	24	1.3 6	73.9446	1	3.1 7	76.1132	0	3.1 7	76.1002	0	3.1 7	76.0892
4	23	1.3 6	73.9521	1	3.1 7	76.1476	1	3.1 7	76.1231	0	3.1 7	76.1115

Fonte: do Autor.

Tabela 53: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit
1	24	1.1 6	73.7296	2	5.5 5	76.5937	1	5.5 6	76.2836	0	3.9 6	76.5431
2	23	1.1 6	73.7438	1	5.5 5	76.5925	1	5.5 6	76.2771	1	3.9 6	76.5179
3	22	1.1 6	73.7579	3	5.5 5	76.5771	1	5.5 6	76.2822	1	3.9 6	76.5330
4	21	1.1 6	73.7719	4	5.5 5	76.6420	1	5.5 6	76.2863	1	3.9 6	76.5157

Fonte: do Autor.

Tabela 54: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	fk L	fit	Nk	fk L	fit	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit
1	26	4 6	70.8971	5	22 5	75.8285	0	22 6	77.1702	0	22 6	77.1824
2	25	4 6	70.9098	5	22 5	75.8023	0	22 6	77.1808	0	22 6	77.1931
3	24	4 6	70.9214	7	22 5	75.7869	0	22 6	77.1500	0	22 6	77.1666
4	24	4 6	70.9316	6	22 5	75.7801	0	22 6	77.1339	0	22 6	77.1529

Fonte: do Autor.

Tabela 55: Resultados do modelo OE com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.

na	1		2		3		4	
nb	nk	fit	nk	Fit	nk	fit	nk	fit
1	29	72,7153	15	74,1879	17	74,0809	15	74,2918
2	29	72,7131	15	79,3512	19	78,9941	15	79,1368
3	29	72,7630	21	78,9649	16	79,3749	15	79,3981
4	29	72,8130	22	78,9834	20	79,4161	17	79,8069

Fonte: do Autor.

Tabela 56: Resultados do modelo OE com filtro de Kaiser para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	Nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	29	1	72,6776	15	2	74,1886	18	1	74,5410	15	13	74,5007
2	30	1	72,6729	15	1	79,3041	15	3	79,1955	15	2	79,1101
3	30	1	72,7229	23	1	78,8939	17	5	79,9426	15	12	79,8245
4	30	1	72,7733	23	1	78,9166	19	1	79,3385	17	1	79,3221

Fonte: do Autor.

Tabela 57: Resultados do modelo OE com filtro de Hanning para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	29	1	72,6379	15	1	74,1886	18	2	74,4254	15	3	74,3258
2	30	1	72,6300	15	1	79,2549	15	2	79,1960	15	1	79,1100
3	30	1	72,6808	23	1	78,8212	17	1	79,2393	15	1	79,2719
4	30	1	72,7318	23	1	78,8359	19	1	79,2806	17	1	79,2449

Fonte: do Autor.

Tabela 58: Resultados do modelo OE com filtro Retangular para a malha de pH.

nb	nk	N	fit	Nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	29	1	72,6776	5	2	75,2127	5	8	76,2362	5	14	75,3556
2	29	1	72,6729	15	1	79,3041	6	2	79,4270	22	3	79,5368
3	29	1	72,7229	21	1	78,8939	18	8	79,6846	29	5	79,6035
4	30	1	72,7733	21	1	78,9166	18	1	79,3385	19	7	79,3960

Fonte: do Autor.

Tabela 59: Resultados do modelo OE com filtro Gaussiano para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	Nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	29	1	72,6776	5	2	75,2127	5	8	76,2362	5	14	75,3556
2	29	1	72,6729	15	1	79,3041	6	2	79,4270	22	3	79,5368
3	29	1	72,7229	21	1	78,8939	18	8	79,6846	29	5	79,6035
4	30	1	72,7733	21	1	78,9166	18	1	79,3385	19	7	79,3960

Fonte: do Autor.

Tabela 60: Resultados do modelo OE com filtro de Tukey para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	29	1	72,6776	5	2	75,2127	5	8	76,2362	5	14	75,3556
2	29	1	72,6729	15	1	79,3041	6	2	79,4270	22	3	79,5368
3	29	1	72,7229	21	1	78,8939	18	8	79,6846	29	5	79,6035
4	30	1	72,7733	21	1	78,9166	18	1	79,3385	19	7	79,3960

Fonte: do Autor.

Tabela 61: Resultados do modelo OE com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	29	1	72,6776	0	3	75,6744	0	8	75,6387	9	2	75,9826
2	29	1	72,6729	15	1	79,3041	4	3	79,4531	5	1	79,3892
3	29	1	72,7229	21	1	78,8939	13	1	79,5536	15	3	79,5760
4	30	1	72,7733	21	1	78,9166	18	3	80,2472	13	3	79,4335

Fonte: do Autor.

Tabela 62: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	1	70,0441	25	1	70,0259	26	1	70,0047	26	1	69,7437
2	19	4	71,2950	19	4	71,0330	19	4	70,8212	18	2	71,0755
3	18	4	71,3776	19	6	71,0903	18	2	70,7079	18	2	70,9912
4	24	4	71,4622	17	6	70,7530	22	2	70,5920	22	2	70,8581

Fonte: do Autor.

Tabela 63: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	26	2	68,1852	0	1	74,1445	0	1	73,8503	0	20	73,9440
2	26	2	68,8918	7	24	80,4006	19	2	77,2200	16	15	77,3822
3	25	2	68,9235	6	11	80,3838	17	1	77,0076	10	23	80,0924
4	24	2	68,9392	9	13	80,2905	17	2	79,5722	9	25	80,0828

Fonte: do Autor.

Tabela 64: Resultados do modelo OE com filtro Elíptico para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	27	2	73,4103	0	6	76,0673	3	7	76,1408	0	6	76,1477
2	28	2	73,3776	15	1	79,3410	1	1	79,7699	6	1	79,3842
3	28	2	73,4250	23	1	78,9537	12	1	79,4082	24	1	79,6023
4	27	2	73,4719	21	1	78,9599	5	7	79,6832	12	1	79,3938

Fonte: do Autor.

Tabela 65: Resultados do modelo OE com filtro de Butterworth para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	30	1	75,9364	0	1	77,4073	3	1	77,3208	3	1	77,3771
2	30	1	75,9418	24	1	79,3509	10	1	79,6128	13	4	79,6059
3	30	1	75,9797	7	4	79,3655	30	2	79,8068	5	4	80,6331
4	30	1	76,0169	7	4	79,3850	29	2	79,8420	21	5	80,8900

Fonte: do Autor.

Tabela 66: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Haar* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	L	fit	nk	L	fit	nk	L	fit	nk	L	fit
1	30	6	72,8969	1	6	75,7931	1	5	76,0476	1	4	76,5425
2	29	6	72,8829	14	1	79,3555	1	4	79,7821	0	6	79,6140
3	28	6	72,9339	13	6	78,9764	18	5	79,6260	8	6	79,6099
4	30	6	72,9834	12	6	79,0281	12	6	79,6206	12	6	79,7231

Fonte: do Autor.

Tabela 67: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	db L	fit	nk	db L	fit	nk	db L	fit	Nk	db L	fit
1	30	1 6	72,8969	0	6 7	76,0979	1	4 6	76,6672	1	1 4	76,5602
2	29	1 6	72,8829	17	6 2	79,7783	15	10 5	80,3902	3	7 7	79,9654
3	28	1 6	72,9339	12	3 7	79,1373	13	7 4	80,0804	17	8 1	80,2397
4	30	1 6	72,9834	15	3 7	79,1429	8	4 1	80,0055	16	3 6	80,3837

Fonte: do Autor.

Tabela 68: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	coif L	fit	nk	coif L	Fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit
1	29	1 7	72,8119	0	5 7	75,9423	2	1 4	76,5425	0	2 7	75,9801
2	28	1 7	72,8257	14	1 4	79,4545	0	3 6	79,7971	7	1 7	79,6940
3	27	1 7	72,8749	17	2 7	79,1060	4	2 7	79,7813	0	2 7	79,8258
4	27	1 7	72,9231	11	1 1	79,2445	22	3 6	80,3040	13	3 3	80,1810

Fonte: do Autor.

Tabela 69: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	sym L	fit	nk	sym L	Fit	nk	sym L	fit	nk	sym L	fit
1	29	3 7	72,7645	0	5 7	76,0707	0	6 7	76,6622	5	7 5	76,1395
2	28	3 7	72,7843	14	6 5	79,3588	12	7 1	80,3130	12	7 1	79,8871
3	28	3 7	72,8331	12	3 7	79,1373	0	3 7	79,8672	8	2 6	80,1691
4	27	3 7	72,8799	15	3 7	79,1429	9	6 3	79,8511	12	3 6	80,1174

Fonte: do Autor.

Tabela 70: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit
1	30	1.1 6	72,8969	0	3.1 7	76,3577	0	6.8 7	76,6851	1	1.5 3	76,5817
2	29	1.1 6	72,8829	14	3.1 5	79,3655	1	1.1 4	79,7821	1	2.6 5	79,9721
3	28	1.1 6	72,9339	17	3.7 2	79,4077	18	2.8 2	80,4339	16	5.5 2	80,0394
4	30	1.1 6	72,9834	22	1.3 6	79,2781	7	6.8 2	80,3913	14	2.6 7	80,0347

Fonte: do Autor.

Tabela 71: Resultados do modelo OE com do filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit
1	28	3.1 7	72,9170	0	3.17	76,1832	0	4.4 1	77,0720	1	2.2 7	76,9740
2	29	1.1 6	72,8829	14	3.1 5	79,3609	1	1.1 4	79,7821	6	4.4 7	80,0574
3	28	1.1 6	72,9339	27	2.6 3	79,6706	22	1.5 4	79,9752	16	3.3 1	80,4483
4	30	1.1 6	72,9834	14	4.4 7	79,1679	20	1.5 3	80,3304	21	3.5 3	80,3318

Fonte: do Autor.

Tabela 72: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de pH.

na	1			2			3			4		
nb	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit
1	29	4 6	72,8150	0	4 7	76,0776	1	6 3	76,6941	0	14 1	76,4486
2	29	4 6	72,8066	20	4 6	79,4128	0	4 3	79,8005	1	18 6	79,9410
3	30	4 6	72,8565	12	6 7	79,1271	0	6 7	79,9068	0	6 7	79,9104
4	30	4 6	72,9068	15	6 7	79,1307	15	18 2	80,1187	12	8 7	79,7992

Fonte: do Autor.

Tabela 73: Resultados do modelo BJ/nf1 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.

nd		1		2		3		4	
nb\nc		nk	fit	nk	Fit	nk	fit	nk	fit
1	1	26	70,0756	27	69,8207	15	71,2164	16	71,2042
1	2	26	70,0250	13	71,3925	13	71,4274	13	71,1482
1	3	26	69,9994	16	71,2332	24	69,4610	10	71,1437
1	4	25	69,9247	16	71,1722	26	69,4550	25	69,3855
2	1	25	70,0953	26	69,7867	15	71,2806	12	71,4457
2	2	25	70,0462	13	71,3489	12	71,4674	10	71,1534
2	3	25	70,0326	9	71,1603	22	69,1637	13	71,3579
2	4	25	69,9343	17	71,0128	26	69,5655	25	69,6433
3	1	24	70,1091	33	70,3150	13	71,4256	11	71,4934
3	2	25	70,0662	13	71,5072	11	71,5039	21	69,6567
3	3	26	70,0257	10	71,5349	23	69,3005	14	71,5969
3	4	26	69,9577	16	71,2595	25	69,5608	24	69,6629
4	1	24	70,1079	27	69,5634	13	71,5320	13	71,5655
4	2	25	70,0750	13	71,5459	13	71,5725	25	69,5288
4	3	25	70,0622	16	71,3705	23	69,4094	23	69,6568
4	4	25	69,9875	8	71,2350	24	69,5648	19	70,6587

Fonte: do Autor.

Tabela 74: Resultados do modelo BJ/nf2 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.

nd		1		2		3		4	
nb\nc		nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit
1	1	25	70,0587	4	72,5631	1	73,2462	1	73,2126
1	2	25	69,9998	1	73,1190	1	73,0931	1	73,1665
1	3	1	70,1411	1	73,0728	30	71,8974	1	73,1691
1	4	1	70,3387	12	73,5004	8	71,6524	30	72,014
2	1	21	79,1950	17	76,1725	9	79,4804	9	79,4637
2	2	29	78,0319	9	79,4518	9	79,4770	9	79,4878
2	3	17	76,1659	10	79,4750	17	76,1232	17	76,1571
2	4	17	76,1718	10	79,5254	25	76,2338	26	76,3011
3	1	30	77,4378	16	75,9290	13	79,4684	8	79,4808
3	2	20	76,2923	9	79,5428	8	79,4578	16	76,0038
3	3	16	78,6410	28	76,1199	16	76,0615	16	76,0331
3	4	16	75,8722	13	79,4619	8	79,4512	16	76,0407
4	1	32	77,1106	19	78,4438	12	79,5167	12	79,523
4	2	29	78,1261	8	79,5139	21	77,7168	24	76,7189
4	3	21	79,2497	19	78,4300	11	79,6699	19	78,3588
4	4	27	78,6806	7	79,4034	19	78,4206	19	78,4328

Fonte: do Autor.

Tabela 75: Resultados do modelo BJ/nf3 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.

nd		1		2		3		4	
nc	nb	nk	fit	nk	Fit	nk	fit	nk	fit
1	1	25	70,1324	1	74,5621	6	72,1927	6	76,2446
1	2	6	70,3298	6	73,5831	6	72,1660	6	72,1895
1	3	25	70,0412	6	73,8980	1	73,3229	1	73,3305
1	4	1	70,8511	1	73,2918	6	76,1949	1	73,6015
2	1	21	76,191	0	80,1585	0	80,0632	1	80,1084
2	2	27	76,3575	1	80,0851	5	79,8818	5	79,8874
2	3	27	76,2632	1	80,0625	5	79,9801	6	79,8735
2	4	25	78,2334	1	80,0802	6	79,8917	5	79,8787
3	1	22	79,1259	10	79,6753	10	79,5818	0	79,9026
3	2	22	76,3543	10	79,5274	10	79,6803	10	79,7708
3	3	26	78,7543	10	79,8206	10	79,7066	10	79,7655
3	4	0	77,9274	10	79,6975	10	79,7320	10	79,7191
4	1	20	76,2921	4	79,8372	9	79,7679	29	75,4608
4	2	21	79,3592	9	79,7942	4	79,6383	4	79,6803
4	3	21	76,2637	4	78,3663	4	79,6857	9	79,5945
4	4	21	76,2495	4	79,6481	9	79,7527	9	79,8315

Fonte: do Autor.

Tabela 76: Resultados do modelo BJ/nf4 com sinal não filtrado normalizado para a malha de pH.

nd		1		2		3		4	
nc	nb	nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	Fit
1	1	1	69,6932	6	72,4011	10	73,2698	1	72,6188
1	2	1	70,6602	1	73,2491	19	73,9784	2	74,2271
1	3	3	70,6845	2	75,2830	1	73,3865	2	74,2267
1	4	1	71,1114	1	73,3585	1	73,5050	1	75,4325
2	1	20	76,3966	6	79,5650	13	79,4214	13	79,4383
2	2	16	76,0959	13	79,4260	13	79,4464	6	79,5444
2	3	27	78,6867	10	79,7096	6	79,5693	6	79,5640
2	4	18	79,1872	15	79,2264	17	76,0216	21	78,0895
3	1	14	76,8097	5	79,6652	0	79,8209	5	79,5614
3	2	32	77,2048	8	79,7177	12	79,4393	5	79,6087
3	3	27	78,6889	0	79,9218	5	79,5678	0	79,8780
3	4	22	76,4363	0	79,9291	15	79,1399	21	77,8362
4	1	17	78,9813	0	79,8830	11	79,5743	9	79,7609
4	2	25	76,5178	11	79,5519	12	79,4696	7	79,6061
4	3	20	79,0098	20	78,1334	7	79,6328	7	79,6098
4	4	0	78,4026	13	79,5187	8	79,7022	4	79,5749

Fonte: do Autor.

Tabela 77: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Kaiser para a malha de pH.

Nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	35	82,0396	2	37	82,2101	2	33	82,4155	2	34	82,4027
1	2	1	34	82,4403	1	36	82,2380	1	37	82,1525	2	34	82,4584
1	3	1	37	82,3461	2	36	82,2861	2	35	82,2651	2	33	82,5858
1	4	2	35	82,4759	1	37	82,4337	4	32	82,4012	2	32	82,6170
2	1	2	35	82,0568	2	36	82,0864	4	34	81,8303	2	31	81,4038
2	2	2	37	82,2011	2	35	82,3185	2	33	82,0517	2	29	81,7386
2	3	2	35	82,2938	12	35	82,8030	4	33	82,3057	4	29	82,0968
2	4	10	35	82,4728	2	34	82,5498	1	26	82,0378	2	27	82,0587
3	1	2	37	82,0731	2	34	82,3788	2	28	81,5677	2	33	81,9059
3	2	9	41	82,3311	14	44	83,1243	13	44	82,3387	11	43	83,0214
3	3	2	35	82,3056	2	33	82,5236	1	38	82,2096	4	37	82,3633
3	4	2	35	82,4200	9	42	82,6547	1	36	82,3430	1	36	82,6378
4	1	2	37	82,0640	2	36	82,4062	2	30	81,5467	2	37	82,0431
4	2	11	40	82,5596	11	41	82,4351	12	39	82,3603	11	42	82,8156
4	3	2	36	82,3326	9	31	82,3361	1	36	82,2861	2	35	82,3191
4	4	2	35	82,4262	11	37	83,2621	9	36	82,4685	14	25	84,6842

Fonte: do Autor.

Tabela 78: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Kaiser para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	29	83,6886	2	7	85,0881	24	0	84,3941	2	10	84,7562
1	2	2	26	86,0319	2	26	86,0232	2	24	85,9696	2	26	86,0243
1	3	2	26	86,0394	1	25	86,1257	1	25	86,0823	1	25	86,0818
1	4	2	25	86,0616	9	1	86,1704	1	25	86,0947	1	25	86,0842
2	1	15	3	85,0319	1	13	84,9336	7	0	85,1852	7	6	84,9932
2	2	2	26	86,0080	2	24	85,9634	2	24	85,9600	2	24	86,0112
2	3	1	25	86,0981	2	25	86,0096	2	25	86,0354	1	25	86,0905
2	4	1	25	86,1006	2	24	86,0000	1	9	86,9918	1	24	86,1017
3	1	11	5	85,3277	1	13	85,1318	9	3	85,4195	9	3	85,2871
3	2	2	26	86,0138	2	22	85,8661	2	26	86,0307	2	26	85,9986
3	3	1	25	86,0808	1	26	86,0826	1	25	86,0364	1	25	86,0896
3	4	1	25	86,0824	1	25	86,0842	1	25	86,0820	1	25	86,0946
4	1	18	8	84,7614	9	9	85,3447	10	2	85,4353	7	3	86,6039
4	2	2	26	86,0299	2	24	86,0114	2	21	85,9753	2	24	86,0134
4	3	1	25	86,0813	1	25	86,1112	1	25	86,1020	2	20	85,9667
4	4	1	25	86,0851	1	25	86,1067	1	25	86,1149	2	24	86,0441

Fonte: do Autor.

Tabela 79: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Kaiser para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	11	10	84,4058	30	1	85,9376	6	9	84,9750	12	13	85,4487
1	2	1	21	86,1300	1	22	86,1239	2	26	86,0522	2	26	86,0173
1	3	2	26	86,0964	1	25	86,1098	2	16	86,1754	2	24	86,1239
1	4	2	24	86,1155	1	20	86,0937	2	24	86,1113	1	21	86,1265
2	1	11	14	84,5819	1	13	85,0737	6	4	85,4881	5	6	85,1218
2	2	1	22	86,1217	2	26	86,0299	1	15	86,0513	2	26	86,0222
2	3	1	25	86,1118	9	14	86,6798	2	26	86,0630	2	25	86,0449
2	4	1	23	86,1649	1	23	86,1629	10	25	86,1264	1	19	86,0782
3	1	11	15	84,2681	6	15	85,1661	3	5	85,5479	7	5	85,3278
3	2	1	24	86,1239	2	26	86,0222	1	20	86,0190	1	20	86,0523
3	3	1	25	86,0959	2	26	86,1283	2	24	86,1026	1	25	86,1012
3	4	1	23	86,1584	1	26	86,0518	2	25	86,1543	12	13	86,2681
4	1	18	12	83,7449	8	12	85,1049	9	19	85,3793	10	2	85,1055
4	2	7	20	86,2895	1	20	86,0483	1	23	86,1577	2	27	86,0128
4	3	1	22	86,1025	1	20	86,0205	1	25	86,1828	5	20	86,2409
4	4	1	23	86,1594	1	19	86,0916	1	21	86,1593	1	21	86,1585

Fonte: do Autor.

Tabela 80: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Kaiser para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	28	12	85,2069	26	12	85,7275	21	9	85,5914	22	14	85,1562
1	2	2	24	86,0854	1	23	86,1317	6	7	86,3621	1	22	86,0899
1	3	2	26	86,0711	1	24	86,1162	2	25	86,1084	2	15	86,3271
1	4	2	26	86,1698	1	22	86,1603	1	23	86,1527	1	24	86,1545
2	1	22	4	85,5879	21	9	85,6827	21	9	85,6896	14	5	85,5330
2	2	1	23	86,2427	1	22	86,0937	5	6	86,1202	1	22	86,1099
2	3	1	23	86,1202	12	7	86,4713	2	23	86,3733	1	25	86,1008
2	4	1	25	86,1248	1	26	86,0935	1	20	86,1224	1	20	86,0974
3	1	25	1	85,0057	2	0	85,9455	3	10	85,2324	2	14	85,1702
3	2	1	24	86,1163	1	22	85,9452	1	16	86,2525	1	22	86,1224
3	3	1	24	86,1105	1	25	86,0838	1	15	86,5916	1	25	86,1128
3	4	1	22	86,1363	3	21	86,0661	2	25	86,1275	1	24	86,1603
4	1	30	16	85,1898	9	2	85,4129	7	4	85,6355	8	14	85,8110
4	2	1	23	86,1210	1	22	86,1103	1	22	86,1264	12	4	86,2728
4	3	1	25	86,1079	1	25	86,0847	9	30	86,2039	7	2	86,9370
4	4	1	24	86,2035	1	26	86,0718	1	20	86,1155	1	26	86,0764

Fonte: do Autor.

Tabela 81: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Hanning para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	12	30	64.3150	3	32	17.6347	3	29	18.3651	11	34	69.7214
1	2	11	23	70.7103	3	27	70.2488	3	27	69.2134	3	25	69.5617
1	3	5	21	70.7130	5	26	70.6356	3	26	69.1959	3	27	69.9504
1	4	5	19	70.9458	3	27	70.3659	3	14	69.8189	3	27	69.9923
2	1	23	28	60.9248	5	17	20.4494	4	12	23.5962	4	12	15.4651
2	2	11	30	71.1932	5	31	70.8577	3	14	68.8021	3	27	69.4983
2	3	9	28	71.1483	6	30	70.9967	4	27	69.7280	3	25	70.0310
2	4	8	30	70.9938	7	30	71.0475	6	27	69.4312	3	26	69.9404
3	1	40	40	53.4143	3	8	17.5403	4	37	13.8215	30	34	65.7896
3	2	3	37	72.2634	4	35	72.9471	5	30	70.7360	3	17	70.5728
3	3	9	31	71.0421	3	14	71.3592	3	20	71.6569	3	12	71.2359
3	4	9	30	71.0657	3	9	72.7117	3	13	73.9653	3	11	71.1493
4	1	40	31	45.6630	3	17	13.6156	3	2	16.5099	31	31	67.8122
4	2	3	28	69.2460	3	23	72.5850	3	24	71.2395	3	3	69.5922
4	3	20	31	70.2486	4	27	71.7994	3	10	71.1624	3	3	71.0147
4	4	9	27	70.9482	3	21	73.3900	3	16	71.1449	5	5	72.0454

Fonte: do Autor.

Tabela 82: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Hanning para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na\nb		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	9	4	76.7820	7	2	76.5783	10	1	77.2124	5	2	76.7418
1	2	9	3	76.7970	8	3	76.6363	34	1	76.5554	7	3	76.5992
1	3	9	3	76.7041	8	2	76.7708	4	2	76.4102	7	1	76.2949
1	4	8	2	76.7011	8	2	76.5996	4	23	76.5650	5	3	76.7582
2	1	5	1	77.1224	6	1	76.3334	8	1	77.0251	5	2	76.7788
2	2	9	4	76.6876	12	1	75.6621	22	1	77.0756	14	1	75.9802
2	3	3	25	78.6602	12	1	75.2913	37	1	76.4114	18	1	75.5618
2	4	3	22	78.9879	3	22	76.4709	5	19	76.1859	3	17	78.3000
3	1	14	1	77.3353	3	10	76.7565	7	2	77.0317	6	1	76.6920
3	2	9	3	76.2532	5	5	76.4001	18	1	77.0120	14	1	76.0567
3	3	9	1	76.5583	5	4	76.5070	7	2	77.1364	3	14	75.7031
3	4	3	24	78.6106	3	17	80.4001	3	13	80.3252	3	24	76.6564
4	1	13	1	77.3657	8	2	76.5642	5	1	76.8421	8	1	76.6633
4	2	5	5	76.1115	10	1	75.9820	17	1	76.9011	15	1	76.1403
4	3	5	3	76.9102	3	14	76.1803	3	17	78.3140	18	1	75.6174
4	4	6	20	75.8629	3	13	80.0425	7	1	77.8460	5	3	78.5797

Fonte: do Autor.

Tabela 83: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Hanning para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na nb		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	10	17	72.2821	13	1	74.7989	5	22	73.6190	14	2	73.6239
1	2	16	22	76.5448	5	12	79.0829	4	12	79.2093	3	12	79.3972
1	3	17	24	75.2672	10	17	77.0614	16	22	77.1246	9	16	78.4302
1	4	3	13	75.0485	4	13	79.4823	12	17	76.7281	10	14	78.7227
2	1	5	16	72.2283	10	2	74.5516	24	5	72.8161	6	2	73.6234
2	2	5	12	78.0562	4	12	78.2736	5	15	77.0601	3	11	75.0164
2	3	7	18	76.7783	4	18	78.8495	9	15	79.2742	5	4	78.8912
2	4	3	31	77.0261	6	14	78.9222	16	20	77.7733	9	15	78.7385
3	1	23	39	74.3128	20	7	74.1849	5	1	76.3676	14	1	73.4260
3	2	12	5	79.0337	5	12	78.3152	4	3	78.9894	5	5	78.7818
3	3	24	17	77.5933	3	1	79.9658	3	15	80.7791	3	10	79.5217
3	4	24	3	79.2118	3	9	79.5983	5	13	80.8493	3	9	79.5970
4	1	5	5	73.4557	11	1	74.8192	9	2	74.0590	7	1	75.4714
4	2	4	3	78.8898	16	1	74.6374	4	3	78.9306	4	12	75.7499
4	3	3	17	78.6643	3	10	79.5053	3	14	80.7983	4	2	79.8626
4	4	5	13	78.0722	3	9	79.5728	3	10	79.5588	3	9	79.5734

Fonte: do Autor.

Tabela 84: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Hanning para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na nb		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	27	2	76.2585	34	7	76.7066	33	2	76.5715	5	1	76.3953
1	2	7	4	76.2778	37	4	77.4145	3	24	78.8796	3	24	78.9196
1	3	10	14	76.6790	4	17	77.7631	8	17	78.6924	4	15	78.2591
1	4	10	26	77.3923	9	13	79.1845	8	20	80.0996	9	13	78.5707
2	1	24	4	76.3263	7	1	76.1634	5	3	76.8000	5	2	76.3691
2	2	23	22	77.1041	13	1	76.0436	21	6	75.7519	9	15	78.1957
2	3	11	18	77.7697	13	2	78.8294	3	28	79.5342	7	14	78.9389
2	4	3	28	78.6009	5	17	78.8838	3	18	78.7484	9	10	78.1761
3	1	28	7	76.5279	36	1	76.8459	5	13	76.6495	11	1	75.6078
3	2	5	2	77.1056	10	1	77.1864	4	3	79.8273	5	2	75.1724
3	3	17	25	77.6539	3	16	79.9802	4	2	80.5735	3	13	79.5136
3	4	3	28	78.1650	3	12	79.4313	3	16	78.9176	4	22	78.1471
4	1	5	1	76.5198	7	2	76.6863	19	1	76.7580	5	1	77.3743
4	2	16	23	76.3062	9	15	78.3184	6	14	75.5468	4	5	77.6947
4	3	8	21	76.9564	3	15	78.9148	4	17	80.0360	4	18	77.6461
4	4	7	23	78.7430	4	9	79.3312	3	3	79.7658	4	13	79.0704

Fonte: do Autor.

Tabela 85: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Retangular para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na	nb	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	4	29	68.6346	3	19	66.8869	3	19	67.0663	3	26	67.1088
1	2	3	26	69.4338	3	28	68.3473	3	25	68.6848	3	25	68.5972
1	3	3	27	69.3200	3	26	69.6897	3	26	69.2061	3	26	69.1020
1	4	3	25	69.1881	3	26	69.9242	3	25	69.4453	3	26	69.3367
2	1	3	30	69.0150	4	13	65.9325	4	23	65.6864	5	20	65.5375
2	2	3	28	69.3099	3	20	67.7727	4	26	67.8687	15	19	68.3088
2	3	4	25	69.8555	3	27	69.3641	4	27	68.6233	4	27	68.6797
2	4	3	26	70.5137	3	25	69.5135	4	18	69.9146	3	26	69.4542
3	1	4	27	68.2567	5	13	58.6834	31	30	65.2169	19	39	64.6921
3	2	4	26	69.0907	6	19	64.4952	25	32	66.2807	27	32	67.3823
3	3	4	27	69.9506	4	20	67.4664	6	12	68.6890	5	26	67.3694
3	4	4	26	69.7606	4	25	69.3145	6	12	70.0772	3	26	69.2823
4	1	5	21	6.8612	7	13	55.5309	8	16	58.8705	7	32	66.6504
4	2	6	28	68.7671	7	15	64.4395	27	23	66.5641	19	13	67.8034
4	3	6	28	69.6204	7	13	66.7114	8	19	64.9038	9	15	66.0563
4	4	5	26	70.0193	3	13	71.4233	3	13	71.3322	3	14	71.1438

Fonte: do Autor.

Tabela 86: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Retangular para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	27	69.9701	21	1	74.9105	16	1	77.5231	30	2	74.8896
1	2	5	23	77.0033	3	19	75.2776	22	1	74.8266	3	19	75.7233
1	3	5	25	77.8787	3	18	75.8649	5	1	76.6819	3	18	75.9262
1	4	3	24	77.0967	5	26	76.7753	5	26	77.6897	5	26	77.5349
2	1	4	25	70.7452	21	1	74.8295	23	1	74.7467	13	1	75.3893
2	2	3	22	76.6006	28	1	74.7695	4	17	74.7649	12	5	76.4354
2	3	3	22	76.9348	4	19	75.8925	20	4	75.7483	4	20	75.7376
2	4	5	25	77.1006	5	6	76.9506	3	21	76.5408	3	20	75.9653
3	1	5	3	71.5491	28	1	74.7857	27	1	74.7600	16	1	75.4154
3	2	8	23	76.0247	28	1	74.7550	24	1	74.7246	14	2	75.2481
3	3	21	16	78.0313	29	1	74.5427	33	5	74.5745	18	4	74.8948
3	4	6	25	77.0179	6	14	75.3947	6	14	78.8655	5	20	75.5144
4	1	4	2	76.2198	28	1	74.7527	32	7	75.8132	20	1	75.3973
4	2	4	4	75.9258	28	1	74.7237	25	2	77.0692	14	4	75.0974
4	3	6	20	76.2212	29	1	74.5440	32	3	75.0340	14	1	75.2045
4	4	6	24	76.8139	8	19	74.8225	4	2	75.5748	29	1	77.1533

Fonte: do Autor.

Tabela 87: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Retangular para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	27	5	72.7331	9	5	75.3615	16	1	77.4321	9	5	76.1693
1	2	5	24	77.2975	6	3	79.3059	7	17	78.7954	3	22	78.9219
1	3	6	25	78.2601	9	6	79.1710	8	1	79.3328	6	18	78.7542
1	4	6	24	78.3182	7	4	79.2679	6	1	79.3398	13	5	78.6597
2	1	4	17	72.5104	38	5	75.7526	19	4	77.3419	40	6	76.8453
2	2	20	31	76.7787	6	3	79.3194	9	20	78.5414	3	14	79.3415
2	3	4	21	77.0662	9	6	79.1367	9	6	78.8009	6	2	79.3748
2	4	6	24	78.5839	3	18	79.0579	4	11	80.7439	6	1	79.3731
3	1	25	2	74.2325	14	1	74.6486	17	12	75.1357	34	5	76.4761
3	2	4	21	77.3968	6	3	79.2975	5	16	79.0529	6	3	79.2549
3	3	9	22	77.6656	9	6	79.1724	6	15	80.1717	6	1	79.3375
3	4	17	29	77.5454	12	2	79.1467	6	14	80.6155	12	1	78.8245
4	1	4	2	75.0632	35	1	75.1092	10	5	76.8411	24	2	77.0139
4	2	4	5	78.7355	4	13	79.3204	4	5	79.0040	3	6	79.7604
4	3	3	15	78.5870	3	1	80.0166	3	5	79.7774	3	4	79.8403
4	4	4	20	78.5033	3	12	80.2863	3	4	79.8361	3	12	80.4273

Fonte: do Autor.

Tabela 88: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Retangular para a malha de pH.

nd		2				3			4			
na\nb		nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	75.8605	10	4	75.2877	29	4	77.0527	5	1	75.1980
1	2	2	78.7734	6	1	79.4363	5	23	78.7180	9	20	78.6621
1	3	20	77.9398	6	18	78.7913	26	9	79.6135	33	9	78.8121
1	4	27	78.1399	6	19	78.8051	6	19	78.6798	7	23	78.4937
2	1	3	76.1264	10	4	74.9285	33	14	75.2443	5	2	75.5855
2	2	20	76.8439	6	1	79.3481	6	21	78.7727	13	14	78.6322
2	3	22	77.8637	13	13	78.6867	4	18	79.5872	14	9	80.4415
2	4	15	77.9740	6	1	79.3105	12	14	79.9684	6	19	78.6862
3	1	7	73.6690	9	4	75.5457	17	4	76.3313	12	10	74.9187
3	2	25	79.1789	9	1	79.1797	6	12	79.8007	9	1	79.1565
3	3	26	78.4289	13	13	78.6588	6	11	79.8250	8	2	79.8145
3	4	24	78.3345	6	17	78.7903	6	10	80.8046	6	19	78.7129
4	1	2	74.1779	37	5	75.0468	36	4	76.8189	34	3	77.1047
4	2	4	78.7819	3	8	79.4816	3	8	79.4746	3	12	79.2151
4	3	1	78.8748	3	7	79.4617	3	7	79.4537	3	11	79.3200
4	4	25	78.2840	3	10	79.5311	3	10	79.4435	3	10	79.4605

Fonte: do Autor.

Tabela 89: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Gaussiano para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	Fit
1	1	2	26	69.4708	2	19	69.6266	2	25	68.3342	2	27	68.3291
1	2	2	27	69.6106	2	27	69.4229	1	26	69.4324	1	26	69.4310
1	3	2	25	69.5946	2	27	69.9846	2	27	69.6403	1	26	69.4719
1	4	2	24	69.6035	2	27	70.0465	2	26	69.6628	1	25	69.5362
2	1	3	30	69.0150	4	13	65.9325	4	23	65.6864	4	20	65.5375
2	2	1	25	69.7305	1	15	71.2963	1	13	71.2563	1	13	71.3458
2	3	4	25	69.8555	1	13	71.3867	1	12	71.4466	1	12	71.3782
2	4	3	26	70.5137	1	13	71.7823	1	11	71.4609	1	11	71.4596
3	1	4	27	68.2567	5	13	58.6834	1	17	65.7337	1	19	64.7976
3	2	1	26	69.4154	1	13	71.4142	1	26	69.3992	1	17	70.6300
3	3	4	27	69.9506	2	24	72.7775	2	16	71.2774	2	11	71.1880
3	4	4	26	69.7606	2	12	71.5199	2	10	71.7012	2	12	71.5609
4	1	5	21	66.8612	7	13	55.5309	1	31	65.3247	7	32	66.6504
4	2	1	26	69.4099	1	13	71.4432	1	27	69.3860	1	13	71.4119
4	3	6	28	69.6204	1	24	72.8963	2	13	71.2625	1	12	71.4590
4	4	5	24	70.0193	2	11	71.4952	2	13	71.3432	1	11	71.5218

Fonte: do Autor.

Tabela 90: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Gaussiano para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	1	70.6866	20	0	75.0912	16	1	77.5231	30	0	74.9744
1	2	5	23	77.0033	2	15	75.7603	2	23	75.8728	2	23	76.0269
1	3	1	28	78.3727	1	21	78.8453	1	17	78.8870	1	27	78.4962
1	4	1	26	78.7936	1	26	78.6513	1	22	79.2123	1	22	79.1866
2	1	2	1	72.6867	21	0	75.0160	23	0	74.8673	13	0	75.4933
2	2	3	22	76.6006	21	0	74.8052	4	17	74.7649	12	5	76.4354
2	3	1	27	78.5690	1	10	80.3859	1	10	79.4562	1	10	79.4666
2	4	1	25	78.8720	1	9	80.4441	1	10	79.5124	1	9	79.5107
3	1	2	1	72.5588	28	0	74.9497	26	0	74.9100	16	0	75.5488
3	2	8	23	76.0247	30	0	74.7923	27	0	74.7562	1	5	76.1386
3	3	1	27	78.5034	1	10	79.4486	1	23	76.3695	1	15	79.3979
3	4	1	21	79.1714	1	11	79.7072	2	13	79.6408	2	11	79.7651
4	1	4	2	76.2198	28	0	74.9219	32	7	75.8132	2	1	77.1755
4	2	4	4	75.9258	30	0	74.7687	25	2	77.0692	20	0	75.3605
4	3	1	23	76.2842	1	9	79.4468	1	28	78.2031	1	21	77.4739
4	4	1	26	78.7364	2	11	80.0606	2	11	79.5109	1	9	79.5223

Fonte: do Autor.

Tabela 91: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Gaussiano para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	0	74.0746	9	5	75.3615	16	1	77.4321	37	0	76.2729
1	2	5	24	77.2975	6	3	79.3059	1	22	79.0738	1	16	79.1398
1	3	6	21	78.2601	9	6	79.1710	8	1	79.3328	1	24	79.0061
1	4	1	21	79.0346	7	4	79.2679	6	1	79.3398	1	25	78.6992
2	1	26	0	74.5055	38	5	75.7526	19	4	77.3419	40	6	76.8453
2	2	2	18	79.2140	1	7	79.8095	1	5	79.9174	1	10	79.6168
2	3	4	21	77.0662	1	9	79.6979	1	0	80.0811	1	6	79.8217
2	4	1	21	79.2166	1	3	79.8607	4	11	80.7439	1	13	79.6447
3	1	25	2	74.2325	14	1	74.6486	17	12	75.1357	34	5	76.4761
3	2	1	26	78.1872	1	7	79.8003	1	7	79.8107	6	3	79.2549
3	3	1	26	78.7366	1	6	79.8171	6	15	80.1717	1	0	80.0965
3	4	1	25	78.9490	1	9	79.6808	6	14	80.6155	2	4	79.8712
4	1	24	0	77.1296	35	1	75.1092	10	5	76.8411	24	2	77.0139
4	2	1	14	78.9047	1	3	79.9586	1	14	79.1016	1	1	80.0785
4	3	2	16	79.2116	3	3	80.0166	1	6	79.8173	1	0	80.0748
4	4	1	25	78.9178	3	12	80.2863	3	0	80.0090	3	12	80.4273

Fonte: do Autor.

Tabela 92: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Gaussiano para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	16	3	75.8605	14	0	75.3626	29	4	77.0527	5	0	75.4134
1	2	24	2	78.7734	6	1	79.4363	5	23	78.7180	9	20	78.6621
1	3	9	20	77.9398	6	0	79.4619	26	9	79.6135	1	23	79.1374
1	4	1	18	78.8731	6	19	78.8051	1	24	78.7405	7	23	78.4937
2	1	10	3	76.1264	13	0	75.2117	33	14	75.2443	13	0	75.6788
2	2	5	20	76.8439	1	5	79.3924	1	6	79.4809	1	6	79.4754
2	3	1	22	79.2106	1	5	79.5133	4	18	79.5872	14	9	80.4415
2	4	2	16	79.0003	1	4	79.4621	12	14	79.9684	1	4	79.4228
3	1	29	0	76.5818	9	4	75.5457	17	4	76.3313	12	1	74.9187
3	2	14	25	79.1789	1	6	79.4774	6	12	79.8007	9	1	79.1565
3	3	8	26	78.4289	1	11	79.5611	6	11	79.8250	8	2	79.8145
3	4	1	20	79.1328	2	13	79.6850	6	10	80.8046	2	13	79.6418
4	1	3	2	74.1779	37	5	75.0468	36	4	76.8189	34	3	77.1047
4	2	6	4	78.7819	2	10	79.8672	2	10	79.9189	1	6	79.4842
4	3	1	22	79.1975	1	5	79.5052	3	7	79.4537	1	11	79.6039
4	4	10	25	78.2840	3	10	79.5311	2	9	79.6475	1	5	79.5100

Fonte: do Autor.

Tabela 93: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Tukey para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	26	69.4708	2	19	69.6266	2	29	68.3342	2	27	68.3291
1	2	2	27	69.6106	2	27	69.4229	1	26	69.4324	1	26	69.4310
1	3	2	25	69.5946	2	27	69.9846	2	27	69.6403	1	26	69.4719
1	4	2	24	69.6035	2	27	70.0465	2	26	69.6628	1	25	69.5362
2	1	3	30	69.0150	4	13	65.9325	4	23	65.6864	4	20	65.5375
2	2	1	25	69.7305	1	15	71.2963	1	13	71.2563	1	13	71.3458
2	3	4	25	69.8555	1	13	71.3867	1	12	71.4466	1	12	71.3782
2	4	3	26	70.5137	1	12	71.7823	1	11	71.4609	1	11	71.4596
3	1	4	27	68.2567	5	13	58.6834	1	17	65.7337	1	19	64.7976
3	2	1	26	69.4154	1	13	71.4142	1	26	69.3992	1	17	70.6300
3	3	4	27	69.9506	2	24	72.7775	2	16	71.2774	2	11	71.1880
3	4	4	26	69.7606	2	12	71.5199	2	10	71.7012	2	12	71.5609
4	1	5	21	66.8612	7	13	55.5309	1	31	65.3247	7	32	66.6504
4	2	1	26	69.4099	1	13	71.4432	1	27	69.3860	1	13	71.4119
4	3	6	28	69.6204	1	24	72.8963	2	13	71.2625	1	12	71.4590
4	4	5	26	70.0193	2	11	71.4952	2	13	71.3432	1	11	71.5218

Fonte: do Autor.

Tabela 94: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Tukey para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	1	70,6866	20	0	75,0912	16	1	77,5231	30	0	74,9744
1	2	5	23	77,0033	2	15	75,7603	2	23	75,8728	2	23	76,0269
1	3	1	28	78,3727	1	21	78,8453	1	17	78,887	1	27	78,4962
1	4	1	26	78,7936	1	26	78,6513	1	22	79,2123	1	22	79,1866
2	1	2	1	72,6867	21	0	75,016	23	0	74,8673	13	0	75,4933
2	2	3	22	76,6006	21	0	74,8052	4	17	74,7649	12	5	76,4354
2	3	1	27	78,569	1	10	80,3859	1	10	79,4562	1	10	79,4666
2	4	1	25	78,872	1	9	80,4441	1	10	79,5124	1	9	79,5107
3	1	2	1	72,5588	28	0	74,9497	26	0	74,91	14	0	75,5488
3	2	8	23	76,0247	30	0	74,7923	27	0	74,7562	1	5	76,1386
3	3	1	27	78,5034	10	1	79,4486	1	23	76,3695	1	15	79,3979
3	4	1	21	79,1714	2	11	79,7072	2	13	79,6408	2	11	79,7651
4	1	4	2	76,2198	28	0	74,9219	32	7	75,8132	2	1	77,1755
4	2	4	4	75,9258	30	0	74,7687	25	2	77,0692	20	0	75,3605
4	3	1	23	76,2842	1	9	79,4468	1	28	78,2031	1	21	77,4739
4	4	1	26	78,7364	2	11	80,0606	2	11	79,5109	1	9	79,5223

Fonte: do Autor.

Tabela 95: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Tukey para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	33	0	74.0746	9	5	75.3615	16	1	77.4321	37	0	76.2729
1	2	5	24	77.2975	6	3	79.3059	1	22	79.0738	1	16	79.1398
1	3	6	25	78.2601	9	6	79.1710	8	1	79.3328	1	24	79.0061
1	4	1	21	79.0346	7	4	79.2679	6	1	79.3398	1	25	78.6992
2	1	26	0	74.5055	38	5	75.7526	19	4	77.3419	40	6	76.8453
2	2	2	18	79.2140	1	7	79.8095	1	5	79.9174	1	10	79.6168
2	3	4	21	77.0662	1	9	79.6979	1	0	80.0811	1	6	79.8217
2	4	1	21	79.2166	1	3	79.8607	4	11	80.7439	1	13	79.6447
3	1	25	2	74.2325	14	1	74.6486	1	12	75.1357	34	5	76.4761
3	2	1	26	78.1872	1	7	79.8003	1	7	79.8107	6	3	79.2549
3	3	1	26	78.7366	1	6	79.8171	6	15	80.1717	1	0	80.0965
3	4	1	25	78.9490	1	9	79.6808	6	14	80.6155	2	4	79.8712
4	1	24	0	77.1296	35	1	75.1092	10	5	76.8411	24	2	77.0139
4	2	1	14	78.9047	1	3	79.9586	1	14	79.1016	1	1	0.0785
4	3	2	16	79.2116	3	1	80.0166	1	6	79.8173	1	0	80.0748
4	4	1	25	78.9178	3	12	80.2863	3	0	80.0090	3	12	80.4273

Fonte: do Autor.

Tabela 96: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Tukey para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	16	3	75.8605	14	0	75.3626	29	4	77.0527	5	5	75.4134
1	2	24	2	78.7734	6	1	79.4363	5	23	78.7180	9	20	78.6621
1	3	9	20	77.9398	6	0	79.4619	26	9	79.6135	1	23	79.1374
1	4	1	18	78.8731	6	19	78.8051	24	1	78.7405	7	23	78.4937
2	1	10	3	76.1264	13	0	75.2117	33	14	75.2443	13	0	75.6788
2	2	5	20	76.8439	1	5	79.3924	1	6	79.4809	1	6	79.4754
2	3	1	22	79.2106	1	5	79.5133	4	18	79.5872	14	9	80.4415
2	4	2	16	79.0003	1	4	79.4621	12	14	79.9684	1	4	79.4228
3	1	39	0	76.5818	9	4	75.5457	17	4	76.3313	12	10	74.9187
3	2	14	25	79.1789	1	6	79.4774	6	12	79.8007	9	1	79.1565
3	3	8	26	78.4289	1	11	79.5611	6	11	79.8250	8	2	79.8145
3	4	1	20	79.1328	2	13	79.6850	6	10	80.8046	2	13	79.6418
4	1	3	2	74.1779	37	5	75.0468	36	4	76.8189	34	3	77.1047
4	2	6	4	78.7819	2	10	79.8672	2	10	79.9189	1	6	79.4842
4	3	1	22	79.1975	1	5	79.5052	7	3	79.4537	1	11	79.6039
4	4	10	25	78.2840	3	10	79.5311	2	9	79.6475	1	5	79.5100

Fonte: do Autor.

Tabela 97: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	27	68.4717	1	20	64.0098	2	20	64.6103	1	19	63.6260
1	2	3	27	69.7351	1	26	69.3851	1	26	69.4324	1	26	69.4310
1	3	3	29	69.8520	2	26	69.7738	1	26	69.4591	2	26	69.5191
1	4	3	26	69.6530	2	26	69.8408	3	27	69.7980	2	24	69.9230
2	1	11	30	65.8259	1	12	62.0424	33	28	59.1150	27	35	60.6671
2	2	3	28	70.0831	1	15	71.2963	1	13	71.2563	1	13	71.3458
2	3	7	29	69.8315	1	13	71.3867	1	12	71.4466	1	17	71.378
2	4	5	29	70.0061	1	12	71.7823	1	11	71.4609	1	11	71.4596
3	1	8	25	65.3011	1	9	47.1375	1	17	65.7337	1	19	64.7976
3	2	1	26	69.4154	1	13	71.4142	1	26	69.3992	1	17	70.6300
3	3	1	26	69.4321	1	12	71.4147	2	11	71.3098	2	13	71.4073
3	4	3	28	69.6918	2	12	71.6766	2	15	71.5118	2	13	71.3101
4	1	1	19	64.1213	1	9	44.8863	27	40	66.8761	1	12	61.6287
4	2	3	23	69.8046	1	13	71.4432	1	27	69.3860	1	13	71.4119
4	3	2	26	69.5848	2	18	73.6876	1	26	69.4355	1	12	71.4590
4	4	2	27	69.4698	2	16	73.4856	3	13	71.3526	3	10	73.1873

Fonte: do Autor.

Tabela 98: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	6	73.2022	13	0	75.2906	14	0	75.3259	21	1	77.2518
1	2	4	21	77.0158	14	1	75.2290	14	10	75.2657	20	0	77.1420
1	3	1	28	78.3727	1	21	78.8453	1	17	78.8870	1	27	78.4962
1	4	1	26	78.7936	1	26	78.6513	1	22	79.2123	1	27	79.1866
2	1	2	0	72.4988	19	0	75.2434	34	0	74.8557	22	3	75.6783
2	2	12	25	75.7068	13	0	75.0748	34	0	74.7526	24	1	74.8958
2	3	1	27	78.5690	1	10	80.3859	1	10	79.4562	1	10	79.4666
2	4	1	25	78.8720	1	9	80.4441	1	10	79.5124	1	9	79.5107
3	1	3	1	73.9892	3	0	76.6966	3	2	76.3396	16	0	75.3780
3	2	8	23	75.0439	20	0	75.0231	3	0	76.3257	1	5	76.1386
3	3	1	27	78.5034	1	10	79.4486	3	22	77.2524	1	15	79.3979
3	4	1	21	79.1714	1	9	79.4772	3	21	80.5972	2	13	79.4006
4	1	4	1	74.2615	3	10	76.0163	4	2	76.4791	11	0	75.5844
4	2	4	0	72.9808	2	1	75.6931	4	1	75.1209	11	5	75.3986
4	3	1	23	76.2842	1	9	79.4468	1	28	78.2031	1	21	77.4739
4	4	1	26	78.7364	1	9	79.4885	2	10	79.3995	1	9	79.5223

Fonte: do Autor.

Tabela 99: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	10	18	73.8651	8	4	75.6921	11	0	77.1420	21	1	76.3807
1	2	7	25	76.7879	8	6	79.2114	1	22	79.0738	1	16	79.1398
1	3	6	20	79.0990	8	3	79.2359	24	3	78.6010	1	24	79.0061
1	4	1	21	79.0346	8	4	79.1662	1	25	78.8086	3	23	78.7512
2	1	18	0	74.6024	9	5	75.5589	33	1	74.7763	28	0	75.3064
2	2	4	20	76.9745	1	7	79.8095	1	5	79.9174	1	10	79.6168
2	3	10	20	77.4376	1	9	79.6979	1	0	80.0811	1	6	79.8217
2	4	1	21	79.2166	1	3	79.8607	1	9	79.6990	1	13	79.6447
3	1	6	2	72.8419	28	5	76.5425	2	12	76.2834	38	5	75.8459
3	2	3	13	79.2097	1	7	79.8003	1	7	79.8107	2	10	79.4853
3	3	1	26	78.7366	1	6	79.8171	3	3	80.2240	1	0	80.0965
3	4	10	19	79.1707	2	8	79.7657	3	11	80.1314	1	9	79.7050
4	1	8	5	73.4460	21	1	75.0716	4	18	75.6054	9	5	76.4228
4	2	3	13	79.3269	1	3	79.9586	4	16	79.9628	1	1	80.0785
4	3	4	3	79.0098	2	0	80.0594	1	6	79.8173	1	0	80.0748
4	4	4	19	79.0298	1	9	79.6999	1	5	79.6006	1	9	79.8222

Fonte: do Autor.

Tabela 100: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	37	4	74.2955	11	0	75.2666	10	5	77.3565	32	0	77.2051
1	2	3	27	77.7789	4	13	79.1294	15	6	78.7780	6	9	79.1489
1	3	3	5	79.1291	1	23	79.1625	5	26	78.5769	1	23	79.1374
1	4	1	18	78.8731	6	11	78.9641	1	14	78.7405	6	7	79.0441
2	1	21	0	73.8633	12	2	75.0930	22	4	76.5170	26	11	75.4443
2	2	5	18	79.2172	1	5	79.3924	1	6	79.4809	1	6	79.4754
2	3	1	22	79.2106	1	5	79.5133	1	5	79.4841	1	5	79.4877
2	4	7	21	78.7319	1	4	79.4621	1	5	79.4763	1	4	79.4228
3	1	29	5	75.5955	17	2	75.0753	32	5	76.7917	3	2	75.7288
3	2	9	23	77.9124	1	6	79.4774	1	6	79.4997	11	20	78.4517
3	3	1	28	78.2715	1	11	79.5611	3	12	80.5742	1	5	79.6485
3	4	1	20	79.1328	1	4	79.4345	2	11	80.1027	10	1	79.7497
4	1	16	7	76.1877	40	1	76.6118	3	4	76.6664	26	0	75.2552
4	2	2	24	78.7155	1	6	79.4829	4	26	79.6646	1	6	79.4842
4	3	1	22	79.1975	1	5	79.5052	3	5	79.3650	1	11	79.6039
4	4	2	1	78.5666	3	13	79.6240	4	14	79.6818	3	9	79.7581

Fonte: do Autor.

Tabela 101: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	19	73,5711	1	20	72,3146	1	20	72,2931	1	20	72,4069
1	2	5	20	74,1646	5	19	74,0775	5	19	74,1007	5	19	74,1263
1	3	5	19	74,2798	3	18	74,0291	3	18	74,0492	3	18	74,0435
1	4	5	20	74,2099	5	20	74,0722	5	17	74,0606	5	17	74,1018
2	1	1	25	72,6296	#	23	73,5163	1	13	73,6077	1	13	73,5056
2	2	3	18	73,8424	#	21	74,4543	1	13	74,0520	3	18	74,0288
2	3	3	18	73,9330	#	19	75,1221	1	14	74,0206	3	18	74,0393
2	4	11	18	73,9087	#	22	74,6444	1	13	74,2511	1	13	74,1875
3	1	1	19	73,1982	#	15	72,6617	1	13	73,4827	1	20	72,3491
3	2	5	19	74,0636	5	12	74,1011	3	18	74,0022	2	18	73,7921
3	3	3	18	73,8878	3	18	74,0017	3	18	74,0207	3	14	73,7942
3	4	11	17	73,7718	3	21	74,1276	1	13	74,1676	2	16	73,7596
4	1	1	20	72,7676	1	20	72,3885	1	12	73,5117	1	18	72,1536
4	2	3	18	74,0322	#	20	75,3927	1	13	74,0281	5	19	74,3778
4	3	3	18	73,9656	3	23	75,0232	1	14	74,0246	3	14	74,4291
4	4	2	16	73,6711	#	17	74,9137	1	13	74,1793	3	15	74,7169

Fonte: do Autor.

Tabela 102: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	12	1	77,6339	9	3	76,3980	9	3	76,3933	9	3	76,3884
1	2	1	23	78,9345	3	16	77,6433	1	19	78,5736	1	28	77,7832
1	3	3	20	79,0961	20	21	78,9152	6	18	78,8503	20	23	79,1400
1	4	5	25	79,1517	1	19	78,3286	11	16	78,9772	7	19	78,9908
2	1	16	8	76,8741	9	3	76,3046	9	3	76,2721	9	3	76,3498
2	2	1	21	77,7218	2	21	78,1446	1	20	78,2871	1	14	78,5402
2	3	20	23	79,0168	1	21	79,0052	2	17	78,9125	2	17	78,8176
2	4	13	18	78,4683	20	20	78,9277	9	19	78,8976	11	23	79,2451
3	1	16	8	76,7395	14	9	76,8394	16	8	76,7977	9	3	76,3878
3	2	1	11	77,3633	1	20	77,7722	1	22	77,6037	1	26	76,9434
3	3	10	18	79,0699	11	24	79,1060	5	26	79,0338	18	21	78,9723
3	4	5	25	78,7586	15	22	79,0328	5	25	79,1393	3	17	78,8342
4	1	7	1	77,1930	7	3	77,1780	16	8	76,9556	16	8	76,6420
4	2	17	1	77,4419	1	19	78,8645	1	16	78,6259	1	16	78,6368
4	3	18	19	78,8907	8	16	79,1419	2	17	78,8952	12	21	78,7654
4	4	13	19	79,1332	7	23	79,2649	7	19	78,8418	5	17	79,0232

Fonte: do Autor.

Tabela 103: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	10	3	77,5794	20	6	77,2570	20	6	77,2414	20	6	77,2458
1	2	6	23	79,3013	1	5	78,5956	3	17	78,8085	20	13	79,0468
1	3	20	9	78,9022	7	23	79,1014	5	13	78,7923	20	4	79,5905
1	4	17	17	79,3706	18	7	78,2463	14	5	78,6734	1	19	78,5243
2	1	20	6	77,2228	20	6	77,2511	20	6	77,2601	20	6	77,2464
2	2	17	26	78,8862	1	16	78,7321	18	14	79,0555	18	19	78,6611
2	3	20	14	79,4786	1	22	78,9895	1	5	78,8272	7	22	79,0282
2	4	14	5	78,9538	1	4	78,7556	1	4	78,7863	18	14	78,5164
3	1	20	6	77,2283	20	6	77,2080	20	6	77,2254	7	1	77,5656
3	2	5	23	78,7860	20	13	78,7832	4	21	78,6907	17	9	78,7614
3	3	9	22	78,7291	20	9	79,0349	20	12	79,1790	15	7	79,3475
3	4	1	27	78,5880	1	19	77,8448	8	15	79,2224	20	8	78,8869
4	1	20	6	77,2512	7	3	77,1848	20	6	77,1777	20	6	76,652
4	2	18	4	79,6140	6	7	79,5859	1	9	78,5425	14	30	79,2989
4	3	12	2	79,4926	20	4	79,1854	11	10	79,2457	19	11	79,2535
4	4	15	18	78,7454	3	20	78,8653	1	7	78,5121	7	15	79,4559

Fonte: do Autor.

Tabela 104: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev tipo I para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	18	1	77,4954	20	5	76,6724	20	5	76,6638	1	3	76,7385
1	2	3	24	79,0684	1	11	78,5519	1	16	78,7060	1	16	77,8540
1	3	4	23	78,9520	1	21	77,9065	1	1	78,8267	13	26	78,8849
1	4	3	19	79,1013	1	16	78,6445	1	14	78,8437	1	8	78,4950
2	1	19	9	76,3749	4	7	76,9010	4	7	76,6203	14	2	77,2257
2	2	18	30	78,3048	5	7	78,6962	1	16	78,6882	18	19	78,8768
2	3	2	17	78,8768	1	1	78,8462	11	17	79,3396	15	24	78,9205
2	4	20	8	78,8263	14	24	79,2243	15	23	78,7275	1	14	78,5886
3	1	4	7	76,9975	4	7	77,0119	4	7	77,0302	19	1	77,4300
3	2	19	22	78,8783	7	26	78,3101	1	16	78,5969	1	16	78,6235
3	3	18	19	79,2878	16	17	78,9838	8	19	79,0871	1	17	78,6087
3	4	8	17	78,8773	15	19	78,8498	18	29	78,8237	1	14	78,5967
4	1	16	4	77,3280	16	3	77,3856	5	8	76,9869	3	8	77,2304
4	2	1	23	78,6108	5	18	78,9225	1	16	78,6582	1	16	78,6356
4	3	15	19	78,8537	13	18	79,0707	1	17	78,6477	1	17	78,6757
4	4	8	21	78,9493	1	4	78,7454	1	14	78,6619	19	20	79,0076

Fonte: do Autor.

Tabela 105: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	30	25	70,3619	28	27	69,7973	22	27	69,9306	30	27	69,6131
1	2	9	25	70,6961	12	26	70,1704	5	25	70,0595	6	24	70,0110
1	3	32	25	70,7157	7	24	69,9017	31	24	70,0414	4	24	70,1137
1	4	32	24	70,7393	9	25	69,9089	5	23	70,0103	4	24	70,1713
2	1	31	28	69,7910	5	27	69,6736	7	28	71,8743	3	13	70,3297
2	2	27	27	69,9579	1	20	70,6016	27	16	71,4178	3	13	71,3890
2	3	2	24	69,7747	1	19	70,9656	21	26	72,7412	1	18	73,6487
2	4	12	26	69,7299	30	15	72,0199	1	11	71,4594	1	13	71,5207
3	1	9	26	69,8831	2	25	72,5872	9	26	69,5339	18	13	71,2411
3	2	7	25	70,0087	17	12	71,5326	1	13	71,4741	31	13	71,4727
3	3	7	25	70,0019	2	12	71,4606	1	18	70,9130	2	16	71,8128
3	4	7	24	70,0033	14	10	71,5110	8	25	69,8908	27	11	71,5972
4	1	5	26	69,8248	5	10	70,7577	12	27	69,4686	18	13	71,3573
4	2	7	25	70,0273	1	19	73,6197	5	26	69,7177	34	22	73,1970
4	3	33	25	70,0460	1	11	71,5054	12	25	69,6677	2	9	71,7241
4	4	5	23	70,0680	5	10	71,4764	31	26	69,6656	2	12	72,8866

Fonte: do Autor.

Tabela 106: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	25	0	73,9242	32	3	73,9642	18	27	75,1208	30	0	72,1372
1	2	28	17	79,2608	18	21	79,2425	13	13	79,7252	31	29	77,6566
1	3	10	18	79,3082	7	21	79,2816	17	13	80,1807	27	22	79,2082
1	4	17	18	79,3139	23	22	79,2357	35	8	79,9580	7	22	79,2091
2	1	2	1	71,4998	27	2	75,7202	31	27	74,0749	15	0	73,3792
2	2	32	21	78,9069	15	19	80,6030	22	11	80,6426	8	11	79,3161
2	3	28	21	79,3692	17	18	81,0482	13	12	81,0970	3	11	79,5138
2	4	9	21	79,3535	11	17	80,6695	3	19	81,0505	1	9	79,5678
3	1	29	0	71,6356	2	1	73,2195	16	6	76,0704	2	2	73,4440
3	2	21	26	78,7718	2	13	80,4201	31	16	80,7052	10	11	80,3764
3	3	5	21	79,2824	2	12	79,6779	31	9	79,7310	12	10	79,5409
3	4	23	22	79,2632	2	11	79,5836	26	9	80,5021	10	9	80,5393
4	1	2	1	72,7659	3	11	73,5691	21	22	73,1913	1	1	73,4856
4	2	28	19	79,2377	18	11	80,4597	35	21	79,6625	10	11	80,5967
4	3	25	22	79,1735	5	10	79,5499	8	10	80,5104	11	14	80,6303
4	4	31	22	79,1926	4	9	80,4868	10	11	79,6476	24	9	80,6096

Fonte: do Autor.

Tabela 107: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	16	7	74,4352	27	11	72,2284	10	4	75,6160	25	0	71,9162
1	2	24	2	79,5133	26	21	79,2911	2	7	80,6857	16	21	79,2336
1	3	13	20	79,4744	20	20	79,3100	4	6	80,6010	27	20	79,3068
1	4	15	13	79,6680	12	5	79,4260	2	5	80,6408	32	5	79,3745
2	1	16	7	72,9823	29	0	77,1532	35	6	74,9519	21	23	73,3896
2	2	27	21	79,2770	12	3	81,1362	24	10	80,6378	3	5	79,8594
2	3	13	21	79,3785	27	1	81,0995	7	9	80,6667	1	22	80,1754
2	4	13	20	79,3668	20	12	81,1274	12	8	80,7008	20	5	80,4955
3	1	20	7	74,3376	29	11	73,5724	4	5	75,5604	2	2	75,3798
3	2	27	21	79,3320	2	7	79,7651	34	1	79,9832	33	1	80,0276
3	3	7	20	79,3035	1	4	79,8801	12	2	80,5712	1	4	79,8966
3	4	13	20	79,3414	2	20	80,0107	34	12	80,3693	29	8	80,1214
4	1	17	6	74,2705	8	4	73,3361	24	6	76,7389	2	4	73,9629
4	2	5	21	79,2761	22	2	80,0355	19	7	80,5262	33	5	80,5461
4	3	20	4	80,0882	34	0	79,9069	8	0	80,5501	6	1	80,0795
4	4	20	13	79,2265	30	4	79,8023	26	0	79,8611	1	9	80,5674

Fonte: do Autor.

Tabela 108: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev tipo II para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	32	0	75,0141	24	3	72,9823	12	2	76,0166	8	20	72,4421
1	2	9	1	79,5361	9	18	79,0416	19	6	80,6649	2	23	79,0835
1	3	17	0	79,4120	20	21	79,2186	26	2	80,6010	26	20	79,2838
1	4	3	21	79,5203	14	20	79,3077	20	4	80,9577	7	20	79,2876
2	1	29	4	75,9918	23	3	77,5448	4	2	75,7738	29	6	76,1068
2	2	9	23	79,0504	14	6	81,0824	24	1	80,6093	3	12	79,4958
2	3	20	21	79,2897	3	6	81,0976	2	18	80,4816	3	11	79,5782
2	4	4	19	79,2454	3	5	81,0077	27	20	80,1033	3	11	79,8024
3	1	18	6	74,4039	4	4	75,5547	12	3	75,6815	13	6	75,4300
3	2	2	21	79,4205	21	10	79,5024	27	1	80,1267	8	1	80,1021
3	3	17	21	79,1592	2	22	80,0801	21	0	80,1497	16	6	79,6186
3	4	20	21	79,2879	2	15	79,5034	24	5	80,3789	19	13	80,4705
4	1	18	4	73,7268	20	2	73,7634	13	6	74,6645	12	4	74,9956
4	2	18	22	79,2025	28	1	80,1884	4	3	80,2469	23	19	81,1892
4	3	1	22	79,2089	28	0	80,1137	24	0	80,5626	16	0	80,5522
4	4	20	19	79,3056	29	4	79,7235	20	0	79,8753	27	12	79,6818

Fonte: do Autor.

Tabela 109: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Elíptico para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	25	70,0984	2	20	70,0477	1	12	71,2514	2	18	69,7990
1	2	16	20	71,2208	12	23	71,3603	1	12	71,3979	16	21	71,3075
1	3	10	21	70,7254	6	21	71,2757	1	11	71,5034	10	28	70,8568
1	4	8	16	71,4334	6	17	71,4568	1	13	71,5126	10	18	71,0586
2	1	1	26	70,0415	1	13	71,4537	1	11	71,2320	1	13	71,3113
2	2	10	17	71,1646	1	12	71,4816	1	12	71,4731	9	29	71,3460
2	3	2	23	72,5103	1	11	71,5264	1	18	70,9847	1	11	71,4217
2	4	2	22	72,5228	6	19	71,7489	1	14	71,2126	1	13	71,5457
3	1	1	26	69,9949	1	26	69,5046	1	16	71,1748	1	25	69,4012
3	2	12	20	71,8440	20	25	71,6650	1	12	71,3550	12	30	71,6485
3	3	8	29	73,1427	12	26	73,8289	16	25	72,1094	14	25	72,4152
3	4	3	22	71,5514	3	17	73,4049	1	13	71,4916	13	26	72,1939
4	1	1	25	69,9268	1	25	69,5109	1	13	71,4995	1	25	69,4894
4	2	10	31	73,8233	10	34	72,2393	1	12	71,3736	10	30	72,4623
4	3	10	25	73,6312	7	29	73,9441	1	11	71,4979	2	12	71,5877
4	4	12	26	73,3261	12	26	73,7476	1	13	71,6242	2	10	71,4218

Fonte: do Autor.

Tabela 110: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Elíptico para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1		8	2	76,9654	10	3	76,9048	10	2	76,8152	18	1	76,8665
1	2	2	13	77,2692	2	11	77,1839	1	9	79,4888	2	15	77,1831
1	3	2	14	77,3285	2	17	79,3531	1	8	79,4526	2	13	77,3935
1	4	2	17	79,3276	6	12	78,9494	1	7	79,4163	4	14	79,2853
2	1	8	2	76,9319	10	2	77,0183	5	3	76,8028	5	1	76,8179
2	2	10	1	76,8709	1	9	79,4688	2	14	80,4358	1	9	79,4568
2	3	1	20	79,3017	1	8	79,4507	1	8	79,4295	1	8	79,4255
2	4	2	11	79,3501	2	13	79,5227	2	15	79,9340	1	9	79,5849
3	1	5	2	76,7728	4	4	76,1938	5	5	76,5101	4	1	76,2454
3	2	10	1	76,9589	1	14	79,2974	1	9	79,4514	7	5	76,6654
3	3	1	26	78,8805	3	14	80,3324	1	8	79,4330	2	14	77,2248
3	4	3	17	79,2148	3	12	79,6291	2	15	79,4912	2	11	79,2475
4	1	4	1	76,5603	4	1	75,9365	4	2	76,0728	4	2	76,3711
4	2	1	23	79,2395	2	15	79,3344	1	9	79,4595	1	21	77,5631
4	3	1	25	78,6665	1	13	79,4888	17	1	76,8230	1	20	78,1145
4	4	1	24	79,1070	10	13	80,4062	1	9	79,6778	2	11	79,0166

Fonte: do Autor.

Tabela 111: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Elíptico para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1		2	1	73,2912	14	4	75,8192	1	1	76,4880	14	1	76,2864
1	2	2	11	77,4047	1	11	79,4921	1	2	80,0451	1	11	79,4783
1	3	6	18	79,0651	1	5	79,6008	1	10	79,5192	1	10	79,6807
1	4	1	19	78,9090	1	9	79,5891	1	9	79,5959	9	12	80,0577
2	1	2	1	75,8485	4	1	75,3418	2	1	74,3673	12	4	74,5576
2	2	2	6	79,5299	1	1	80,0440	1	1	80,0300	1	1	80,0521
2	3	4	1	79,8472	1	5	79,5864	4	11	80,5685	1	9	79,7630
2	4	16	18	79,8733	2	1	79,6819	2	8	80,6872	10	12	79,5833
3	1	3	1	74,2302	2	3	76,0104	2	3	76,2929	2	3	74,7848
3	2	3	9	79,3962	1	5	79,8646	1	1	80,0759	2	1	79,2041
3	3	20	1	80,1399	3	11	79,7313	5	14	80,8886	12	14	78,6903
3	4	10	3	79,9857	1	4	79,6488	5	13	81,0502	7	10	80,1067
4	1	4	1	75,7786	2	4	74,8329	3	3	75,4713	2	2	74,2542
4	2	3	13	79,3562	1	1	80,0469	1	1	80,0760	1	10	79,6765
4	3	4	3	79,5600	5	13	80,1837	1	9	79,7038	1	9	79,7421
4	4	4	3	79,5505	10	4	80,5975	6	11	80,2987	1	8	79,7223

Fonte: do Autor.

Tabela 112: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Elíptico para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1		18	4	76,7997	20	5	76,7580	16	3	76,6913	18	4	76,7333
1	2	1	2	77,8216	1	9	79,7785	1	16	79,0988	1	25	79,0423
1	3	2	7	77,8252	1	5	79,6876	1	13	79,5018	1	8	79,6829
1	4	1	26	78,6051	1	14	79,3994	1	11	79,5770	8	11	79,3926
2	1	7	1	76,8261	18	4	76,9391	11	2	77,1596	18	4	76,9258
2	2	2	8	79,4198	1	9	79,7372	1	6	79,5326	1	16	79,0505
2	3	2	7	79,3922	1	8	79,7263	1	13	79,4949	1	13	79,4695
2	4	2	6	79,3691	8	15	80,0768	2	14	80,6653	10	21	80,0668
3	1	16	3	76,7691	16	3	76,8578	13	1	76,7422	5	6	76,3219
3	2	3	3	79,4326	3	3	80,8618	2	15	79,2208	1	16	79,0865
3	3	3	15	79,2448	4	8	79,3348	3	6	80,2130	2	7	79,3894
3	4	3	2	79,4022	2	15	79,9378	2	21	79,7500	2	12	79,3759
4	1	12	1	76,9154	14	1	76,7176	5	5	76,6070	5	4	76,6689
4	2	1	17	78,8901	1	2	80,0496	1	16	79,1010	1	16	79,0823
4	3	4	5	79,4237	1	8	79,7335	1	13	79,4812	2	7	80,0677
4	4	6	1	79,8784	3	16	80,0494	1	11	79,5493	6	1	79,8717

Fonte: do Autor.

Tabela 113: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Butterworth para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	25	70,1169	3	26	69,8106	1	13	71,3938	4	11	71,2032
1	2	5	25	70,0974	3	26	69,8471	1	12	71,4525	5	11	71,3037
1	3	5	24	70,1106	4	26	70,0601	1	13	71,5422	4	11	71,5081
1	4	5	25	70,1260	3	26	69,9165	5	13	71,5542	5	10	71,5786
2	1	6	26	70,3089	3	13	71,4259	6	13	71,4542	1	13	71,4239
2	2	6	25	70,3612	1	12	71,3597	6	18	72,9896	6	12	71,4674
2	3	6	24	70,4974	1	13	71,6104	1	11	71,5137	6	13	71,4276
2	4	6	23	70,5176	1	13	71,5630	6	15	73,4955	6	13	71,5453
3	1	5	26	70,0036	5	10	71,1276	6	13	71,3154	5	15	71,2572
3	2	5	25	70,0358	4	18	70,9007	6	12	71,4405	3	12	71,4313
3	3	5	26	70,0298	2	20	70,2377	6	14	71,4390	4	11	71,4937
3	4	5	25	70,0653	3	20	70,4424	6	13	71,5016	4	16	71,2995
4	1	1	25	69,9245	1	13	71,4199	6	13	71,4474	1	15	71,1730
4	2	5	25	69,9383	1	12	71,4402	6	12	71,4624	3	12	71,4316
4	3	5	26	69,9632	3	24	73,2154	6	11	71,4885	1	11	71,4508
4	4	5	25	69,9914	1	13	71,5505	6	13	71,6011	2	13	71,5368

Fonte: do Autor.

Tabela 114: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Butterworth para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	4	26	70,1280	1	30	71,7143	2	30	71,8451	2	30	71,9250
1	2	2	26	78,9354	1	14	79,3364	3	14	79,3433	4	14	79,5453
1	3	2	29	77,4257	6	20	76,2849	3	13	79,5337	3	16	79,1351
1	4	2	24	79,1715	3	12	79,5917	4	11	79,6530	2	12	79,5224
2	1	6	25	70,3353	3	12	71,8200	1	30	71,9683	3	30	71,8817
2	2	6	25	78,8895	1	14	80,3804	3	14	79,3160	1	14	79,2963
2	3	6	19	78,6955	3	13	79,4624	1	13	79,4754	2	10	79,5046
2	4	3	17	78,7981	3	12	79,5608	2	12	79,5239	3	12	79,4891
3	1	5	24	70,2695	3	30	71,9508	3	31	72,3176	2	30	71,8832
3	2	4	28	78,2660	4	14	79,3770	3	14	79,2994	4	14	79,3245
3	3	6	33	76,5533	3	13	79,5030	3	13	79,4716	3	13	79,4755
3	4	4	21	79,3529	2	12	79,4984	3	12	79,4883	1	12	79,6805
4	1	6	22	70,3637	1	30	72,0358	4	14	73,2698	4	24	72,8163
4	2	2	29	78,0489	1	14	79,3280	1	14	79,3081	2	10	79,4986
4	3	3	31	77,3613	3	13	79,4717	1	18	78,6659	4	13	79,5072
4	4	6	25	78,8576	1	12	79,5301	6	11	79,6309	3	12	79,5552

Fonte: do Autor.

Tabela 115: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Butterworth para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	18	73,7845	7	4	76,6938	9	5	74,8719	2	2	75,3441
1	2	1	16	77,3967	1	10	79,3702	1	16	79,5157	1	10	79,5543
1	3	6	21	74,7369	3	16	78,5467	1	21	79,0529	3	16	79,1974
1	4	3	14	75,8644	1	14	77,7445	1	24	78,7379	6	21	79,0712
2	1	5	20	73,1755	3	1	77,4269	1	1	75,0647	2	3	76,1167
2	2	3	17	77,9545	1	14	79,5879	1	10	78,9206	1	16	78,3917
2	3	1	18	77,5438	3	15	78,6445	1	19	78,9471	1	11	78,7325
2	4	2	17	78,2666	2	15	79,4418	1	8	78,7059	3	11	79,5715
3	1	4	2	75,5057	5	2	76,1638	10	9	75,1632	1	5	74,2544
3	2	1	16	77,5823	1	10	79,5538	1	10	79,0416	1	10	79,0497
3	3	1	20	77,6049	3	16	79,0389	1	20	77,9947	1	0	79,1579
3	4	1	19	77,6459	1	20	79,0246	2	15	78,7303	3	15	79,3069
4	1	5	3	75,2495	4	1	76,5814	1	2	74,7429	2	3	75,1209
4	2	5	16	73,9730	1	14	79,6190	1	14	78,7595	1	14	79,6128
4	3	3	16	77,7186	1	17	78,6582	1	15	78,6837	1	0	78,9043
4	4	1	18	77,8488	1	24	78,8062	3	15	78,9445	1	19	78,1406

Fonte: do Autor.

Tabela 116: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Butterworth para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	2	77,1372	4	0	77,5839	4	2	77,2775	3	0	77,5624
1	2	1	4	77,1947	4	0	77,5995	2	14	77,5377	2	4	77,5716
1	3	1	14	77,3764	1	21	78,6678	1	25	78,6025	1	18	77,7715
1	4	3	21	77,9217	1	17	77,8190	2	16	78,4486	2	0	78,4356
2	1	3	2	77,1186	2	3	77,5687	3	5	77,0739	2	2	77,5717
2	2	1	18	77,6846	2	0	77,5917	1	6	78,4948	1	6	78,3683
2	3	1	19	77,5798	2	11	79,0995	1	14	78,6285	1	9	78,6665
2	4	1	21	77,9387	2	16	79,4733	1	5	78,6869	3	12	78,8089
3	1	4	0	77,1444	3	2	77,1683	3	1	77,2373	4	4	77,3951
3	2	1	20	77,4574	3	5	77,4154	1	6	78,3356	2	2	77,7614
3	3	1	19	77,7002	1	17	77,8333	1	9	78,6617	2	2	79,0111
3	4	1	19	77,6786	2	12	77,8845	1	17	78,4039	2	9	79,0943
4	1	5	3	77,0202	1	3	77,4229	1	0	77,5523	2	3	77,3275
4	2	1	20	77,4895	3	5	77,4137	1	6	78,3492	2	3	78,8592
4	3	1	18	77,7128	1	14	77,8120	1	18	78,2693	1	14	78,6121
4	4	1	19	78,0842	2	12	78,1304	1	0	79,0289	2	12	78,6013

Fonte: do Autor.

Tabela 117: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de pH.

nd		1				2				3				4			
nb\nc		L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit	
1	1	6	28	72.4287	4	20	74.0705	4	23	74.1227	4	16	74.0620				
1	2	6	27	72.4348	4	18	74.2280	4	18	74.0513	4	19	74.5385				
1	3	6	28	72.4486	5	18	74.5238	5	17	74.1715	4	17	74.4477				
1	4	6	28	72.4790	4	13	74.5350	5	19	73.6450	4	10	74.0942				
2	1	6	28	72.4321	5	17	74.2782	5	28	74.1865	5	23	74.3531				
2	2	6	27	72.4373	4	18	74.1540	5	27	74.1736	5	27	74.1668				
2	3	6	28	72.4509	4	13	73.9395	4	13	74.0275	5	16	74.3543				
2	4	6	28	72.4852	4	14	73.8666	5	15	74.1531	5	13	74.0783				
3	1	6	28	72.4342	5	28	73.1989	5	14	73.9248	5	24	74.6804				
3	2	6	27	72.4384	5	10	73.3977	5	11	73.8192	5	23	74.6799				
3	3	6	28	72.4566	7	21	73.1541	5	15	73.7331	5	22	74.6793				
3	4	6	28	72.4905	6	29	73.7402	5	27	74.3288	5	21	74.3433				
4	1	6	28	72.4317	5	24	74.0285	5	14	73.5581	5	23	74.6928				
4	2	6	27	72.4360	5	19	73.2456	5	11	73.8528	5	23	74.6210				
4	3	6	28	72.4453	5	26	74.2925	5	10	73.7864	5	21	74.7983				
4	4	6	28	72.4790	5	28	74.1454	5	37	72.8913	5	21	74.7759				

Fonte: do Autor.

Tabela 118: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de pH.

nd		1				2				3				4			
nb\nc		L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit				
1	1	6	0	75.7156	4	2	76.9786	4	2	76.9079	4	2	76.7539				
1	2	5	21	79.2319	4	11	80.9713	4	11	80.9023	4	14	80.8770				
1	3	5	16	79.3207	4	10	80.9928	4	12	81.0522	4	10	80.8528				
1	4	5	15	79.3517	4	12	80.8893	4	9	80.9450	4	12	81.1477				
2	1	6	0	75.7195	5	7	76.8939	4	3	76.3193	5	7	76.5988				
2	2	5	21	79.2357	4	11	80.9301	4	11	80.9617	4	11	80.9616				
2	3	5	16	79.3449	4	10	80.9407	4	9	80.9754	6	17	80.1172				
2	4	5	19	79.1942	4	11	80.9578	7	2	79.0981	6	23	78.9781				
3	1	6	0	75.7227	5	1	76.0642	5	7	76.6641	5	7	76.6266				
3	2	5	21	79.2362	4	9	80.6189	3	17	80.0516	3	14	80.5020				
3	3	4	21	79.2866	1	13	79.6730	6	4	80.7329	1	13	80.5582				
3	4	5	15	79.3183	5	11	79.9460	5	7	79.8134	6	4	80.5798				
4	1	6	0	75.7407	5	2	77.1234	5	7	76.8753	6	9	76.5452				
4	2	5	21	79.2326	6	5	80.1096	5	12	79.8735	5	9	80.5267				
4	3	5	16	79.3336	5	12	79.5798	1	15	79.2254	5	9	80.9362				
4	4	5	19	79.1861	5	9	79.9246	5	12	80.0877	3	20	79.8980				

Fonte: do Autor.

Tabela 119: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	L	nk	fit	L	nk	Fit	L	nk	Fit	L	nk	fit
1	1	7	2	76.1613	5	1	77.1308	5	1	76.8312	5	1	77.3487
1	2	4	2	79.6041	4	6	80.9435	4	4	81.0708	4	1	80.9032
1	3	5	0	79.7882	5	12	80.5142	5	12	80.5179	4	4	80.9747
1	4	6	5	79.7015	4	9	80.9854	4	3	81.1441	4	8	80.9842
2	1	7	0	76.0238	5	1	77.3950	5	1	77.2432	5	1	76.4975
2	2	5	5	79.6705	4	0	81.2009	4	4	81.3213	5	14	80.6292
2	3	5	0	79.8048	4	4	81.2509	4	0	81.2569	4	2	81.1812
2	4	5	10	79.6866	4	3	80.9712	4	18	80.4823	5	15	79.1131
3	1	7	0	75.7951	5	11	77.2320	5	11	77.5793	4	7	75.6635
3	2	5	5	79.6645	5	12	80.9697	6	17	79.9509	3	6	80.7956
3	3	5	0	79.7465	5	25	79.5789	3	1	80.7796	3	1	80.9613
3	4	6	12	79.5533	5	7	80.8512	5	15	80.6659	6	5	79.9853
4	1	6	10	76.1739	6	0	75.9946	5	1	77.2053	7	15	76.0741
4	2	5	6	79.6565	5	2	80.5363	3	14	80.1740	4	8	80.7457
4	3	5	0	79.7641	4	5	80.4179	5	16	80.5092	4	1	81.2071
4	4	6	5	79.6389	6	4	80.2589	4	8	80.5204	7	1	81.3022

Fonte: do Autor.

Tabela 120: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit
1	1	7	0	75.8506	4	1	76.5713	5	1	76.5634	5	1	76.6031
1	2	6	5	79.5385	3	14	80.2240	4	23	79.3795	4	5	81.0994
1	3	6	7	79.5613	4	13	80.9381	4	13	80.6622	4	12	80.5343
1	4	6	11	79.6309	4	11	80.9635	4	9	81.0830	4	11	80.8585
2	1	6	0	75.7310	5	1	77.3107	5	1	77.1073	5	1	77.1310
2	2	6	11	79.2721	5	10	80.8683	3	11	80.3297	5	14	80.0193
2	3	5	10	79.8508	4	13	80.8404	3	13	79.9546	6	7	80.1681
2	4	5	11	79.7426	6	4	81.0045	5	7	80.7997	4	10	80.8410
3	1	6	1	75.8086	5	1	77.2306	5	1	76.8863	6	0	75.7316
3	2	2	24	79.4875	1	14	79.3147	3	11	80.6063	5	10	79.1169
3	3	5	10	79.8684	1	10	79.2867	2	6	79.5358	5	10	80.6334
3	4	5	8	79.6750	6	6	80.1625	3	9	80.6654	3	0	79.7786
4	1	6	1	75.7845	5	2	77.5317	5	1	77.2677	5	1	75.8658
4	2	5	9	79.4935	5	10	79.9874	1	12	79.5762	3	11	79.4702
4	3	5	10	79.8414	5	8	79.3991	1	9	79.4415	1	19	79.3492
4	4	6	10	79.5715	5	9	80.8595	6	3	80.6405	5	7	80.8234

Fonte: do Autor.

Tabela 121: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit
1	1	1 6	28	72.4287	1 4	20	74.0705	1 4	23	74.1227	1 4	16	74.0620
1	2	1 6	27	72.4348	1 4	18	74.2280	1 4	18	74.0513	1 4	19	74.5385
1	3	1 6	28	72.4486	1 5	18	74.5238	1 5	17	74.1715	1 4	17	74.4477
1	4	1 6	28	72.4790	1 4	13	74.5350	1 5	19	73.6450	1 4	10	74.0942
2	1	1 6	28	72.4321	1 5	17	74.2782	1 5	28	74.1865	1 5	23	74.3531
2	2	1 6	27	72.4373	1 4	188	74.1540	1 5	27	74.1736	1 5	27	74.1668
2	3	1 6	28	72.4509	1 4	13	73.9395	1 4	13	74.0275	1 5	16	74.3543
2	4	1 6	28	72.4852	1 4	14	73.8666	1 5	15	74.1531	1 5	13	74.0783
3	1	1 6	28	72.4342	1 5	28	73.1989	1 5	14	73.9248	1 5	24	74.6804
3	2	1 6	27	72.4384	1 5	10	73.3977	1 5	11	73.8192	1 5	23	74.6799
3	3	4 1	28	72.4566	5 1	35	73.9289	1 5	15	73.7331	1 5	22	74.6793
3	4	1 6	22	72.5300	4 1	20	73.8865	1 5	27	74.3288	1 5	21	74.3433
4	1	1 6	28	72.4317	1 5	24	74.0285	1 5	14	73.5581	1 5	23	74.6928
4	2	1 6	27	72.4360	1 5	19	73.2456	1 5	11	73.8528	1 5	23	74.6210
4	3	1 6	28	72.4453	1 5	26	74.2925	1 5	10	73.7864	1 5	21	74.7983
4	4	1 6	28	72.4790	1 5	28	74.1454	1 5	37	72.8913	1 5	21	74.7759

Fonte: do Autor.

Tabela 122: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit
1	1	8 7	1	77.1921	1 4	2	76.9786	1 4	2	76.9079	1 4	2	76.7539
1	2	1 5	21	79.2319	1 4	11	80.9713	1 4	11	80.9023	1 4	14	80.8770
1	3	2 2	23	79.4488	1 4	10	80.9928	1 4	12	81.0522	1 4	10	80.8528
1	4	1 5	15	79.3517	1 4	12	80.8893	1 4	9	80.9450	1 4	12	81.1477
2	1	4 7	1	77.0896	1 5	7	76.8939	4 4	1	76.8854	2 6	1	77.4190
2	2	1 5	21	79.2357	1 4	11	80.9301	1 4	11	80.9617	1 4	11	80.9616
2	3	10 3	17	80.0361	1 4	10	80.9407	1 4	9	80.9754	1 6	17	80.1172
2	4	9 3	21	79.8693	1 4	11	80.9578	3 1	11	79.7522	2 1	10	79.6876
3	1	4 7	1	77.1153	5 1	2	77.0454	4 4	1	76.8524	3 6	2	76.8569
3	2	1 5	21	79.2362	1 4	9	80.6189	1 3	17	80.0516	1 3	14	80.5020
3	3	3 1	19	79.5175	6 1	13	80.0934	1 6	4	80.7329	1 1	13	80.5582
3	4	6 3	16	79.9796	7 1	12	80.5615	7 1	15	80.9226	1 6	4	80.5798
4	1	8 6	1	77.1679	1 5	2	77.1234	6 1	4	77.9139	4 4	6	76.7537
4	2	1 5	21	79.2326	1 6	5	80.1096	1 5	12	79.8735	1 5	9	80.5267
4	3	6 1	17	79.4228	2 1	11	80.3283	2 2	14	79.9309	1 5	9	80.9362
4	4	9 2	18	79.7724	10 1	16	81.0533	1 5	12	80.0877	6 1	13	79.9879

Fonte: do Autor.

Tabela 123: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit
1	1	4 7	1	77.1866	1 5	1	77.1308	1 5	1	76.8312	15	1	77.3487
1	2	1 4	2	79.6041	1 4	6	80.9435	1 4	4	81.0708	1 4	14	80.9032
1	3	1 6	6	79.6421	1 5	12	80.5142	1 5	12	80.5179	1 4	4	80.9747
1	4	1 6	5	79.7015	1 4	9	80.9854	1 4	3	81.1441	1 4	8	80.9842
2	1	4 7	1	7.1935	1 5	1	77.3950	1 5	1	77.2432	3 6	5	76.7104
2	2	1 5	5	79.6705	1 4	4	81.1385	1 4	4	81.3213	1 5	14	80.6292
2	3	1 6	5	79.6990	1 4	4	81.2509	1 4	5	81.1991	1 4	2	81.1812
2	4	1 5	10	79.6866	1 4	3	80.9712	1 4	18	80.4823	4 4	10	80.0102
3	1	4 7	1	77.1882	1 5	11	77.2320	1 5	11	77.5793	3 7	1	76.1250
3	2	1 5	5	79.6645	1 5	12	80.9697	1 6	17	79.9509	1 3	6	80.7956
3	3	1 6	6	79.6032	3 1	10	80.7845	8 1	10	81.0727	1 3	1	80.9613
3	4	1 6	12	79.5533	1 5	7	80.8512	8 1	13	81.0618	1 6	5	79.9853
4	1	4 7	1	76.8915	10 1	1	76.6874	1 5	1	77.2053	1 7	15	76.0741
4	2	1 5	6	79.6565	1 5	2	80.5363	1 3	14	80.1740	1 4	8	80.7457
4	3	1 6	6	79.6865	6 1	9	80.5052	1 5	16	80.5092	1 4	1	81.2071
4	4	1 6	5	79.6389	6 1	8	81.0358	5 2	10	80.8965	1 7	1	81.3022

Fonte: do Autor.

Tabela 124: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit
1	1	4 7	1	77,2062	1 4	1	76,5713	1 5	1	76,5634	1 5	1	76,[[[6031
1	2	1 6	5	79,5385	1 3	14	80,2575	1 4	23	79,3795	1 4	5	81,0994
1	3	1 6	7	79,5613	1 4	13	80,9381	1 4	13	80,6622	1 4	12	80,5343
1	4	1 6	11	79,6309	1 4	11	80,9635	1 4	9	81,0830	1 4	11	80,8585
2	1	4 7	2	77,1675	1 5	1	77,3847	4 1	2	77,5113	1 5	1	77,1310
2	2	1 6	11	79,2721	1 4	11	80,7930	3 1	6	80,5983	1 5	14	80,0193
2	3	9 2	18	79,9237	1 4	13	80,8404	4 1	18	80,8768	1 6	7	80,1681
2	4	1 5	11	79,7426	1 6	4	80,8912	1 5	7	80,7997	1 4	10	80,8410
3	1	4 7	2	76,6607	1 5	1	77,2306	6 1	1	77,6169	3 7	2	76,8178
3	2	1 2	24	79,4875	3 1	6	80,7096	1 3	11	80,6063	3 1	8	79,7326
3	3	1 5	10	79,8684	5 1	2	81,1711	4 1	15	80,6395	1 5	10	80,6334
3	4	1 5	8	79,6750	3 1	4	80,6748	8 1	2	80,8840	3 1	12	79,7894
4	1	4 7	2	76,7852	1 5	2	77,5317	1 5	1	77,2677	10 2	2	76,7925
4	2	1 5	9	79,4935	5 1	5	80,7944	8 1	1	80,9412	2 2	10	79,8965
4	3	1 5	10	79,8414	7 1	15	80,5358	10 1	9	80,9513	4 2	9	79,7196
4	4	4 1	22	79,8299	7 1	2	81,1811	1 6	3	80,6405	1 5	7	80,8234

Fonte: do Autor.

Tabela 125: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	coif	L	nk	fit	coif	L	nk	Fit	coif	L	nk	fit
1	1	1	3	26	69,4317	1	1	25	69,8124	1	1	25	69,2821
1	2	5	4	26	71,5287	5	1	25	70,2075	1	4	11	70,0867
1	3	3	4	29	71,5811	5	1	25	70,7537	5	1	25	70,1349
1	4	3	4	30	71,4651	4	2	25	71,5864	1	4	11	70,2003
2	1	1	3	26	69,4246	1	1	21	69,0839	1	2	12	69,5093
2	2	5	2	23	70,1127	1	1	22	70,3892	1	2	17	73,3969
2	3	4	6	39	71,0419	1	1	21	73,3815	1	2	9	71,4075
2	4	4	5	20	71,5287	1	1	20	73,4529	2	1	17	71,4959
3	1	1	2	15	69,8808	1	1	25	69,4241	1	2	23	69,3322
3	2	4	1	29	72,7512	2	1	19	73,2112	1	2	27	69,9866
3	3	4	5	25	72,2788	5	1	14	74,3843	2	1	17	73,9289
3	4	4	3	29	71,7494	2	1	25	73,3181	2	1	18	71,6592
4	1	1	1	27	69,6225	1	3	11	71,7655	1	1	21	70,3703
4	2	4	1	22	70,5403	1	2	27	72,3745	4	5	29	71,0725
4	3	4	3	25	71,7212	3	1	25	72,9798	2	1	14	71,3466
4	4	4	3	26	70,9332	1	2	23	73,7882	2	1	23	70,2863

Fonte: do Autor.

Tabela 126: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	coif	L	nk	fit	coif	L	nk	fit	coif	L	nk	fit
1	1	5	7	1	77,1253	3	3	1	76,3336	4	2	2	76,7043
1	2	1	3	21	77,2358	1	1	17	78,8590	1	1	21	79,3883
1	3	2	4	25	78,7081	4	1	17	79,2812	1	1	22	79,2086
1	4	2	4	25	79,1925	5	1	20	79,1439	3	1	22	79,4686
2	1	5	7	1	77,0108	3	1	7	76,1243	2	4	1	76,8342
2	2	1	4	20	77,3516	1	1	15	80,1184	1	1	21	79,2245
2	3	5	3	17	79,8539	1	1	8	80,7416	2	1	19	79,3407
2	4	2	4	21	79,7728	1	1	7	80,0205	1	2	11	79,7437
3	1	3	6	1	76,8801	2	4	1	76,8199	2	1	2	77,3813
3	2	1	1	23	79,1700	1	2	19	79,3212	1	1	17	78,6767
3	3	1	2	14	79,1041	1	1	16	79,0706	1	1	8	79,4635
3	4	4	3	16	79,3664	3	1	14	80,3615	2	1	8	80,7622
4	1	5	3	2	77,0109	5	1	2	76,9605	2	4	1	76,7118
4	2	5	7	1	76,8959	1	1	13	80,0368	1	2	17	80,0572
4	3	3	1	17	79,3899	1	2	6	80,8532	1	2	6	80,8086
4	4	4	3	16	79,6447	3	1	8	80,7761	1	2	5	80,8294

Fonte: do Autor.

Tabela 127: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		coif\l	nk	fit	coif\l	nk	fit	coif\l	nk	fit	coif\l	nk	fit
1	1	2 7	1	76,6390	1 6	1	75,3788	1 7	1	76,0188	2 5	4	75,3250
1	2	2 1	21	79,3406	1 5	12	79,5261	1 4	14	79,4461	1 5	10	79,7034
1	3	1 1	22	79,0490	1 5	11	79,7538	1 5	3	80,0090	1 1	21	79,7408
1	4	3 6	17	79,1410	3 2	13	79,4706	1 4	15	79,3233	4 4	6	79,5784
2	1	5 7	1	76,4289	1 7	4	75,6707	1 3	2	76,8590	1 3	2	76,8558
2	2	3 6	11	79,4767	1 1	2	80,3736	2 2	12	79,3512	2 4	2	80,5006
2	3	3 6	14	79,4036	1 1	10	80,7902	4 1	13	80,9764	1 1	5	79,9645
2	4	1 7	1	79,9771	1 1	9	80,6700	3 1	8	80,9064	1 1	3	79,7680
3	1	1 1	2	76,8217	1 6	1	75,5507	4 1	2	76,3958	1 2	6	77,4180
3	2	5 1	9	79,5509	5 1	9	79,5538	2 3	15	79,5880	1 4	1	79,9001
3	3	3 5	14	79,3598	5 1	11	79,9540	2 1	8	80,6160	1 1	13	79,7694
3	4	2 5	18	79,5351	2 1	7	80,2727	3 1	8	80,5113	1 3	11	79,7993
4	1	2 7	3	76,3112	1 7	1	76,0797	1 7	2	75,8586	1 7	2	75,7691
4	2	3 1	9	79,6594	1 2	8	80,3641	1 1	6	79,8820	1 1	6	79,8892
4	3	4 5	20	79,0661	3 1	8	80,8107			80,2177	3 1	8	79,7142
4	4	4 4	21	79,1875	5 1	7	80,8206	1 1	4	79,8540	3 1	7	79,9372

Fonte: do Autor.

Tabela 128: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		coif\l	nk	fit	coif\l	nk	fit	coif\l	nk	fit	coif\l	nk	fit
1	1	2 7	1	76,7341	2 6	4	77,1994	4 5	1	76,2831	5 4	2	76,1828
1	2	1 1	21	79,2244	4 2	1	79,6074	1 6	4	79,4204	1 5	8	79,7066
1	3	2 6	12	79,2633	1 5	13	79,7129	1 4	13	79,4109	1 5	9	79,7055
1	4	2 3	22	78,9229	5 3	9	79,3455	1 2	11	79,9928	3 3	12	79,3986
2	1	4 7	1	76,9663	2 6	4	77,3402	4 3	2	76,6606	5 2	1	76,4179
2	2	2 4	12	79,1632	1 1	13	79,9592	1 5	14	79,4695	1 1	11	79,7475
2	3	2 3	23	79,3704	1 1	13	80,7235	5 1	17	79,8800	3 2	1	80,0883
2	4	2 1	21	79,4255	1 1	8	80,7190	2 1	19	79,8670	2 3	4	80,9439
3	1	4 7	1	77,0637	5 3	1	76,0513	2 1	4	77,2485	2 5	3	75,9307
3	2	1 2	21	79,1873	2 1	13	80,7316	1 1	7	79,7532	1 3	1	79,9832
3	3	1 2	19	79,3532	2 1	13	80,8015	3 1	2	81,1748	2 1	10	80,5053
3	4	1 2	23	79,0501	3 1	4	80,3501	3 1	11	81,0129	1 3	12	80,1180
4	1	2 6	4	76,8708	3 3	1	76,4534	5 2	3	76,6654	5 4	1	76,5608
4	2	3 5	17	79,8609	1 2	13	80,9418	3 1	6	81,1794	1 2	15	79,8621
4	3	5 3	19	79,7346	1 1	2	80,1679	3 1	5	80,9599	1 1	2	80,0076
4	4	5 3	18	80,0162	1 2	7	81,0060	1 2	7	79,7916	1 2	11	79,7839

Fonte: do Autor.

Tabela 129: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na/nb		sym L	nk	fit	sym L	nk	Fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	2 5	26	69.6470	2 1	26	69.9230	2 1	26	69.7392	2 1	26	69.5824
1	2	2 6	33	70.1531	8 1	25	70.1637	5 1	25	69.8574	4 2	24	70.1370
1	3	7 5	25	71.9119	7 1	26	70.6195	8 1	24	70.1143	7 1	25	70.5276
1	4	7 5	28	72.0337	8 2	26	71.5213	6 1	24	70.0940	7 1	35	70.4227
2	1	2 6	34	70.1316	2 1	20	68.9603	2 2	24	69.6092	2 1	10	71.8877
2	2	5 4	26	70.3760	2 1	25	70.2143	4 1	23	73.4418	3 1	12	71.4157
2	3	4 6	34	71.4078	2 1	19	71.4782	4 1	19	71.4470	3 3	25	71.5371
2	4	7 1	24	70.7293	5 2	24	71.4750	4 1	21	73.8507	6 2	13	71.6885
3	1	2 1	26	69.9782	2 1	26	69.5746	2 2	26	69.8403	2 4	10	71.4490
3	2	2 6	33	70.0198	5 1	37	73.3420	4 1	18	72.6421	3 1	12	71.6612
3	3	8 3	22	71.8687	5 1	27	74.1631	4 1	12	73.2239	5 1	17	72.9958
3	4	7 1	30	73.0634	4 1	18	74.2306	5 1	15	71.8378	4 1	10	71.5009
4	1	2 1	26	69.9343	2 3	10	71.6702	2 1	22	70.4087	2 2	188	72.6304
4	2	8 1	22	69.9580	2 2	26	72.9191	3 1	12	71.6422	2 1	22	73.2360
4	3	8 3	29	71.7758	5 1	17	73.8290	3 1	11	71.7385	5 1	11	73.2881
4	4	6 3	27	71.1686	8 1	19	73.3318	3 1	10	71.4873	6 1	19	73.3827

Fonte: do Autor.

Tabela 130: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na/nb		sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	7 7	1	77.1595	7 7	1	77.1595	5 2	1	76.5352	8 2	1	76.6263
1	2	5 7	1	77.3551	5 7	1	77.3551	2 1	16	77.5474	2 1	18	78.8400
1	3	2 2	23	79.4488	2 2	23	79.4488	2 1	23	79.2564	7 1	21	79.6997
1	4	2 1	21	79.2154	2 1	21	79.2154	2 2	16	79.1001	8 1	20	79.6854
2	1	7 7	1	76.9663	7 7	1	76.9663	4 4	1	76.4672	4 4	1	76.9481
2	2	5 7	1	77.2855	5 7	1	77.2855	2 1	16	80.1005	2 1	20	79.3248
2	3	4 4	21	79.8647	4 4	21	79.8647	4 1	17	78.6847	3 1	10	79.8509
2	4	6 3	21	79.9115	6 3	21	79.9115	2 1	10	80.0671	3 1	11	79.7522
3	1	3 7	1	76.7667	4 7	1	76.7667	4 4	2	76.8387	4 4	2	76.9235
3	2	2 1	14	78.1215	2 1	14	78.1215	2 1	18	79.1603	2 1	18	79.1070
3	3	3 1	19	79.5175	3 1	19	79.5175	6 1	2	79.3176	4 1	14	80.0032
3	4	7 2	18	80.1143	7 2	18	80.1143	5 1	12	80.7147	6 1	9	80.8103
4	1	6 6	1	77.1582	3 6	1	77.1582	6 1	1	77.1510	8 1	3	76.9072
4	2	2 1	18	79.1401	2 1	18	79.1401	2 2	20	79.4617	2 2	22	79.4512
4	3	6 1	20	79.3657	3 1	20	79.3657	2 1	11	80.3283	2 2	14	79.9309
4	4	5 3	19	79.8568	5 3	19	79.8568	8 1	8	80.9556	2 2	17	80.0083

Fonte: do Autor.

Tabela 131: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na	nb	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	4 4	1	76.5022	4 7	1	76.7786	3 7	2	76.0922	3 7	3	75.7891
1	2	2 1	24	79.1181	8 6	10	79.8150	3 5	9	79.5443	4 3	1	79.6618
1	3	8 1	14	79.9217	4 7	8	79.3833	6 2	13	79.4435	5 4	8	79.6301
1	4	2 3	17	79.2939	4 7	5	79.2263	5 2	13	79.3773	5 4	10	79.4992
2	1	3 6	1	77.4190	4 7	2	76.6346	3 7	1	75.7483	3 6	5	76.7104
2	2	2 1	20	79.0146	4 2	16	79.6396	2 1	16	79.6780	5 2	6	80.2870
2	3	2 1	9	79.6155	8 6	15	79.5011	2 1	7	80.2188	3 4	17	79.8182
2	4	2 1	10	79.6876	6 3	20	79.4406	2 1	12	80.5698	4 3	16	79.8343
3	1	3 6	2	76.8569	4 7	33	76.3898	3 7	1	76.0549	3 7	1	76.1250
3	2	2 1	22	79.2488	7 7	1	79.5849	3 1	11	79.9644	8 1	10	79.7419
3	3	4 1	10	80.4485	6 4	22	79.4681	3 1	10	80.7845	3 1	7	79.8118
3	4	2 1	10	79.7047	8 6	18	79.3768	4 1	19	80.0180	2 5	2	79.7999
4	1	4 4	2	76.8959	4 6	1	76.6220	6 1	1	76.6951	3 7	1	75.9773
4	2	2 2	6	79.5778	4 2	11	79.5404	2 5	4	79.7254	2 5	4	79.6415
4	3	3 1	10	79.8047	6 5	19	79.4269	5 1	9	80.5378	3 1	7	79.8235
4	4	2 1	10	79.6809	6 5	3	79.3262	6 1	9	80.9561	4 1	10	80.3825

Fonte: do Autor.

Tabela 132: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
na	nb	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	6 7	2	76,8991	3 6	1	75,9707	3 7	3	75,7891	3 6	4	76,5395
1	2	5 6	11	79,2942	2 5	3	79,6262	4 3	1	79,6618	5 2	6	79,2764
1	3	5 6	7	79,5421	2 5	3	79,6625	5 4	8	79,6301	4 3	13	79,4517
1	4	5 4	25	79,0620	4 4	11	79,4084	5 4	10	79,4992	3 2	13	79,5994
2	1	7 6	1	77,2054	2 7	1	76,0048	3 6	5	76,7104	3 6	5	76,8258
2	2	8 3	17	79,5163	3 4	18	79,9509	5 2	6	80,2870	2 1	2	79,9384
2	3	8 1	20	79,4010	4 1	8	80,9000	3 4	17	79,8182	6 2	8	80,6169
2	4	5 2	16	79,4113	4 1	12	79,8530	4 3	16	79,8343	4 2	2	79,9247
3	1	8 7	1	77,0026	2 7	3	75,7223	3 7	1	76,1250	3 7	2	76,8178
3	2	7 6	11	79,3122	2 5	12	79,6401	8 1	10	79,7419	3 1	8	79,7326
3	3	8 2	20	79,9187	4 1	8	79,9207	3 1	7	79,8118	2 1	1	80,4814
3	4	8 2	17	79,8790	5 1	13	80,3473	2 5	2	79,7999	3 1	12	79,7894
4	1	4 7	1	76,4131	3 7	1	76,0909	3 7	1	75,9773	8 3	1	76,5912
4	2	3 2	13	79,2930	2 5	3	79,8651	2 5	4	79,6415	2 2	10	79,8965
4	3	7 4	14	79,6604	5 1	14	80,0528	3 1	7	79,8235	5 1	4	79,9092
4	4	3 1	23	79,1045	3 1	11	80,4886	4 1	10	80,3825	6 1	2	80,0513

Fonte: do Autor.

Tabela 133: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	bior	L	nk	fit	bior	L	nk	Fit	bior	L	nk	fit
1	1	1.5	6	31	72.4990	1.3	4	26	74.4450	1.5	5	17	74.4505
1	2	1.5	6	30	72.5054	1.3	5	20	74.2304	1.5	4	17	74.3110
1	3	1.5	6	32	72.5142	1.1	5	18	74.5238	1.3	5	15	74.3437
1	4	1.5	6	31	72.5217	1.1	4	13	74.5350	1.5	5	17	74.5884
2	1	1.5	6	31	72.5028	1.3	5	17	74.2950	1.3	5	21	74.7565
2	2	1.5	6	30	72.5073	1.5	5	26	74.3899	1.3	5	19	74.6967
2	3	1.5	6	32	72.5166	1.3	5	16	74.4746	1.3	4	24	74.5200
2	4	1.5	6	31	72.5240	1.3	5	14	74.4948	1.5	5	17	74.6584
3	1	1.5	6	32	72.5078	1.3	5	30	74.1985	1.5	5	19	74.4315
3	2	1.5	6	30	72.5084	1.3	5	16	74.4652	1.3	5	17	74.2640
3	3	5.5	1	33	73.0042	1.5	7	25	74.3572	1.5	5	14	74.3247
3	4	1.5	6	31	72.5279	1.3	5	27	74.1625	1.1	5	27	74.3288
4	1	1.5	6	32	72.5080	1.1	5	24	74.0285	1.5	5	15	74.0977
4	2	1.5	6	31	72.5143	1.3	5	30	74.3187	1.3	5	33	74.1643
4	3	1.5	6	32	72.5170	1.1	5	26	74.2925	1.5	5	14	74.2648
4	4	1.5	6	31	72.5228	1.5	5	25	74.2187	1.3	5	12	74.1833

Fonte: do Autor.

Tabela 134: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	bior	L	nk	fit	bior	L	nk	fit	bior	L	nk	fit
1	1	6.8	7	1	76.9327	1.1	4	2	76.9788	2.8	3	1	77.3963
1	2	1.5	5	16	79.3272	1.5	4	8	81.0806	1.5	4	9	81.0447
1	3	3.7	1	21	79.4949	1.5	4	7	81.0686	1.5	4	7	81.0449
1	4	1.3	6	1	80.1703	1.3	4	10	81.0823	1.5	4	11	81.0688
2	1	2.8	7	1	76.7962	1.3	4	4	77.1453	1.3	4	8	77.3351
2	2	1.5	5	14	79.3050	1.5	4	9	81.0437	1.3	5	10	80.9988
2	3	1.5	6	4	80.5799	1.5	4	7	81.0443	1.3	4	10	80.9874
2	4	5.5	3	21	79.9082	1.5	4	12	81.0342	1.3	5	13	80.4540
3	1	2.8	7	1	76.8174	3.3	1	5	77.4071	1.5	6	7	78.0386
3	2	1.3	5	16	79.3068	1.1	4	9	80.6194	1.5	5	14	80.8043
3	3	1.3	5	18	79.3366	1.3	5	12	80.9002	1.1	6	4	80.7507
3	4	5.5	3	17	80.0991	6.8	1	8	80.6368	1.3	5	9	80.9243
4	1	4.4	6	1	77.2098	1.1	5	2	77.0549	1.1	5	7	76.8753
4	2	1.5	5	15	79.2334	1.3	5	15	80.8150	2.8	2	13	80.2267
4	3	1.3	5	18	79.3384	3.3	1	13	80.6786	2.4	2	12	80.4581
4	4	5.5	1	17	79.4875	6.8	1	12	80.9106	1.5	6	8	80.8316

Fonte: do Autor.

Tabela 135: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb nc		bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit
1	1	2.8 7	1	76.8293	1.1 5	1	77.1308	1.1 5	1	76.8312	1.1 5	1	77.3487
1	2	1.1 4	2	79.6041	1.5 4	9	81.1438	1.3 4	8	81.2664	1.3 4	7	81.1148
1	3	1.1 6	6	79.6421	1.3 4	14	81.1856	1.3 4	3	81.1984	1.3 4	5	81.0681
1	4	1.1 6	5	79.7015	1.3 4	4	81.1996	1.3 4	6	81.1790	1.3 4	5	81.0751
2	1	2.8 7	1	76.8751	1.1 5	1	77.3950	1.3 5	4	77.6553	1.5 4	1	76.8839
2	2	1.1 5	5	79.6705	1.1 4	4	81.1385	1.1 4	4	81.3213	1.5 4	8	80.9807
2	3	1.3 6	3	79.7667	1.1 4	4	81.2509	1.3 4	2	81.5098	1.1 4	2	81.1812
2	4	1.5 5	1	79.6998	1.5 4	7	81.0529	1.3 5	6	81.0138	1.3 5	6	80.5381
3	1	2.8 7	1	76.8127	1.3 6	3	77.2739	1.1 5	11	77.5793	2.6 6	1	77.0713
3	2	1.1 5	5	79.6645	1.1 5	12	80.9697	1.3 3	4	80.8096	1.1 3	6	80.7956
3	3	1.1 6	6	79.6032	3.5 4	12	80.8391	5.5 1	12	80.9545	3.9 1	12	81.0871
3	4	1.5 6	1	79.7925	3.7 1	13	81.0658	1.3 4	2	81.1572	1.5 2	11	80.5008
4	1	2.8 7	1	76.8669	1.3 5	4	77.7290	1.1 5	1	77.2053	2.2 6	2	76.9892
4	2	5.5 2	12	79.7146	1.5 5	6	80.8993	1.5 1	20	80.4597	1.1 4	8	80.7457
4	3	1.3 5	1	79.7084	1.5 6	14	80.8929	1.1 5	16	80.5092	1.1 4	1	81.2071
4	4	1.5 5	1	79.7239	1.5 5	1	80.9427	2.6 5	3	80.8199	1.1 7	1	81.3022

Fonte: do Autor.

Tabela 136: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb nc		bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit
1	1	3.7 7	1	76.9324	1.5 4	1	76.9747	1.3 5	2	77.3433	2.6 4	1	76.9621
1	2	1.3 6	1	79.7021	1.5 4	7	80.8802	1.5 4	9	80.9688	1.1 4	5	81.0994
1	3	1.3 4	10	80.0003	1.5 4	4	81.1216	1.1 4	13	80.6622	1.1 4	12	80.5343
1	4	2.4 7	3	79.6253	1.5 4	4	81.2031	1.1 4	9	81.0739	1.3 5	1	80.9111
2	1	2.8 7	1	76.9019	1.1 5	1	77.3847	1.1 5	1	77.1073	1.1 5	1	77.1310
2	2	1.5 5	5	79.5802	1.1 4	11	80.7930	4.4 1	6	80.8704	2.2 4	8	80.9377
2	3	1.3 6	10	80.0837	1.1 4	13	80.8404	1.5 4	12	81.0208	1.5 4	8	80.8978
2	4	5.5 3	22	79.7697	1.3 4	8	80.9126	1.1 5	9	80.9481	1.1 4	10	80.8410
3	1	4.4 1	2	76.9975	3.9 1	3	77.6457	1.3 5	2	77.3498	1.3 5	3	77.2299
3	2	3.1 6	9	79.4996	4.4 1	4	80.7949	3.7 1	2	80.7281	1.3 5	11	80.5107
3	3	1.1 5	10	79.8693	3.9 1	1	80.9013	4.4 1	3	80.7603	2.8 1	15	81.1495
3	4	1.3 5	1	79.7511	4.4 1	4	80.7978	1.5 4	8	81.0630	1.5 4	8	80.8982
4	1	2.8 7	1	76.9106	1.1 5	2	77.5317	1.1 5	1	77.2677	2.4 6	8	77.2121
4	2	1.5 7	1	79.5308	2.4 1	19	80.7828	2.4 4	7	80.4454	3.7 2	14	80.1522
4	3	1.5 6	14	80.5819	4.4 1	3	80.7867	2.2 2	15	80.5779	3.7 2	5	80.8126
4	4	2.4 7	1	79.5774	4.4 1	11	80.8083	3.1 2	12	80.9873	3.1 2	15	80.9134

Fonte: do Autor.

Tabela 137: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	3.1 6	28	73.1715	3.1 5	29	74.2448	1.1 4	23	74.1227	1.1 4	16	74.0620
1	2	3.3 6	32	72.7532	1.1 4	18	74.2280	1.1 4	18	74.0513	1.1 4	19	74.5385
1	3	3.1 4	29	72.7632	1.1 5	18	74.5238	1.1 5	17	74.1715	1.1 4	17	74.4477
1	4	3.1 4	28	72.7848	1.1 4	13	74.5350	1.1 5	19	73.6450	1.1 4	10	74.0942
2	1	3.1 5	26	73.4575	1.1 5	17	74.2782	1.1 5	28	74.1865	1.1 5	23	74.3531
2	2	3.3 7	31	72.8286	1.1 4	18	74.1540	1.1 5	27	74.1736	1.1 5	27	74.1668
2	3	3.3 6	30	72.8116	1.1 4	18	73.9395	1.1 4	13	74.0275	1.1 5	19	74.3543
2	4	3.3 9	30	72.8285	3.3 2	24	73.9549	3.3 3	18	74.1775	1.1 5	13	74.0783
3	1	3.1 6	29	72.7492	3.3 7	28	73.5833	3.1 5	16	73.9321	1.1 5	24	74.6804
3	2	3.3 6	25	73.4290	1.3 1	19	74.0518	1.1 5	11	73.8192	1.1 5	23	74.6799
3	3	3.1 4	31	72.7711	4.4 1	18	74.0501	1.1 5	15	73.7331	1.1 5	22	74.6793
3	4	3.1 4	27	72.7582	4.4 1	20	73.8990	1.1 5	27	74.3288	1.1 5	21	74.3433
4	1	3.1 6	37	73.1546	1.1 5	24	74.0285	3.1 5	30	74.1102	1.1 5	23	74.6928
4	2	3.1 5	6	73.3375	1.1 5	19	73.2456	1.1 5	11	73.8528	1.1 5	23	74.6210
4	3	3.1 5	27	74.1009	1.1 5	26	74.2925	1.1 5	10	73.7864	1.1 5	21	74.7983
4	4	3.1 4	27	72.7772	1.1 5	28	74.1454	3.1 5	18	74.0070	1.1 5	21	74.7759

Fonte: do Autor.

Tabela 138: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* p/ a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	3.5 7	1	76.9797	1.1 4	2	76.9786	1.1 4	2	76.9079	1.1 4	2	76.7539
1	2	3.1 4	14	79.3570	1.1 4	11	80.9713	1.1 4	11	80.9023	1.1 4	14	80.8770
1	3	3.3 4	18	79.3720	1.1 4	10	80.9928	1.1 4	12	81.0522	1.1 4	10	80.8528
1	4	4.4 7	1	79.7355	1.1 4	12	80.8893	1.1 4	9	80.9450	1.1 4	12	81.1477
2	1	6.8 2	1	77.0869	1.1 5	7	76.8939	1.1 5	8	76.6333	1.1 6	4	77.2172
2	2	3.1 5	15	79.3569	1.1 4	11	80.9301	1.1 4	11	80.9617	1.1 4	11	80.9616
2	3	2.4 4	23	79.7384	1.1 4	10	80.9407	1.1 4	9	80.9754	3.3 4	12	80.7197
2	4	3.9 3	19	79.8663	1.1 4	11	80.9578	2.4 6	8	80.7286	5.5 3	13	80.8432
3	1	3.9 6	1	76.8930	4.4 1	3	78.6527	2.4 6	5	77.1129	4.4 6	1	76.8127
3	2	2.2 4	21	79.3760	1.1 4	9	80.6189	1.1 3	17	80.0516	1.1 3	14	80.5020
3	3	3.3 6	12	79.3255	3.3 4	12	80.6672	1.1 6	4	80.7329	1.1 1	13	80.5582
3	4	2.8 3	19	79.9409	3.3 5	11	80.9296	3.9 1	11	80.9654	1.1 6	4	80.5798
4	1	4.4 6	1	77.2351	6.8 1	3	77.6402	3.5 2	1	77.9127	3.7 5	3	77.4777
4	2	3.1 4	14	79.3594	1.1 6	5	80.1096	1.1 5	12	79.8735	1.1 5	9	80.5267
4	3	6.8 1	15	79.5897	3.3 2	15	80.0007	3.5 4	12	80.2786	1.1 5	9	80.9362
4	4	3.9 1	20	79.6614	2.8 1	12	80.9151	3.7 1	18	80.1357	3.7 1	12	80.4099

Fonte: do Autor.

Tabela 139: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* p/ a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	3.5 7	1	76.9638	1.1 4	1	77.1308	1.1 5	1	76.7172	1.1 5	1	77.3481
1	2	3.3 5	1	79.7022	1.1 4	6	80.9274	1.1 4	4	81.0682	1.1 4	14	80.9031
1	3	1.1 5	1	79.8276	1.1 5	12	80.5165	1.1 5	12	80.5225	1.1 4	4	80.9747
1	4	3.3 3	12	79.7941	1.1 4	9	80.9908	1.1 4	3	81.1441	1.1 4	8	80.9842
2	1	3.9 7	1	76.8724	1.1 5	1	77.3913	1.1 5	1	77.1732	1.3 6	1	76.8812
2	2	1.5 6	12	79.6928	1.1 4	4	81.0463	1.1 4	4	81.3214	1.1 5	14	80.6278
2	3	4.4 5	19	79.8850	1.1 4	4	81.3088	1.1 4	5	81.1991	1.1 4	2	81.1812
2	4	2.4 4	2	79.8098	1.1 4	8	80.7654	2.4 1	8	80.7352	1.1 5	11	80.8047
3	1	3.9 7	1	77.0022	3.5 1	1	76.5715	2.4 6	3	77.4228	1.1 7	1	76.4718
3	2	2.8 3	15	80.4521	1.1 5	12	80.9802	1.1 5	12	80.8927	1.1 3	6	80.7956
3	3	3.3 4	1	79.9340	5.5 1	7	80.9721	1.1 3	1	80.7803	1.1 3	1	80.9303
3	4	3.5 5	21	79.6053	1.5 1	10	80.9565	3.9 1	1	81.0501	1.1 6	5	79.9854
4	1	2.6 6	1	76.4771	2.2 4	4	76.9785	1.1 5	1	77.2808	1.3 7	3	76.4955
4	2	3.9 2	13	79.7661	1.1 5	2	80.5523	3.5 5	1	80.4694	3.3 4	7	81.0794
4	3	3.1 2	10	79.7970	1.1 4	5	80.8473	1.1 5	16	80.5091	1.1 4	1	80.8338
4	4	5.5 3	15	79.6562	3.7 1	1	80.9239	3.5 2	4	80.9926	1.1 7	1	81.2682

Fonte: do Autor.

Tabela 140: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	3.7 7	1	77.1433	2.4 5	3	76.6794	3.5 7	2	76.5735	1.3 7	2	76.9427
1	2	2.4 2	8	80.0691	1.1 3	14	80.2240	2.2 4	12	80.5225	1.1 4	5	81.1303
1	3	3.3 3	6	79.8150	1.1 4	13	80.9381	1.1 4	13	80.6622	1.1 4	12	80.5343
1	4	3.3 4	6	79.7207	1.1 4	11	80.9635	1.1 4	9	81.0739	1.1 4	11	80.8585
2	1	4.4 6	3	77.1160	1.1 5	1	77.3107	3.7 7	2	77.4153	3.7 5	1	77.4571
2	2	3.1 5	15	79.3352	1.1 5	10	80.8683	3.5 1	11	80.6399	2.6 3	5	80.8442
2	3	1.1 5	10	79.8508	1.1 4	13	80.8404	1.5 1	2	80.9804	3.5 3	14	80.7546
2	4	1.1 5	11	79.7426	1.1 6	4	81.0045	1.1 5	9	80.9481	1.1 4	10	80.8458
3	1	3.7 7	1	76.8291	1.1 5	1	77.2306	1.1 5	1	76.8863	1.3 6	1	77.1382
3	2	3.3 5	4	79.5895	3.3 5	4	80.9138	2.2 1	12	80.7620	1.3 1	7	79.6964
3	3	1.1 5	10	79.8684	4.4 1	3	81.0591	3.9 1	4	80.8146	1.1 6	6	80.1255
3	4	1.1 5	8	79.6750	3.5 4	11	80.9945	3.7 1	4	80.8071	1.1 1	9	80.5704
4	1	1.5 7	1	77.0062	1.1 5	2	77.5317	3.7 5	8	77.6813	6.8 4	3	77.3638
4	2	3.5 6	5	79.5324	3.9 1	2	80.9025	5.5 3	14	80.7706	1.3 1	13	80.4092
4	3	1.1 6	10	79.8414	3.3 3	20	81.1200	2.2 3	3	80.6022	2.2 3	12	80.6604
4	4	1.3 5	20	79.9678	2.6 1	4	80.8642	1.1 6	3	80.6404	2.2 3	12	80.7696

Fonte: do Autor.

Tabela 141: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	4 5	26	71.4600	4 6	26	71.7670	4 7	26	71.9176	4 7	26	72,3486
1	2	4 5	25	71.3852	4 6	25	71.7679	4 7	25	71.9891	4 7	25	72,3242
1	3	4 5	24	71.3832	4 6	24	71.7982	4 7	24	71.9987	4 7	24	72,3223
1	4	4 5	23	71.3788	4 6	23	71.8008	4 7	23	71.9992	4 7	23	72,3247
2	1	4 5	26	71.6585	4 6	34	71.8363	4 6	26	71.8152	4 7	26	72,3229
2	2	4 5	25	71.5596	4 6	33	71.7683	4 7	23	72.2274	4 7	25	72,3027
2	3	4 5	24	71.5594	4 6	32	71.7878	4 7	22	71.8492	4 7	24	72,2900
2	4	4 5	23	71.5626	4 7	23	71.6610	4 7	26	71.9585	4 7	23	72,3178
3	1	4 5	26	71.5904	4 7	26	72.2307	4 5	23	72.1370	4 5	26	72,2898
3	2	4 5	25	71.4887	4 7	25	72.3278	4 6	25	72.0066	6 1	23	73,0859
3	3	4 5	24	71.4818	4 7	24	72.3538	4 6	24	71.9907	4 5	24	72,9483
3	4	18 5	26	71.6599	4 7	23	72.3750	4 6	23	71.9954	6 2	20	73,2125
4	1	4 5	26	71.7260	4 6	26	71.7010	4 7	26	72.2894	4 7	26	72,3968
4	2	4 6	25	71.7042	8 1	24	72.8013	6 1	23	72.9859	4 7	25	72,3249
4	3	4 6	24	71.7050	4 6	24	71.6953	4 5	25	73.1434	4 7	24	72,2622
4	4	4 6	23	71.7116	4 6	23	71.7016	4 5	22	73.3824	8 1	20	73,5876

Fonte: do Autor.

Tabela 142: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	22 7	1	77.0009	14 7	1	76.8216	8 7	1	76.2293	14 7	2	76,9615
1	2	4 5	23	79.1885	4 5	23	79.1616	4 5	23	79.1733	4 5	9	80,9289
1	3	4 6	22	78.8717	4 4	21	79.3227	4 5	22	79.1653	4 6	10	80,0524
1	4	4 1	22	79.3047	8 1	17	79.3100	4 5	21	79.1836	4 6	1	80,7614
2	1	22 7	1	76.9563	22 3	1	76.4146	18 6	1	76.8345	22 3	4	76,5785
2	2	4 3	22	79.3476	4 5	19	79.1998	4 2	11	79.2567	8 1	8	79,7102
2	3	4 5	21	79.2007	4 4	22	79.2567	4 3	14	79.2544	4 5	2	80,9545
2	4	6 5	22	79.3631	4 3	21	79.3557	4 4	17	80.0165	4 4	11	80,5393
3	1	22 7	1	76.9014	4 5	4	76.8212	8 1	3	76.4583	14 3	2	76,8487
3	2	4 5	12	79.1819	6 1	22	79.8987	8 1	12	80.5014	4 5	16	80,4784
3	3	4 1	25	78.9726	6 1	13	80.7437	14 1	20	79.9674	4 5	11	80,4076
3	4	18 4	18	79.3440	6 1	12	79.9843	14 1	17	80.6690	4 5	10	80,8681
4	1	22 7	1	76.9240	14 1	5	77.0667	18 5	1	76.8603	8 7	1	76,4068
4	2	4 5	23	79.1648	14 1	1	80.6352	8 2	18	79.9345	6 2	10	80,2119
4	3	6 1	19	79.3238	8 1	11	79.7954	6 2	11	79.7469	4 6	7	79,9565
4	4	22 4	20	79.9914	8 1	10	80.6460	8 2	18	80.0090	6 2	11	80,6845

Fonte: do Autor.

Tabela 143: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	14 7	2	77.1251	4 7	4	76.5193	4 5	5	76.7346	8 7	2	76.2082
1	2	4 5	21	79.2300	4 4	4	79.8454	4 4	16	80.0125	6 3	2	80.6899
1	3	4 5	15	79.3139	14 4	4	79.6258	4 5	7	80.9931	4 6	10	80.3593
1	4	4 5	14	79.3886	14 5	4	79.6904	4 4	6	80.7514	4 5	2	81.0137
2	1	14 7	2	77.0687	8 7	2	76.3137	14 6	4	76.6738	22 6	1	77.2890
2	2	22 4	21	79.4949	4 4	16	79.9519	18 1	8	80.7706	6 2	18	80.3536
2	3	4 5	15	79.3793	4 5	15	80.5490	18 1	7	80.8619	4 5	3	81.1773
2	4	8 4	23	79.4422	4 5	14	80.7450	4 4	6	80.7481	4 4	6	80.7731
3	1	14 7	2	77.2365	4 6	5	76.9105	4 5	1	77.0424	8 7	6	77.2049
3	2	4 5	12	79.4760	4 4	3	80.7687	4 5	7	80.9719	4 5	13	80.8972
3	3	4 6	10	79.6081	14 1	9	79.9996	8 1	7	80.7327	4 4	7	80.6742
3	4	4 5	14	79.3940	4 4	6	80.7771	18 1	10	80.8924	4 5	11	80.9074
4	1	14 7	2	77.0493	4 5	5	76.5935	8 7	1	76.3355	4 5	5	76.6387
4	2	4 5	8	79.5921	18 1	10	80.8604	4 4	5	80.9194	6 2	1	80.2204
4	3	4 6	10	79.5118	14 1	9	80.7466	4 5	3	81.1554	4 4	7	80.7673
4	4	14 1	20	79.3560	14 1	10	80.9460	8 2	10	80.9216	4 5	16	80.6569

Fonte: do Autor.

Tabela 144: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de pH.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	22 7	1	77.1929	6 3	2	76.4840	14 3	2	76.9793	14 7	2	76.9615
1	2	4 6	11	79.3072	22 2	10	79.4809	18 5	2	79.7923	4 5	9	80.9289
1	3	4 6	14	79.9040	14 5	5	79.8574	4 4	6	80.1112	4 6	10	80.0524
1	4	4 5	2	79.7099	14 5	3	79.7940	18 5	4	79.6664	4 6	1	80.7614
2	1	18 7	1	77.0514	6 5	2	77.0062	14 1	2	77.1122	22 3	4	76.5785
2	2	4 6	11	79.3212	4 4	7	79.8539	14 1	5	80.0899	8 1	8	79.7102
2	3	4 6	16	79.6673	4 4	6	79.9469	8 1	7	80.6620	4 5	2	80.9545
2	4	4 5	17	79.5434	4 5	9	79.4951	4 4	11	80.5866	4 4	11	80.5393
3	1	8 7	1	76.9870	18 1	1	76.6601	4 5	2	77.1375	14 3	2	76.8487
3	2	4 6	11	79.3112	8 1	8	80.7011	4 6	3	80.6622	4 5	16	80.4784
3	3	4 6	8	80.1337	6 1	9	80.6709	18 3	9	80.7993	4 5	11	80.4076
3	4	4 6	13	79.4937	8 1	12	80.4674	8 1	1	80.6033	4 5	10	80.8681
4	1	22 7	1	77.1141	14 1	3	78.7636	14 3	2	77.0150	8 7	1	76.4068
4	2	4 6	7	79.4919	14 1	5	80.8671	4 5	12	80.7169	6 2	10	80.2119
4	3	4 6	8	80.0755	14 1	2	80.8424	18 1	17	80.7213	4 6	7	79.9565
4	4	4 6	9	79.4527	18 1	16	81.1062	4 5	10	80.9285	6 2	11	80.6845

Fonte: do Autor.

A.2 Resultados da malha de nível

Tabela 145: Resultados do modelo ARMAX com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.

na		1		2		3		4	
nb nc		nk	fit	nk	Fit	nk	fit	nk	fit
1	1	37	82.1858	28	82.9311	32	83.3342	32	83.3298
1	2	37	82.2324	33	83.3280	32	83.5072	33	83.5120
1	3	37	82.2495	33	83.3352	33	83.5371	33	83.5099
1	4	37	82.2573	32	83.3719	33	83.5273	32	83.5668
2	1	37	82.2455	25	85.8671	25	85.8925	24	85.9079
2	2	36	82.2966	26	85.9259	26	85.9071	25	85.9493
2	3	36	82.3164	24	85.9046	25	85.9346	23	85.9963
2	4	36	82.3245	25	85.9110	23	86.0117	23	85.9982
3	1	37	82.3034	25	85.8884	25	85.9369	26	85.9227
3	2	37	82.3648	26	85.9368	24	85.9139	19	86.0677
3	3	37	82.3871	26	85.9159	26	85.9246	19	86.0344
3	4	37	82.3994	25	85.9332	26	86.0750	25	86.0576
4	1	36	82.3692	25	85.9048	28	85.9591	25	85.9429
4	2	36	82.4293	25	85.9558	25	85.9457	14	85.9886
4	3	36	82.4544	25	85.9406	25	85.9571	24	86.0916
4	4	36	82.4644	25	85.9537	23	86.1259	23	86.1261

Fonte: do Autor.

Tabela 146: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Kaiser para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	38	2	82.0022	29	2	82.8119	32	2	83.1652	1	19	85.9642
1	2	38	2	82.0494	31	1	83.5747	33	1	83.1656	11	22	84.9138
1	3	38	2	82.0668	25	5	83.7754	0	32	83.5587	0	1	84.1456
1	4	38	2	82.0746	14	6	84.6324	4	7	84.3581	1	8	85.3943
2	1	37	9	82.5269	0	20	85.8234	25	2	85.7738	25	2	85.7908
2	2	37	2	82.1194	0	19	86.1587	25	2	85.7799	20	2	85.8451
2	3	40	11	82.1771	25	1	85.7871	24	1	85.9876	22	1	85.9936
2	4	37	1	82.1658	25	1	85.7894	24	1	85.9676	17	1	86.0085
3	1	36	1	82.2314	0	20	85.7665	26	2	85.8044	24	2	85.7922
3	2	38	2	82.1814	0	20	85.8585	26	1	85.8582	20	2	85.9902
3	3	36	1	82.2175	0	20	86.1218	26	1	85.8506	25	2	86.0176
3	4	36	1	82.2416	24	1	85.8538	20	2	85.9653	20	2	85.9526
4	1	35	1	82.2742	25	2	85.7832	26	2	85.8283	26	2	85.8124
4	2	37	2	82.2516	25	2	85.8326	26	1	85.8772	19	2	85.9334
4	3	37	9	82.4148	25	1	85.8770	25	1	85.8632	20	1	86.0543
4	4	37	1	82.2982	0	21	86.0810	24	2	86.1007	24	2	86.0599

Fonte: do Autor.

Tabela 147: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Hanning para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	38	1	82.0022	29	1	82.8031	35	3	84.0108	33	1	83.1618
1	2	38	1	82.0494	23	2	83.3914	26	2	83.5144	30	2	83.5807
1	3	38	1	82.0668	1	3	84.8431	27	1	83.6696	1	3	84.9125
1	4	38	1	82.0746	5	3	84.9150	12	4	84.7414	12	4	84.7285
2	1	38	3	82.9709	26	1	85.7389	25	1	85.7732	25	1	85.7910
2	2	39	3	82.3051	1	16	86.0389	25	1	85.7785	20	1	85.8460
2	3	40	6	82.7651	25	1	85.7872	25	2	85.8550	24	1	85.8808
2	4	37	1	82.1476	25	1	85.7896	24	1	85.9019	18	2	85.9213
3	1	40	4	82.5012	25	1	85.7595	26	1	85.8067	24	1	85.7923
3	2	38	3	82.2285	25	1	85.8062	25	1	85.7971	20	1	85.9691
3	3	34	9	82.3672	1	17	85.9609	27	1	85.7857	20	1	85.9602
3	4	38	1	82.2162	26	1	85.8030	20	1	85.9666	20	1	85.9743
4	1	39	3	83.0210	25	1	85.7817	25	1	85.8302	26	1	85.8124
4	2	38	3	82.7720	25	1	85.8328	26	1	85.8157	19	1	85.9346
4	3	38	5	82.8456	25	1	85.8154	26	1	85.8251	25	1	85.9735
4	4	37	1	82.2869	1	19	85.9820	24	1	86.0160	25	1	86.0184

Fonte: do Autor.

Tabela 148: Resultados do modelo ARMAX com filtro Retangular para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	38	2	81.3111	0	32	83.6435	12	7	83.9004	18	32	82.8362
1	2	39	3	80.5087	31	1	83.5747	0	3	84.7977	29	1	83.7561
1	3	36	4	79.8065	27	2	83.7765	27	2	83.9321	0	1	84.1456
1	4	34	5	78.6535	25	2	83.8310	1	3	84.2461	3	7	84.3492
2	1	37	1	82.1553	0	34	83.4941	21	10	85.1659	27	2	85.6649
2	2	37	1	82.1015	32	1	83.4585	32	1	83.4967	23	3	85.8546
2	3	37	1	82.1453	32	1	83.5760	24	1	85.9876	22	1	85.9936
2	4	37	1	82.1658	27	2	83.6304	24	1	85.9676	18	2	86.1013
3	1	36	1	82.2314	0	34	83.3762	20	1	85.1702	26	2	85.7269
3	2	36	1	82.1689	25	1	85.8071	26	1	85.8582	24	1	85.8484
3	3	36	1	82.2175	25	1	85.8660	26	1	85.8506	20	1	85.9137
3	4	36	1	82.2416	24	1	85.8538	21	2	86.0429	18	2	86.0500
4	1	35	1	82.2742	0	32	83.1782	19	10	85.2409	25	2	85.7476
4	2	37	1	82.2129	25	1	85.8243	26	1	85.8772	24	1	85.8626
4	3	37	1	82.2715	25	1	85.8770	25	1	85.8632	20	1	86.0543
4	4	37	1	82.2982	24	1	85.8591	19	1	86.0374	20	1	86.0345

Fonte: do Autor.

Tabela 149: Resultados do modelo ARMAX com filtro Gaussiano para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	38	2	81.3111	0	32	83.6435	0	32	83.5587	18	32	82.8362
1	2	39	3	80.5087	31	1	83.5747	29	1	83.6696	29	1	83.7561
1	3	36	4	79.8065	27	2	83.7765	27	2	83.9321	0	1	84.1456
1	4	34	5	78.6535	25	2	83.8310	12	3	84.2461	3	7	84.3492
2	1	37	1	82.1553	0	34	83.4941	21	10	85.1659	27	2	85.6649
2	2	37	1	82.1015	32	1	83.4585	21	1	83.4967	23	3	85.8546
2	3	37	1	82.1453	32	1	83.5760	24	1	85.9876	22	1	85.9936
2	4	37	1	82.1658	27	2	83.6304	24	1	85.9676	18	2	86.1013
3	1	36	1	82.2314	0	34	83.3762	20	10	85.1702	26	2	85.7269
3	2	36	1	82.1689	25	1	85.8071	26	1	85.8582	24	1	85.8484
3	3	36	1	82.2175	25	1	85.8660	26	1	85.8506	20	1	85.9137
3	4	36	1	82.2416	24	1	85.8538	21	2	86.0429	18	2	86.0500
4	1	35	1	82.2742	0	32	83.1782	19	10	85.2409	25	2	85.7476
4	2	37	1	82.2129	25	1	85.8243	26	1	85.8772	20	1	85.8626
4	3	37	1	82.2715	25	1	85.8770	25	1	85.8632	20	1	86.0543
4	4	37	1	82.2982	24	1	85.8591	19	1	86.0374	20	1	86.0345

Fonte: do Autor.

Tabela 150: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Tukey para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	38	2	81.3111	0	32	83.6435	0	32	83.5587	18	32	82.836
1	2	39	3	80.5087	31	1	83.5747	29	1	83.6696	29	1	83.7561
1	3	36	4	79.8065	27	2	83.7765	27	2	83.9321	0	1	84.1456
1	4	34	5	78.6535	25	2	83.8310	12	3	84.2461	3	7	84.3492
2	1	37	1	82.1553	0	34	83.4941	21	10	85.1659	27	2	85.6649
2	2	37	1	82.1015	32	1	83.4585	32	1	83.4967	23	3	85.8546
2	3	37	1	82.1453	32	1	83.5760	24	1	85.9876	22	1	85.9936
2	4	37	1	82.1658	27	2	83.6304	24	1	85.9676	18	2	86.1013
3	1	36	1	82.2314	0	34	83.3762	20	10	85.1702	26	2	85.7269
3	2	36	1	82.1689	25	1	85.8071	26	1	85.8582	24	1	85.8484
3	3	36	1	82.2175	25	1	85.8660	26	1	85.8506	20	1	85.9137
3	4	36	1	82.2416	24	1	85.8538	21	2	86.0429	18	2	86.0500
4	1	35	1	82.2742	0	32	83.1782	19	10	85.2409	25	2	85.7476
4	2	37	1	82.2129	25	1	85.8243	26	1	85.8772	24	1	85.8626
4	3	37	1	82.2715	25	1	85.8770	25	1	85.8632	20	1	86.0543
4	4	37	1	82.2982	24	1	85.8591	19	1	86.0374	20	1	86.0345

Fonte: do Autor.

Tabela 151: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	38	2	80.4597	0	20	84.6354	0	20	84.6901	0	20	84.9326
1	2	29	1	78.5204	0	21	84.4105	29	1	83.6696	12	29	84.0529
1	3	29	1	78.2945	0	26	84.4465	0	21	85.5770	10	19	84.2942
1	4	34	5	82.8508	0	26	84.5106	19	3	84.4149	19	3	84.3845
2	1	37	1	82.1553	0	20	84.5708	18	16	85.0466	38	6	85.4260
2	2	37	1	82.1015	0	21	84.3554	35	2	84.1884	24	2	85.7733
2	3	37	1	82.1453	0	26	84.3737	24	1	85.9876	22	1	85.9936
2	4	37	1	82.1658	0	26	84.4234	24	1	85.9676	17	1	86.0085
3	1	36	1	82.2314	0	20	84.4775	17	16	85.2229	27	6	85.4841
3	2	36	1	82.1689	25	1	85.8071	26	1	85.8582	23	2	85.8713
3	3	35	11	82.2874	25	1	85.8660	26	1	85.8506	20	1	85.9137
3	4	36	1	82.2416	24	1	85.8538	23	2	85.9813	19	2	86.0479
4	1	35	1	82.2742	0	20	84.3442	6	13	85.6136	26	5	85.5554
4	2	37	1	82.2129	25	1	85.8243	26	1	85.8772	24	1	85.8626
4	3	37	1	82.2715	25	1	85.8770	25	1	85.8632	20	1	86.0543
4	4	37	1	82.2982	24	1	85.8591	19	1	86.0374	20	1	86.0345

Fonte: do Autor.

Tabela 152: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	37	1	82,3292	1	3	82,9579	0	1	82,5720	21	1	82,8152
1	2	37	1	82,1030	10	2	85,0412	22	2	84,4137	23	3	84,1950
1	3	37	1	82,0462	1	3	84,7429	2	4	85,1444	4	3	85,4950
1	4	37	1	81,7473	1	2	85,5717	3	2	85,5181	9	2	85,3411
2	1	35	2	83,3349	29	9	83,0546	24	1	85,8281	20	1	85,4689
2	2	39	4	83,2666	27	1	85,7526	4	2	85,2344	15	2	85,0998
2	3	36	2	83,3318	23	15	85,0281	23	2	83,8610	21	1	86,1313
2	4	38	4	83,3571	27	1	85,7005	6	4	84,8849	17	1	86,0712
3	1	38	4	83,3338	20	8	83,2560	23	1	85,8382	19	1	85,4375
3	2	38	4	83,2356	26	1	85,8283	25	1	85,8738	25	1	85,9003
3	3	38	4	83,4321	18	16	85,0770	27	1	85,9037	26	1	85,9375
3	4	35	8	83,4364	12	2	85,8275	25	1	85,8900	25	1	85,9595
4	1	35	2	83,5229	30	6	82,9476	28	4	85,7345	18	1	85,2649
4	2	35	2	83,4215	25	1	85,8487	25	1	85,8873	26	1	85,9189
4	3	34	2	83,3706	20	2	85,4674	26	1	85,9201	22	2	86,2083
4	4	37	4	83,4071	25	2	86,2250	26	1	85,9128	20	1	86,0817

Fonte: do Autor.

Tabela 153: Resultados do modelo ARMAX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	40	7	76.9283	10	10	85.7825	44	10	78.6369	0	12	85.3450
1	2	39	4	72.4700	16	6	80.7039	37	13	76.5158	0	28	85.8763
1	3	26	3	72.2528	10	5	83.6378	39	5	73.0272	0	6	85.5242
1	4	26	3	16.5117	29	2	65.5698	21	3	71.5941	16	23	85.0056
2	1	40	36	81.8431	3	10	85.8602	35	21	80.1690	0	12	85.2439
2	2	40	49	77.1267	0	9	86.2008	44	17	79.1738	0	28	85.8184
2	3	40	45	81.8508	14	7	84.9001	33	15	80.6636	2	28	85.4023
2	4	27	13	78.8300	14	5	80.0188	42	5	76.7176	6	6	84.6250
3	1	40	45	80.4177	3	10	85.8253	26	29	80.5882	0	12	85.1385
3	2	40	49	79.5853	2	10	85.8749	39	35	79.5338	1	26	85.3363
3	3	33	9	80.8686	0	8	86.1074	22	15	81.3093	0	13	85.7134
3	4	40	4	73.9663	0	7	85.9301	36	21	78.6226	0	13	85.4403
4	1	40	43	81.8100	2	10	85.7882	33	15	81.3541	0	12	85.0089
4	2	40	12	79.7563	2	10	85.8338	41	25	80.3039	1	26	85.2450
4	3	40	41	81.8284	1	8	85.8194	31	13	81.6747	0	10	85.2404
4	4	37	41	78.8706	1	8	86.1542	32	45	81.6538	1	6	85.2178

Fonte: do Autor.

Tabela 154: Resultados do modelo ARMAX com filtro Elíptico para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	30	2	82,6979	29	2	82,9123	4	2	83,2653	0	2	84,7810
1	2	30	2	82,9001	0	2	84,7178	0	2	84,6696	3	2	84,5936
1	3	37	1	81,9699	2	6	85,6847	1	10	85,5914	0	2	85,2747
1	4	37	1	81,6739	2	4	85,4027	2	6	85,6590	4	4	85,4579
2	1	33	8	83,3652	14	5	83,5369	27	14	85,9192	20	2	86,4742
2	2	33	10	83,2157	22	2	86,6075	33	2	84,6201	22	2	86,5859
2	3	35	12	83,9174	33	2	85,1733	0	18	84,2746	21	1	86,1350
2	4	34	10	83,4655	0	8	85,7785	20	3	85,9839	0	12	86,0876
3	1	31	8	83,4201	4	17	83,6034	22	1	85,7769	22	2	86,5731
3	2	32	2	83,2721	19	2	86,6112	20	2	86,6475	21	2	86,6353
3	3	34	12	83,7428	22	2	86,5147	22	2	86,3810	26	1	85,9387
3	4	32	10	83,1875	18	2	86,3417	21	2	86,5614	20	1	85,9437
4	1	31	8	83,1640	4	16	83,9553	29	7	85,2241	21	2	86,6230
4	2	31	2	83,3447	20	2	86,6749	25	1	85,8918	20	2	86,6673
4	3	37	3	83,8036	17	4	86,6440	22	2	86,5393	17	2	86,6681
4	4	34	4	84,1146	17	2	86,7012	19	2	86,7076	20	2	86,6469

Fonte: do Autor.

Tabela 155: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Haar* para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	L	fit	nk	L	fit	nk	L	fit	nk	L	fit
1	1	31	6	85.1182	2	7	85.2304	8	7	85.1879	12	7	85.1867
1	2	31	6	85.1406	3	7	85.2017	7	7	85.2403	8	7	85.7467
1	3	32	6	85.1618	8	7	85.1916	11	7	85.2945	12	7	85.3991
1	4	32	6	85.1789	7	7	85.2107	8	7	85.6930	2	7	85.1591
2	1	30	6	85.1279	28	3	85.4216	25	2	85.8761	27	1	85.8212
2	2	30	6	85.1485	29	3	85.7079	19	4	86.1328	26	1	86.1032
2	3	31	6	85.1701	26	3	85.9480	4	7	86.3730	1	7	86.1545
2	4	31	6	85.1866	21	3	85.7304	28	4	86.1406	0	7	86.2565
3	1	29	6	85.1373	28	3	85.8016	28	2	85.9010	2	7	85.8683
3	2	30	6	85.1588	28	3	85.7209	24	4	86.3252	26	1	86.2514
3	3	30	6	85.1785	26	3	85.9381	27	4	86.3803	0	7	86.3541
3	4	30	6	85.1944	20	3	85.7347	27	4	86.3607	2	7	86.3528
4	1	28	6	85.1466	27	2	85.7889	27	2	85.9114	26	1	85.8859
4	2	29	6	85.1692	59	3	85.7132	1	7	86.0822	24	1	86.0295
4	3	29	6	85.1894	26	3	85.9565	24	4	86.2060	4	7	86.3966
4	4	29	6	85.2022	27	4	85.7082	24	4	86.1735	1	7	86.4109

Fonte: do Autor.

Tabela 156: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	db\ L	fit	nk	db\ L	fit	nk	db\ L	fit	nk	db\ L	fit
1	1	32	1 6	85.1182	2	3 6	85.9164	14	3 3	85.7394	5	3 6	85.7768
1	2	31	1 6	85.1406	2	3 6	85.9237	3	3 6	86.0466	5	3 6	85.7917
1	3	32	1 6	85.1618	4	3 6	85.8783	3	3 6	86.0632	2	8 1	85.8505
1	4	32	1 6	85.1789	4	3 6	85.6121	0	4 5	85.9512	0	6 3	85.8551
2	1	30	1 6	85.1279	13	7 3	85.7586	20	2 2	85.7089	23	4 2	85.9446
2	2	30	1 6	85.1485	3	4 6	85.5247	19	1 4	86.1328	23	2 2	86.0067
2	3	31	1 6	85.1701	20	1 3	85.8489	4	1 7	86.3730	24	2 5	86.1696
2	4	31	1 6	85.1866	20	2 1	85.7614	20	1 4	86.1396	14	2 7	86.2565
3	1	29	1 6	85.1373	11	8 3	85.7969	20	2 2	85.7763	25	4 2	85.9944
3	2	30	1 6	85.1588	12	8 3	85.7865	2	2 7	86.1832	10	2 7	86.2514
3	3	30	1 6	85.1785	4	10 3	85.9048	6	2 7	85.9788	0	2 7	86.3541
3	4	30	1 6	85.1944	20	3 1	85.8662	20	5 1	86.1379	2	2 7	86.3528
4	1	28	1 6	85.1466	11	8 3	85.8116	20	2 2	85.7971	23	4 2	85.9888
4	2	29	1 6	85.1692	11	8 3	85.8090	1	2 7	86.0822	24	1 1	86.0295
4	3	29	1 6	85.1894	19	1 4	85.8512	5	2 7	86.0181	4	1 7	86.3966
4	4	29	1 6	85.2022	19	3 1	85.9299	19	5 1	86.0312	1	1 7	86.4109

Fonte: do Autor.

Tabela 157: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	coif\ L	fit	nk	coif\ L	fit	nk	coif\ L	fit	nk	coif\ L	fit
1	1	36	5 5	83.4618	2	3 6	85.5797	3	4 6	85.5601	19	3 2	85.4008
1	2	37	5 5	83.4634	15	2 3	85.6336	3	4 6	85.5601	7	5 4	85.8274
1	3	36	3 1	83.4794	3	2 6	85.5386	4	2 6	85.8758	2	3 1	85.6067
1	4	36	5 5	83.4691	4	2 6	85.4273	4	2 6	85.6588	17	5 1	85.6445
2	1	37	2 1	81.9773	11	1 3	85.7517	28	3 1	85.5153	25	2 2	86.0210
2	2	34	2 3	80.8505	6	2 5	85.4475	0	2 6	84.6832	2	4 6	85.7264
2	3	32	3 6	80.9541	0	2 5	84.6993	0	2 6	85.4804	4	3 5	85.6200
2	4	26	2 1	75.2515	0	2 6	85.7889	0	2 5	86.0201	0	5 1	85.5836
3	1	36	2 1	82.0577	11	1 3	85.7697	9	2 5	85.4312	25	2 2	86.0400
3	2	36	2 1	82.7109	12	1 3	85.7822	25	2 1	85.7361	11	2 4	86.0716
3	3	36	2 1	82.5121	2	5 3	86.0074	0	2 6	85.4777	20	3 3	85.9882
3	4	36	2 1	82.2707	1	2 6	85.6437	25	2 1	85.9904	23	2 3	86.0645
4	1	36	2 1	82.1125	11	1 3	85.7948	9	2 5	85.4263	24	2 2	86.0533
4	2	35	2 1	82.7598	12	1 3	85.8000	23	2 2	85.7319	9	2 4	86.0752
4	3	35	3 1	83.3297	24	5 1	85.9269	21	3 1	85.7225	25	2 1	85.9888
4	4	28	1 1	84.3958	25	2 1	85.8336	21	3 1	86.0703	26	2 1	85.9274

Fonte: do Autor.

Tabela 158: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb\nc		nk	sym\ L	fit	nk	sym\ L	fit	nk	sym\ L	fit	nk	sym\ L	fit
1	1	37	5 5	83.4877	2	3 6	85.9164	14	3 3	85.7394	5	3 6	85.7768
1	2	37	5 5	83.4902	2	3 6	85.9237	3	3 6	86.0466	5	3 6	85.7917
1	3	36	6 1	83.5057	4	3 6	85.8783	3	3 6	86.0632	12	7 1	85.7276
1	4	37	5 5	83.4953	4	3 6	85.6121	5	3 6	85.7299	13	5 3	85.6263
2	1	37	2 1	82.5363	12	7 3	85.7653	23	2 3	86.0056	24	2 2	85.8778
2	2	36	3 1	82.4371	0	4 6	85.7132	23	2 4	86.1458	23	2 2	86.0067
2	3	37	2 1	82.2941	24	2 1	86.0476	25	2 2	85.8813	24	2 5	86.1696
2	4	36	3 1	82.7123	26	2 1	85.9814	23	2 5	86.0295	23	2 1	86.0251
3	1	36	2 1	82.6346	12	7 3	85.8025	24	2 2	85.8716	25	4 2	85.9953
3	2	36	4 1	82.8057	25	3 1	85.9666	22	2 4	86.1804	11	3 5	86.0160
3	3	36	5 1	83.4202	23	2 1	85.9863	24	2 2	85.9046	17	4 4	86.1447
3	4	36	3 1	82.4730	24	3 1	86.1307	22	6 1	86.1206	24	5 3	86.1735
4	1	35	2 1	82.6901	12	7 3	85.8315	21	2 3	85.9930	24	4 2	86.0222
4	2	35	4 1	82.8517	26	3 1	85.9797	25	3 2	86.0289	26	3 1	86.0000
4	3	36	5 1	84.3394	26	3 1	86.0191	26	2 1	85.9406	22	2 5	86.0635
4	4	36	8 1	84.2692	23	3 1	86.1189	21	6 1	86.0943	25	4 3	85.9479

Fonte: do Autor.

Tabela 159: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de nível.

Na		1			2			3			4		
nb nc		nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit
1	1	29	1.3 6	85.1335	2	2.4 6	85.9248	10	6.8 6	85.4752	14	3.5 3	85.7107
1	2	30	1.3 6	85.1649	2	2.4 6	85.9245	11	4.4 2	85.7149	8	1.1 7	85.7467
1	3	30	1.3 6	85.1922	3	2.4 6	85.8634	12	1.5 7	85.6296	14	3.5 3	85.6729
1	4	31	1.5 6	85.2142	4	2.6 6	85.8067	8	1.1 7	85.6930	13	4.4 1	85.7315
2	1	28	1.3 6	85.1303	12	6.8 3	85.7885	25	1.1 2	85.8761	19	3.5 4	85.9555
2	2	29	1.3 6	85.1603	27	1.3 2	85.9985	24	1.5 3	86.1755	11	2.4 5	86.1811
2	3	29	1.3 6	85.1875	25	1.5 3	85.9555	4	1.1 7	86.3730	24	1.5 4	86.2431
2	4	30	1.3 6	85.2078	25	1.5 3	86.1259	24	1.5 4	86.2436	14	1.1 7	86.2565
3	1	29	1.1 6	85.1373	12	6.8 3	85.8101	26	1.3 2	85.9100	22	4.4 3	86.0275
3	2	28	1.3 6	85.1614	26	1.3 2	85.9632	26	1.1 4	86.3252	5	2.2 6	86.2674
3	3	28	1.3 6	85.1821	24	1.5 3	85.9562	27	1.1 4	86.3803	0	1.1 7	86.3541
3	4	29	1.3 6	85.2034	24	1.5 3	86.1221	27	1.1 4	86.3607	0	2.6 6	86.3625
4	1	28	1.1 6	85.1466	11	6.8 3	85.8201	25	1.3 2	85.9155	2	1.1 3	85.9833
4	2	29	1.1 6	85.1692	25	1.3 2	85.9467	1	1.1 7	86.0822	3	2.2 6	86.4501
4	3	29	1.1 6	85.1894	26	1.1 3	85.9565	28	1.5 4	86.2366	3	2.2 6	86.4561
4	4	29	1.1 6	85.2022	23	1.5 3	86.1188	28	1.3 5	86.2152	1	1.1 7	86.4109

Fonte: do Autor.

Tabela 160: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb nc		nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit
1	1	31	1.1 6	85.1182	13	1.5 2	85.7203	7	2.4 3	85.7319	13	3.5 3	85.7864
1	2	31	1.1 6	85.1406	2	4.4 6	85.9901	6	2.4 6	85.7399	13	3.5 3	85.7904
1	3	32	1.1 6	85.1618	10	5.5 3	85.7135	3	5.5 6	85.9127	14	3.5 6	85.7132
1	4	32	1.1 6	85.1789	0	3.7 7	85.9161	1	5.5 5	85.9604	13	3.5 3	85.7743
2	1	30	1.1 6	85.1279	12	6.8 3	85.7428	25	2.2 3	85.9570	25	3.3 3	85.9679
2	2	30	1.1 6	85.1485	1	5.5 6	85.9173	19	1.1 4	86.1328	23	3.1 1	85.8900
2	3	31	1.1 6	85.1701	21	1.1 3	85.9012	4	1.3 7	86.3730	20	1.1 4	86.1545
2	4	31	1.1 6	85.1866	25	2.2 4	85.9730	4	2.6 1	86.1748	14	1.3 7	86.2565
3	1	29	1.1 6	85.1373	12	6.8 3	85.7485	24	2.2 3	85.9668	25	3.5 3	86.0471
3	2	30	1.1 6	85.1588	25	4.4 1	85.9457	2	1.3 7	86.1832	10	1.3 7	86.2514
3	3	30	1.1 6	85.1785	23	3.3 2	86.0068	18	2.6 5	86.0608	0	1.3 7	86.3541
3	4	30	1.1 6	85.1944	25	1.3 1	86.1263	20	2.6 1	86.3371	2	1.3 7	86.3528
4	1	28	1.1 6	85.1466	12	6.8 3	85.7476	23	2.2 3	85.9678	23	3.3 3	85.9650
4	2	29	1.1 6	85.1692	11	3.3 4	86.2165	21	4.4 4	86.1738	23	3.5 3	86.1106
4	3	29	1.1 6	85.1894	23	3.3 2	86.0129	24	1.1 4	86.2060	4	1.3 7	86.3966
4	4	29	1.1 6	85.2022	24	1.3 1	86.1331	24	1.1 4	86.1735	1	1.3 7	86.4109

Fonte: do Autor.

Tabela 161: Resultados do modelo ARMAX com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de nível.

na		1				2				3				4			
nb	nc	nk	fk	L	fit	nk	fk	L	fit	nk	fk	L	fit	nk	fk	L	fit
1	1	42	4	6	84.4351	2	6	6	85.9651	4	22	6	85.8281	16	18	1	85.6492
1	2	42	4	6	84.5736	4	8	6	85.8291	7	8	5	85.6072	13	6	1	85.5969
1	3	42	4	6	84.5526	3	8	6	85.8730	0	18	5	85.9363	3	14	5	85.9425
1	4	42	4	6	84.6496	11	8	3	85.7580	4	22	6	85.8282	2	14	6	85.7751
2	1	41	4	6	84.4352	24	4	3	85.9286	13	14	4	85.8317	24	8	2	85.9412
2	2	41	4	6	84.5727	26	6	1	85.9388	24	6	3	85.9187	22	6	5	86.0566
2	3	41	4	6	84.5513	24	4	3	85.9704	11	8	4	85.8124	22	6	5	86.0873
2	4	33	4	6	84.6684	25	4	1	85.9089	23	4	4	86.3371	21	6	1	86.1328
3	1	40	4	6	84.4711	24	4	2	86.0221	22	4	3	85.8414	23	8	2	85.9481
3	2	38	4	6	84.5947	25	6	1	85.9651	24	6	1	85.8352	9	18	4	86.0585
3	3	40	4	6	84.5676	23	4	3	85.9693	22	4	4	86.1696	21	6	3	86.1409
3	4	32	4	6	84.6838	25	6	1	86.0721	22	14	1	86.0919	24	6	1	86.0476
4	1	39	4	6	84.5098	26	4	2	86.0725	25	4	4	85.9178	24	8	2	85.9885
4	2	34	4	6	84.6383	24	6	1	85.9858	23	6	3	85.8832	26	8	2	86.1230
4	3	38	4	6	84.6070	22	4	3	85.9693	26	4	1	85.9877	4	6	6	86.2507
4	4	34	4	6	84.7355	24	6	1	86.0583	23	18	1	86.1176	11	18	5	86.1468

Fonte: do Autor.

Tabela 162: Resultados do modelo ARX com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb		nk	Fit		Nk	Ft		nk	Fit		Nk	Fit	
1		25	68.3683		24	68.3999		23	68.4121		25	68.4183	
2		25	68.3709		25	68.4019		24	68.4097		25	68.4139	
3		26	68.5836		25	68.6096		24	68.6153		25	68.6139	
4		26	68.7489		25	68.7713		24	68.7747		25	68.7717	

Fonte: do Autor.

Tabela 163: Resultados do modelo ARX com filtro de Kaiser para a malha de nível.

na		1				2				3				4			
nb		nk	N	Fit		Nk	N	Fit		Nk	N	Fit		nk	N	Fit	
1		26	2	68.1803		0	24	75.9402		27	2	68.3904		0	27	76.6469	
2		26	2	68.2118		0	24	75.8870		26	2	68.4233		0	28	76.5179	
3		25	2	68.2274		0	24	75.8152		24	2	68.4323		0	28	76.3621	
4		24	2	68.2421		0	25	75.7311		24	2	68.4347		0	28	76.2047	

Fonte: do Autor.

Tabela 164: Resultados do modelo ARX com filtro de Hanning para a malha de nível.

na		1				2				3				4			
nb		nk	N	Fit		Nk	N	Fit		Nk	N	Fit		nk	N	Fit	
1		26	1	68.1803		5	12	75.5337		27	1	68.3904		1	28	76.5438	
2		26	1	68.2118		4	12	75.5089		26	1	68.4233		0	27	76.5042	
3		25	1	68.2274		4	12	75.4834		25	1	68.4323		0	27	76.4325	
4		24	1	68.2421		4	12	75.4293		24	1	68.4347		0	27	76.2899	

Fonte: do Autor.

Tabela 165: Resultados do modelo ARX com filtro Retangular para a malha de nível.

nb	nk	N	fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit	nk	N	Fit
1	26	1	66.9530	0	35	76.6212	0	41	76.6950	0	41	76.6541
2	25	1	66.9725	0	42	76.4824	0	42	76.4802	0	42	76.4152
3	24	1	66.9803	0	43	76.2818	0	43	76.3883	0	43	76.2791
4	24	1	66.9829	0	42	76.0425	0	43	76.0796	0	44	76.1126

Fonte: do Autor.

Tabela 166: Resultados do modelo ARX com filtro Gaussiano para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	Nk	N	Fit	nk	N	Fit
1	26	1	66.9530	0	35	76.6212	0	41	76.6950	0	41	76.6541
2	25	1	66.9725	0	42	76.4824	0	42	76.4802	0	42	76.4152
3	24	1	66.9803	0	43	76.2818	0	43	76.3883	0	43	76.2791
4	24	1	66.9829	0	42	76.0425	0	43	76.0796	0	44	76.1126

Fonte: do Autor.

Tabela 167: Resultados do modelo ARX com filtro de Tukey para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	Nk	N	fit	Nk	N	Fit	nk	N	Fit	nk	N	Fit
1	26	1	66.9530	0	35	76.6212	0	41	76.6950	0	41	76.6541
2	25	1	66.9725	0	42	76.4824	0	42	76.4802	0	42	76.4152
3	24	1	66.9803	0	43	76.2818	0	43	76.3883	0	43	76.2791
4	24	1	66.9829	0	42	76.0425	0	43	76.0796	0	44	76.1126

Fonte: do Autor.

Tabela 168: Resultados do modelo ARX com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit
1	26	1	66.9530	5	11	74.6946	0	27	76.4623	0	39	76.8707
2	25	1	66.9725	16	9	74.6792	0	27	76.2620	0	40	76.6250
3	24	1	66.9803	4	9	74.6707	0	20	76.1719	0	35	76.5051
4	24	1	66.9829	4	9	74.6517	0	20	76.0324	0	28	76.3159

Fonte: do Autor.

Tabela 169: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
Nb	Nk	N	fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit	nk	N	Fit
1	20	9	67.0423	4	12	75.2079	2	9	67.4652	2	17	76.2335
2	19	9	67.1163	3	12	75.2045	19	9	67.5287	2	17	76.1585
3	19	9	67.1813	18	9	67.2388	20	9	67.5755	0	17	76.1170
4	3	12	75.1951	2	12	75.1595	20	9	67.6442	0	17	76.0467

Fonte: do Autor.

Tabela 170: Resultados do modelo ARX com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit
1	28	67	63.8541	5	26	75.1118	33	30	64.4461	0	7	76.1212
2	36	70	63.8554	4	28	75.0985	33	24	64.4419	3	10	76.0529
3	36	70	63.9527	4	27	75.0814	32	24	64.4292	2	10	76.0431
4	35	70	64.0465	3	33	75.0555	31	24	64.4090	1	10	75.9411

Fonte: do Autor.

Tabela 171: Resultados do modelo ARX com filtro Elíptico para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	19	6	67.4139	2	10	75.4693	13	7	73.0499	2	18	76.3055
2	18	6	67.4725	2	10	75.4660	12	7	73.0741	1	19	76.2181
3	17	6	67.5164	2	10	75.4643	11	7	73.1009	0	19	76.2069
4	17	6	67.5511	2	10	75.4529	10	7	73.1137	0	19	76.1134

Fonte: do Autor.

Tabela 172: Resultados do modelo ARX com filtro de Butterworth para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	37	5	82,2369	37	1	82,1734	37	6	82,6548	37	1	82,3015
2	36	2	82,3060	36	1	82,2378	36	6	82,7033	36	1	82,3615
3	37	5	82,3589	37	1	82,2944	35	6	82,7528	37	1	82,4099
4	36	2	82,4294	36	1	82,3624	34	6	82,8058	36	1	82,4716

Fonte: do Autor.

Tabela 173: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Haar* para a malha de nível.

Na	1			2			3			4		
Nb	nk	L	Fit	nk	L	Fit	nk	L	fit	nk	L	Fit
1	24	6	73.7296	24	6	73.7140	24	6	73.6924	24	6	73.6650
2	23	6	73.7438	23	6	73.7243	23	6	73.7028	23	6	73.6751
3	22	6	73.7579	22	6	73.7384	22	6	73.7131	22	6	73.6854
4	21	6	73.7719	21	6	73.7519	21	6	73.7266	21	6	73.6960

Fonte: do Autor.

Tabela 174: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de nível.

Na	1			2			3			4		
Nb	nk	db L	Fit	nk	db L	Fit	nk	db L	fit	nk	db L	fit
1	24	1 6	73.7296	0	2 6	75.9225	2	6 6	75.7702	0	6 5	76.4317
2	23	1 6	73.7438	0	2 6	75.9151	2	6 6	75.7597	5	6 5	76.3604
3	22	1 6	73.7579	0	2 6	75.9054	2	6 6	75.7675	4	6 5	76.4211
4	21	1 6	73.7719	2	2 6	75.8906	2	6 6	75.7734	3	6 5	76.4209

Fonte: do Autor.

Tabela 175: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	Nk	coif L	fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit
1	25	1 1	67.1611	9	2 4	75.2322	0	2 5	76.1234	0	2 5	76.5286
2	25	1 1	67.1782	10	2 4	75.2952	0	2 5	75.9481	0	5 5	76.3584
3	25	1 1	67.2114	10	2 4	75.3970	6	2 5	75.9524	1	5 5	76.3857
4	24	1 1	67.2229	10	2 4	75.4941	5	2 5	76.0262	1	5 5	76.4309

Fonte: do Autor.

Tabela 176: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	sym L	Fit	Nk	sym L	fit	nk	sym L	fit	nk	sym L	fit
1	26	2 1	67.2075	11	4 4	75.3912	0	4 6	76.4302	4	4 5	76.3470
2	25	2 1	67.2331	11	4 4	75.6124	0	4 6	76.4286	4	4 5	76.3810
3	24	2 1	67.2457	11	4 4	75.7248	0	4 6	76.4346	6	4 5	76.4737
4	23	2 1	67.2447	11	4 4	75.8053	0	4 6	76.4309	5	4 5	76.5286

Fonte: do Autor.

Tabela 177: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit	nk	bior L	fit
1	26	1.3 6	73.9300	0	3.1 7	76.1833	0	3.1 7	76.1768	0	3.1 7	76.1695
2	25	1.3 6	73.9373	0	3.1 7	76.1677	0	3.1 7	76.1615	0	3.1 7	76.1547
3	24	1.3 6	73.9446	1	3.1 7	76.1132	0	3.1 7	76.1002	0	3.1 7	76.0892
4	23	1.3 6	73.9521	1	3.1 7	76.1476	1	3.1 7	76.1231	0	3.1 7	76.1115

Fonte: do Autor.

Tabela 178: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	Fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit
1	24	1.1 6	73.7296	2	5.5 5	76.5937	1	5.5 6	76.2836	0	3.9 6	76.5431
2	23	1.1 6	73.7438	1	5.5 5	76.5925	1	5.5 6	76.2771	1	3.9 6	76.5179
3	22	1.1 6	73.7579	3	5.5 5	76.5771	1	5.5 6	76.2822	1	3.9 6	76.5330
4	21	1.1 6	73.7719	4	5.5 5	76.6420	1	5.5 6	76.2863	1	3.9 6	76.5157

Fonte: do Autor.

Tabela 179: Resultados do modelo ARX com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de nível.

Na	1			2			3			4		
Nb	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit	nk	fk L	fit
1	26	4 6	70.8971	5	22 5	75.8285	0	22 6	77.1702	0	22 6	77.1824
2	25	4 6	70.9098	5	22 5	75.8023	0	22 6	77.1808	0	22 6	77.1931
3	24	4 6	70.9214	7	22 5	75.7869	0	22 6	77.1500	0	22 6	77.1666
4	24	4 6	70.9316	6	22 5	75.7801	0	22 6	77.1339	0	22 6	77.1529

Fonte: do Autor.

Tabela 180: Resultados do modelo OE com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.

na	1		2		3		4	
nb	nk	fit	nk	Fit	nk	fit	nk	fit
1	36	83,1092	19	84,2713	2	85,0525	1	84,2518
2	36	83,0869	19	85,4105	4	85,4301	6	85,4317
3	36	83,1037	19	85,6356	20	85,7497	8	85,8459
4	36	83,1203	18	85,4506	16	85,4168	23	85,7693

Fonte: do Autor.

Tabela 181: Resultados do modelo OE com filtro de Kaiser para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	Fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit	nk	N	Fit
1	36	1	83,0993	1	10	84,9351	9	9	85,7814	8	12	85,5077
2	36	1	83,0832	20	4	85,5712	1	4	86,1373	6	1	86,1830
3	36	1	83,1000	33	8	85,5133	23	7	86,3505	6	4	86,9669
4	36	1	83,1167	19	2	85,7707	11	3	86,2653	13	9	86,5013

Fonte: do Autor.

Tabela 182: Resultados do modelo OE com filtro de Hanning para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	36	1	83,0873	0	1	84,2558	12	5	85,6333	2	4	85,2006
2	36	1	83,0765	18	1	85,3853	0	4	85,9540	1	12	85,7982
3	36	1	83,0934	19	2	85,3943	16	11	86,4691	22	2	86,0291
4	36	1	83,1100	33	2	85,5373	11	2	86,2672	11	4	86,4364

Fonte: do Autor.

Tabela 183: Resultados do modelo OE com filtro Retangular para a malha de nível.

nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	36	1	83,0993	0	2	84,2564	4	4	85,4403	1	2	86,0901
2	36	1	83,0832	19	1	85,4007	3	3	85,6996	13	6	86,3474
3	36	1	83,1000	16	1	85,3998	18	12	86,0772	22	6	86,6660
4	36	1	83,1167	30	2	85,7058	10	1	86,2484	14	3	86,7890

Fonte: do Autor.

Tabela 184: Resultados do modelo OE com filtro Gaussiano para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	36	1	83,0993	0	2	84,2564	4	4	85,4403	1	2	86,0901
2	36	1	83,0832	19	1	85,4007	3	3	85,6996	13	6	86,3474
3	36	1	83,1000	16	1	85,3998	18	12	86,0772	22	6	86,6660
4	36	1	83,1167	30	2	85,7058	10	1	86,2484	14	3	86,7890

Fonte: do Autor.

Tabela 185: Resultados do modelo OE com filtro de Tukey para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	Fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	36	1	83,0993	0	2	84,2564	4	4	85,4403	1	2	86,0901
2	36	1	83,0832	19	1	85,4007	3	3	85,6996	13	6	86,3474
3	36	1	83,1000	16	1	85,3998	18	12	86,0772	22	6	86,6660
4	36	1	83,1167	30	2	85,7058	10	1	86,2484	14	3	86,7890

Fonte: do Autor.

Tabela 186: Resultados do modelo OE com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit
1	36	1	83,0993	0	3	84,2571	18	7	85,5023	5	8	85,1035
2	36	1	83,0832	19	1	85,4007	29	14	86,0073	6	1	86,1830
3	36	1	83,1000	16	1	85,3998	15	4	86,4697	18	2	86,5314
4	36	1	83,1167	17	1	85,4005	27	14	86,2662	7	5	86,6547

Fonte: do Autor.

Tabela 187: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	Nk	N	fit	nk	N	Fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit
1	32	0	82,5513	33	0	82,4841	32	0	82,4062	33	0	81,5390
2	32	0	82,6389	41	0	82,9639	41	0	82,8852	37	0	83,3256
3	35	0	82,6215	39	0	82,8479	25	0	84,8895	31	0	83,0879
4	34	0	82,7445	28	0	82,6881	36	0	83,2417	39	0	83,4076

Fonte: do Autor.

Tabela 188: Resultados do modelo OE com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	Nk	N	fit	nk	N	Fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit
1	36	19	82,9018	34	6	82,2603	38	6	82,1457	38	17	82,4537
2	37	6	83,1066	35	4	82,3385	33	3	82,8213	32	3	82,7858
3	36	6	83,1675	36	5	82,3668	35	9	82,5864	32	3	82,8073
4	35	7	83,2102	37	6	82,4446	33	3	82,9795	33	3	82,9535

Fonte: do Autor.

Tabela 189: Resultados do modelo OE com filtro Elíptico para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	Nk	N	fit	nk	N	Fit	Nk	N	Fit	Nk	N	Fit
1	32	1	82,5544	26	2	82,6287	34	1	82,0693	37	1	81,7004
2	32	1	82,6460	39	5	82,9717	34	10	83,5508	44	10	84,1797
3	32	1	82,7215	28	2	82,9482	37	5	84,9569	32	4	84,4466
4	34	1	82,7596	27	2	83,3057	32	8	84,5846	34	4	84,8636

Fonte: do Autor.

Tabela 190: Resultados do modelo OE com filtro de Butterworth para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	36	1	83,1092	21	2	84,3430	8	1	85,5009	0	2	85,9610
2	36	6	83,0889	18	1	85,6529	32	4	85,7611	12	4	86,1804
3	36	6	83,1055	10	2	85,6775	16	2	85,8372	15	1	86,4602
4	36	6	83,1223	14	2	85,4452	19	4	85,8318	6	1	86,6863

Fonte: do Autor.

Tabela 191: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Haar* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	L	fit	nk	L	fit	nk	L	fit	nk	L	fit
1	35	7	84,3574	7	7	85,2628	8	7	85,2485	6	7	85,3383
2	37	7	84,3041	15	7	86,6018	16	7	86,6026	19	1	86,6545
3	37	7	84,3202	29	7	86,5576	15	7	87,0446	14	7	87,0447
4	37	7	84,3370	39	7	86,4787	24	7	86,7993	25	7	86,8035

Fonte: do Autor.

Tabela 192: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	db L	fit	nk	db L	Fit	nk	db L	fit	nk	db L	fit
1	35	1 7	84,3574	7	1 7	85,2629	1	2 4	85,9425	0	1 7	85,5510
2	37	1 7	84,3041	16	1 7	86,6019	16	1 7	86,6027	7	3 4	86,8462
3	37	1 7	84,3203	40	1 7	86,3282	0	1 7	86,8830	8	1 7	87,0031
4	37	1 7	84,3370	39	1 7	86,4545	23	1 7	86,7992	26	2 7	86,8845

Fonte: do Autor.

Tabela 193: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	sym L	fit	nk	sym L	fit	nk	sym L	fit	nk	sym L	fit
1	35	2 7	83,4713	1	2 7	84,5363	0	5 7	85,9703	25	8 7	85,3473
2	35	2 7	83,4709	15	2 7	85,5531	40	7 6	86,2834	16	6 4	86,6539
3	35	2 7	83,4831	16	2 1	85,6418	10	7 3	86,6228	9	4 1	86,6661
4	35	2 7	83,4956	8	2 1	85,8594	26	2 4	87,0019	20	7 2	87,0334

Fonte: do Autor.

Tabela 194: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit	nk	coif L	fit
1	36	2 7	83,3496	0	2 7	84,4371	2	3 6	86,0833	25	1 7	85,3473
2	36	2 7	83,3475	15	2 7	85,4283	20	5 4	86,6650	4	2 6	86,9185
3	36	2 7	83,3589	21	5 1	85,6863	11	3 3	86,6849	21	2 3	86,6713
4	36	2 7	83,3705	20	4 1	85,5283	14	4 2	86,6812	8	1 1	86,6660

Fonte: do Autor.

Tabela 195: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	bio L	fit	nk	bio L	Fit	nk	bio L	fit	nk	bio L	fit
1	35	1.1 7	84,3574	7	1.1 7	85,2629	3	6.8 6	86,1432	0	2.4 3	85,7650
2	37	1.1 7	84,3041	15	1.1 7	86,6019	29	2.8 3	86,7550	1	2.4 5	87,1703
3	37	1.1 7	84,3203	29	1.1 7	86,5577	15	1.1 7	87,0446	14	1.1 7	87,0447
4	37	1.1 7	84,3370	39	1.1 7	86,4787	12	2.4 6	87,0418	25	1.1 7	86,8035

Fonte: do Autor.

Tabela 196: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	Fit	nk	rbio L	fit	nk	rbio L	fit
1	35	1.1 7	84,3574	7	1.1 7	85,2629	2	1.5 6	86,0749	0	1.1 7	85,5510
2	37	1.1 7	84,3041	16	1.1 7	86,6019	16	1.1 7	86,6027	2	3.9 2	86,8963
3	37	1.1 7	84,3203	40	1.1 7	86,3282	0	1.1 7	86,8830	8	1.1 7	87,0031
4	37	1.1 7	84,3370	39	1.1 7	86,4545	37	1.3 4	87,0384	18	3.9 4	86,9852

Fonte: do Autor.

Tabela 197: Resultados do modelo OE com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de nível.

na	1			2			3			4		
nb	nk	fk/L	fit	nk	fk/L	Fit	nk	fk/L	fit	nk	fk/L	fit
1	35	4 7	83,9948	0	4 7	85,1495	2	18 6	85,8672	3	1.1 7	85,8373
2	36	4 7	83,9718	15	4 7	86,2245	8	8 7	86,5592	11	22 3	86,4910
3	37	4 7	83,9868	19	4 7	86,7561	12	4 7	86,6748	7	4 7	86,6262
4	37	4 7	84,0026	23	4 7	86,0246	14	4 5	86,6984	6	22 2	87,0053

Fonte: do Autor.

Tabela 198: Resultados do modelo BJ/nf1 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.

nd	1			2			3			4		
nb nc	nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit
1 1	35	82,2755	36	82,3822	32	82,5622	33	82,5551				
1 2	35	82,3524	35	82,3431	33	82,3026	33	82,6124				
1 3	34	82,4345	35	82,4633	34	82,4318	32	82,7341				
1 4	34	82,6413	34	82,5383	33	82,4564	31	82,7613				
2 1	34	82,2259	35	82,2544	30	81,7647	30	81,9036				
2 2	36	82,3801	34	82,4804	32	82,2069	28	81,8053				
2 3	34	82,4642	34	82,5499	31	82,1855	31	81,9560				
2 4	34	82,5827	33	82,7088	33	82,1758	26	82,4189				
3 1	36	82,2476	33	82,5314	28	81,9681	30	81,8864				
3 2	35	82,3408	33	82,2915	28	81,7519	29	82,0187				
3 3	34	82,4758	32	82,6717	27	82,0024	31	82,1839				
3 4	34	82,5906	31	82,3798	33	82,2536	31	82,3849				
4 1	36	82,2386	32	81,9610	30	81,6776	32	82,2509				
4 2	36	82,3502	31	82,1775	28	81,7569	35	82,3653				
4 3	35	82,5042	33	82,1165	28	81,6360	33	82,5302				
4 4	34	82,5967	34	82,9278	29	81,8856	33	82,5301				

Fonte: do Autor.

Tabela 199: Resultados do modelo BJ/nf2 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.

nd		1		2		3		4	
nb\nc		nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit
1	1	34	82,7308	6	84,8969	10	83,7252	19	84,0158
1	2	25	86,1399	25	86,1309	23	86,0613	25	86,1282
1	3	25	86,1472	24	86,1157	24	86,1175	24	86,1325
1	4	24	86,1611	23	86,0985	23	86,1153	24	86,1610
2	1	34	82,8013	19	84,0116	6	84,6612	12	84,1209
2	2	25	86,1167	23	86,0556	23	86,0524	23	86,0658
2	3	25	86,1333	24	86,1086	24	86,1335	24	86,1469
2	4	25	86,1397	23	86,0998	24	86,1512	27	86,0824
3	1	34	82,8341	12	84,1708	10	84,8801	6	85,1209
3	2	26	86,1253	23	85,9945	25	86,1505	25	86,1296
3	3	25	86,1452	25	86,1591	22	86,0249	24	86,1094
3	4	25	86,1439	24	86,1430	23	86,1196	23	86,1209
4	1	34	82,8046	10	84,8825	9	85,0920	10	84,3108
4	2	26	86,1381	23	86,1025	23	86,0656	23	86,1066
4	3	25	86,1517	22	85,9725	22	86,0116	22	86,0203
4	4	25	86,1571	23	86,1169	29	85,9683	23	86,1181

Fonte: do Autor.

Tabela 200: Resultados do modelo BJ/nf3 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.

nd		1		2		3		4	
nb\nc		nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit
1	1	34	82,5753	9	84,8206	9	84,6576	2	84,6491
1	2	25	86,1632	25	86,1417	25	86,1440	24	86,2381
1	3	25	86,1784	25	86,1360	25	86,1646	19	85,9622
1	4	24	86,2145	26	86,1395	23	86,2088	23	86,1150
2	1	32	82,9164	9	84,3531	2	84,4218	17	84,4641
2	2	25	86,1489	25	86,1412	25	86,1352	25	86,1352
2	3	25	86,1821	23	86,1188	25	86,1837	25	86,1522
2	4	25	86,1768	24	86,2120	26	86,1275	25	85,9704
3	1	35	83,5033	17	85,1133	12	84,5357	9	84,2927
3	2	25	86,1513	25	86,1354	19	86,0329	25	86,1558
3	3	25	86,1688	22	85,9671	23	86,2048	22	85,9959
3	4	25	86,1951	23	86,1296	24	86,2338	24	86,2060
4	1	28	83,1593	6	85,0665	9	84,5933	6	84,6140
4	2	25	86,1600	24	85,9655	25	86,1641	24	85,9700
4	3	25	86,1933	26	86,1727	22	86,0264	22	86,0287
4	4	24	86,2181	23	86,0005	26	86,1401	26	86,0904

Fonte: do Autor.

Tabela 201: Resultados do modelo BJ/nf4 com sinal não filtrado normalizado para a malha de nível.

nd		1		2		3		4	
nb\nc		nk	fit	nk	fit	nk	fit	nk	fit
1	1	31	83,2290	1	85,0243	17	84,2296	13	84,3833
1	2	23	86,1884	29	85,9471	25	86,1511	22	85,9769
1	3	25	86,1837	20	86,0052	25	86,1721	20	86,0407
1	4	25	86,2573	26	86,1685	19	86,1274	24	86,2340
2	1	31	82,9626	13	84,1415	6	84,4998	18	84,3078
2	2	23	86,1700	23	86,1765	24	86,2006	22	85,9842
2	3	26	86,1668	27	86,0803	20	86,0420	19	86,1170
2	4	24	86,2075	25	86,1298	21	85,9479	25	86,1409
3	1	30	83,0889	13	84,7346	13	84,8489	13	85,1588
3	2	24	86,1666	20	86,1786	22	85,9967	24	86,1757
3	3	25	86,1493	23	86,0837	22	86,2189	25	86,0692
3	4	24	86,2510	25	86,1362	24	86,1962	24	86,1294
4	1	34	83,0033	13	84,7253	4	85,3148	1	84,4702
4	2	24	86,1851	27	86,1008	22	85,9900	27	86,0167
4	3	25	86,1900	20	86,0353	19	85,9731	20	86,0989
4	4	25	86,1770	21	85,9843	26	86,0709	26	86,1177

Fonte: do Autor.

Tabela 202: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Kaiser para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	35	82,0396	2	37	82,2101	2	33	82,4155	2	34	82,4027
1	2	1	34	82,4403	1	36	82,2380	1	37	82,1525	2	34	82,4584
1	3	1	37	82,3461	2	36	82,2861	2	35	82,2651	2	33	82,5858
1	4	2	35	82,4759	1	37	82,4337	4	32	82,4012	2	32	82,6170
2	1	2	35	82,0568	2	36	82,0864	4	34	81,8303	2	31	81,4038
2	2	2	37	82,2011	2	35	82,3185	2	33	82,0517	2	29	81,7386
2	3	2	35	82,2938	12	35	82,8030	4	33	82,3057	4	29	82,0968
2	4	10	35	82,4728	2	34	82,5498	1	26	82,0378	2	27	82,0587
3	1	2	37	82,0731	2	34	82,3788	2	28	81,5677	2	33	81,9059
3	2	9	41	82,3311	14	44	83,1243	13	44	82,3387	11	43	83,0214
3	3	2	35	82,3056	2	33	82,5236	1	38	82,2096	4	37	82,3633
3	4	2	35	82,4200	9	42	82,6547	1	36	82,3430	1	36	82,6378
4	1	2	37	82,0640	2	36	82,4062	2	30	81,5467	2	37	82,0431
4	2	11	40	82,5596	11	41	82,4351	12	39	82,3603	11	42	82,8156
4	3	2	36	82,3326	9	31	82,3361	1	36	82,2861	2	35	82,3191
4	4	2	35	82,4262	11	37	83,2621	9	36	82,4685	14	25	84,6842

Fonte: do Autor.

Tabela 203: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Kaiser para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	29	83,6886	2	7	85,0881	24	0	84,3941	2	10	84,7562
1	2	2	26	86,0319	2	26	86,0232	2	24	85,9696	2	26	86,0243
1	3	2	26	86,0394	1	25	86,1257	1	25	86,0823	1	25	86,0818
1	4	2	25	86,0616	9	1	86,1704	1	25	86,0947	1	25	86,0842
2	1	15	3	85,0319	1	13	84,9336	7	0	85,1852	7	6	84,9932
2	2	2	26	86,0080	2	24	85,9634	2	24	85,9600	2	24	86,0112
2	3	1	25	86,0981	2	25	86,0096	2	25	86,0354	1	25	86,0905
2	4	1	25	86,1006	2	24	86,0000	1	9	86,9918	1	24	86,1017
3	1	11	5	85,3277	1	13	85,1318	9	3	85,4195	9	3	85,2871
3	2	2	26	86,0138	2	22	85,8661	2	26	86,0307	2	26	85,9986
3	3	1	25	86,0808	1	26	86,0826	1	25	86,0364	1	25	86,0896
3	4	1	25	86,0824	1	25	86,0842	1	25	86,0820	1	25	86,0946
4	1	18	8	84,7614	9	9	85,3447	10	2	85,4353	7	3	86,6039
4	2	2	26	86,0299	2	24	86,0114	2	21	85,9753	2	24	86,0134
4	3	1	25	86,0813	1	25	86,1112	1	25	86,1020	2	20	85,9667
4	4	1	25	86,0851	1	25	86,1067	1	25	86,1149	2	24	86,0441

Fonte: do Autor.

Tabela 204: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Kaiser para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	11	10	84,4058	30	1	85,9376	6	9	84,9750	12	13	85,4487
1	2	1	21	86,1300	1	22	86,1239	2	26	86,0522	2	26	86,0173
1	3	2	26	86,0964	1	25	86,1098	2	16	86,1754	2	24	86,1239
1	4	2	24	86,1155	1	20	86,0937	2	24	86,1113	1	21	86,1265
2	1	11	14	84,5819	1	13	85,0737	6	4	85,4881	5	6	85,1218
2	2	1	22	86,1217	2	26	86,0299	1	15	86,0513	2	26	86,0222
2	3	1	25	86,1118	9	14	86,6798	2	26	86,0630	2	25	86,0449
2	4	1	23	86,1649	1	23	86,1629	10	25	86,1264	1	19	86,0782
3	1	11	15	84,2681	6	15	85,1661	3	5	85,5479	7	5	85,3278
3	2	1	24	86,1239	2	26	86,0222	1	20	86,0190	1	20	86,0523
3	3	1	25	86,0959	2	26	86,1283	2	24	86,1026	1	25	86,1012
3	4	1	23	86,1584	1	26	86,0518	2	25	86,1543	12	13	86,2681
4	1	18	12	83,7449	8	12	85,1049	9	19	85,3793	10	2	85,1055
4	2	7	20	86,2895	1	20	86,0483	1	23	86,1577	2	27	86,0128
4	3	1	22	86,1025	1	20	86,0205	1	25	86,1828	5	20	86,2409
4	4	1	23	86,1594	1	19	86,0916	1	21	86,1593	1	21	86,1585

Fonte: do Autor.

Tabela 205: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Kaiser para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	28	12	85,2069	26	12	85,7275	21	9	85,5914	22	14	85,1562
1	2	2	24	86,0854	1	23	86,1317	6	7	86,3621	1	22	86,0899
1	3	2	26	86,0711	1	24	86,1162	2	25	86,1084	2	15	86,3271
1	4	2	26	86,1698	1	22	86,1603	1	23	86,1527	1	24	86,1545
2	1	22	4	85,5879	21	9	85,6827	21	9	85,6896	14	5	85,5330
2	2	1	23	86,2427	1	22	86,0937	5	6	86,1202	1	22	86,1099
2	3	1	23	86,1202	12	7	86,4713	2	23	86,3733	1	25	86,1008
2	4	1	25	86,1248	1	26	86,0935	1	20	86,1224	1	20	86,0974
3	1	25	1	85,0057	2	0	85,9455	3	10	85,2324	2	14	85,1702
3	2	1	24	86,1163	1	22	85,9452	1	16	86,2525	1	22	86,1224
3	3	1	24	86,1105	1	25	86,0838	1	15	86,5916	1	25	86,1128
3	4	1	22	86,1363	3	21	86,0661	2	25	86,1275	1	24	86,1603
4	1	30	16	85,1898	9	2	85,4129	7	4	85,6355	8	14	85,8110
4	2	1	23	86,1210	1	22	86,1103	1	22	86,1264	12	4	86,2728
4	3	1	25	86,1079	1	25	86,0847	9	30	86,2039	7	2	86,9370
4	4	1	24	86,2035	1	26	86,0718	1	20	86,1155	1	26	86,0764

Fonte: do Autor.

Tabela 206: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Hanning para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	15	1	84,1460	1	7	85,0935	14	1	85,2160	3	0	85,7819
1	2	1	26	86,0319	1	26	86,0232	1	24	85,9696	1	26	86,0243
1	3	1	26	86,0394	1	25	86,0168	1	25	86,0199	1	25	86,0343
1	4	1	25	86,0616	1	24	86,0047	4	23	86,0908	1	25	86,0553
2	1	3	5	85,3709	3	9	85,3272	7	0	85,5377	3	10	85,2423
2	2	1	26	86,0080	1	24	85,9634	1	24	85,9600	1	24	86,0112
2	3	1	26	86,0248	1	25	86,0096	1	25	86,0354	2	26	86,0377
2	4	5	24	86,1084	1	24	86,0000	1	25	86,0494	2	25	85,9969
3	1	3	1	85,6165	5	3	85,4818	6	3	85,4783	3	10	85,4690
3	2	1	26	86,0138	1	22	85,8661	1	26	86,0307	1	26	85,9988
3	3	3	16	86,1154	1	25	86,0413	2	22	86,0385	2	26	85,9754
3	4	3	15	86,3265	1	25	86,0439	1	24	86,0261	1	24	86,0083
4	1	7	0	85,5658	4	0	85,5155	4	6	85,6499	4	0	85,5340
4	2	1	26	86,0299	1	24	86,0114	1	24	85,9752	1	24	86,0134
4	3	1	26	86,0439	2	26	85,9980	2	26	85,9880	1	20	85,9667
4	4	1	25	86,0601	1	24	86,0360	2	25	86,0017	1	24	86,0436

Fonte: do Autor.

Tabela 207: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Hanning para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	5	8	84,9367	1	10	84,8232	5	14	84,6429	3	32	84,5680
1	2	1	26	86,0535	1	26	86,0336	5	12	86,2014	1	26	86,0173
1	3	1	26	86,0822	6	24	86,0865	10	18	86,4184	1	24	86,1239
1	4	1	24	86,1153	2	24	86,0657	6	24	86,1929	1	24	86,0300
2	1	9	15	84,3027	2	14	84,9328	2	11	84,6213	5	7	84,8897
2	2	4	13	86,1146	1	26	86,0299	4	13	86,0238	1	26	86,0222
2	3	5	20	86,0990	1	24	86,0308	1	24	86,0438	1	25	86,0462
2	4	4	21	86,1283	1	27	86,0205	15	20	86,3635	2	22	86,0640
3	1	3	3	86,0861	14	3	85,3333	2	5	85,5988	1	10	84,4636
3	2	6	12	86,1698	5	12	86,1340	3	6	86,1248	3	6	86,0886
3	3	1	26	86,0817	9	13	85,9647	1	24	86,1026	1	26	86,0472
3	4	19	24	86,2709	1	24	86,0303	1	25	86,1197	1	25	86,1250
4	1	3	20	85,3014	1	7	85,0120	1	7	85,2927	4	11	84,7749
4	2	6	12	86,1435	3	10	85,9714	6	12	86,0842	4	3	85,9753
4	3	4	21	86,1628	5	13	86,1274	2	27	85,9634	2	26	86,0521
4	4	1	25	86,1132	2	22	86,0567	2	22	86,0687	1	27	86,0364

Fonte: do Autor.

Tabela 208: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Hanning para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	32	81,6640	17	14	85,6056	23	2	86,2711	7	14	84,7489
1	2	1	33	82,0517	2	24	86,0169	25	4	86,0662	2	23	85,9943
1	3	1	32	82,0358	2	25	86,0092	1	26	86,0799	2	24	86,0018
1	4	4	37	82,2021	7	20	86,1453	1	20	86,0585	1	25	86,0892
2	1	1	28	81,5676	16	8	85,7084	2	2	84,9204	9	0	85,0461
2	2	1	24	86,0746	1	26	86,0765	1	25	86,0633	2	23	86,0156
2	3	4	23	86,1134	2	26	85,9965	1	23	86,3673	1	24	86,0543
2	4	4	21	86,1271	1	20	86,0496	1	20	86,0646	1	26	86,0710
3	1	16	13	85,6880	21	5	85,7206	25	3	86,1088	3	9	85,5040
3	2	1	25	86,0655	19	4	86,0277	2	23	85,9867	1	25	86,0699
3	3	1	25	86,0909	1	21	85,9626	1	16	86,7212	2	26	85,9986
3	4	1	25	86,0962	1	20	86,0587	2	21	86,5700	1	25	86,1189
4	1	3	10	85,8476	19	6	85,6489	23	1	85,9066	4	12	85,2536
4	2	1	25	86,0789	1	21	86,0857	19	0	86,1663	1	28	86,0576
4	3	1	26	86,0836	2	26	85,9612	1	27	85,9716	1	24	86,0786
4	4	1	26	86,4141	4	15	86,1117	2	24	86,0428	1	27	86,0008

Fonte: do Autor.

Tabela 209: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Hanning para a malha de nível.

na		1			2			3			4		
nb	nc	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit	nk	N	fit
1	1	19	23	85,1177	17	14	85,6056	23	2	86,2711	7	14	84,7489
1	2	1	24	86,0854	2	24	86,0169	25	4	86,0662	2	23	85,9943
1	3	1	25	86,1067	2	25	86,0092	1	26	86,0799	2	24	86,0018
1	4	3	21	86,4496	7	20	86,1453	1	20	86,0585	1	25	86,0892
2	1	3	12	84,9794	16	8	85,7084	2	2	84,9204	9	0	85,0461
2	2	1	24	86,0746	1	26	86,0765	1	25	86,0633	2	23	86,0156
2	3	4	23	86,1134	2	26	85,9965	1	23	86,3673	1	24	86,0543
2	4	4	21	86,1271	1	20	86,0496	1	20	86,0646	1	26	86,0710
3	1	16	13	85,6880	21	5	85,7206	25	3	86,1088	3	9	85,5040
3	2	1	25	86,0655	19	4	86,0277	2	23	85,9867	1	25	86,0699
3	3	1	25	86,0909	1	21	85,9626	1	16	86,7212	2	26	85,9986
3	4	1	25	86,0962	1	20	86,0587	2	21	86,5700	1	25	86,1189
4	1	3	10	85,8476	19	6	85,6489	23	1	85,9066	4	12	85,2536
4	2	1	25	86,0789	1	21	86,0857	19	0	86,1663	1	28	86,0576
4	3	1	26	86,0836	2	26	85,9612	1	27	85,9716	1	24	86,0786
4	4	1	26	86,4141	4	15	86,1117	2	24	86,0428	1	27	86,0008

Fonte: do Autor.

Tabela 210: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Retangular para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	36	81,5635	2	30	81,0967	2	32	80,8920	2	37	80,6482
1	2	1	34	82,4403	1	36	82,2380	1	37	82,1525	1	37	82,1401
1	3	1	37	82,3461	1	37	82,2406	2	35	82,3988	1	36	82,2419
1	4	1	36	82,4234	1	37	82,4337	2	34	82,5275	1	37	82,3043
2	1	3	29	81,6856	1	26	76,8252	4	28	78,0247	4	30	77,5688
2	2	3	32	82,2992	1	26	81,9377	1	28	81,6235	1	24	81,5699
2	3	3	31	82,6597	2	34	82,2836	3	34	82,2128	2	37	82,1574
2	4	3	31	82,6532	3	32	82,3275	1	26	82,0378	2	36	82,1028
3	1	4	33	80,1046	1	20	76,2215	1	29	77,3411	1	27	77,4759
3	2	1	37	82,1937	1	29	81,4738	1	34	81,9861	1	36	82,0451
3	3	4	32	82,3866	2	27	82,1123	1	38	82,2096	1	36	82,1772
3	4	8	34	82,8937	1	31	82,2749	1	36	82,3430	1	36	82,6378
4	1	5	34	78,7457	1	25	77,0785	1	25	77,7388	9	42	76,5369
4	2	1	37	82,2644	1	28	81,6435	1	35	81,9112	1	27	81,7784
4	3	2	31	82,5726	1	28	81,8477	1	36	82,2861	1	28	82,0711
4	4	11	36	82,4340	1	24	82,2198	1	35	82,2438	1	27	82,2285

Fonte: do Autor.

Tabela 211: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Retangular para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	29	83,6886	1	29	83,7326	9	1	84,7840	17	9	84,7860
1	2	2	24	86,2207	2	26	85,5703	2	26	86,0382	2	26	86,0743
1	3	2	24	86,2642	1	25	86,1257	2	26	86,0934	2	25	86,1502
1	4	4	24	86,2555	1	25	86,1022	2	25	86,1149	2	24	86,1834
2	1	2	24	83,9071	1	13	84,9336	19	8	84,8799	19	6	84,5176
2	2	4	30	85,1384	1	12	84,8411	1	1	84,7582	1	12	84,8673
2	3	3	24	86,1721	1	20	85,8862	1	27	85,9594	1	25	86,0804
2	4	3	24	86,1930	2	25	86,0431	1	9	87,0402	1	24	86,1017
3	1	2	26	83,7485	2	13	85,2278	2	15	85,0144	2	15	84,8001
3	2	4	0	84,2112	2	16	84,7036	1	12	84,6368	5	16	84,7843
3	3	1	25	86,0808	1	26	86,0826	1	25	86,0364	1	25	86,0896
3	4	4	24	86,1301	1	25	86,0842	1	25	86,0820	1	25	86,0946
4	1	4	22	84,3869	2	2	85,1008	2	14	84,9110	2	10	84,9752
4	2	4	25	83,8853	3	0	84,7145	2	0	84,9435	3	0	85,1070
4	3	1	25	86,0813	1	25	86,1112	1	25	86,1020	1	23	85,9126
4	4	1	25	86,0851	1	25	86,1067	1	25	86,1149	2	24	86,0291

Fonte: do Autor.

Tabela 212: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Retangular para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	8	26	83,8201	6	24	84,2454	7	6	85,1048	19	16	85,5902
1	2	4	22	86,2396	1	22	86,1239	3	23	86,0926	2	23	86,1996
1	3	2	22	86,2544	1	25	86,1098	2	23	86,1012	2	22	86,2003
1	4	4	24	86,2444	1	23	86,1632	1	21	86,1099	2	21	86,2680
2	1	2	24	84,2239	1	13	85,0737	1	11	84,9783	11	1	85,7038
2	2	3	22	86,2100	2	19	86,1619	3	19	86,1870	2	22	86,0587
2	3	3	21	86,2259	2	19	86,1349	3	21	86,1631	2	21	86,1252
2	4	3	21	86,2311	1	23	86,1626	3	23	86,1229	1	19	86,0782
3	1	2	26	84,0937	2	13	85,0460	25	7	85,7033	14	6	85,2231
3	2	2	19	86,1576	2	19	86,1601	4	18	86,1590	2	19	86,1880
3	3	4	21	86,1810	2	21	86,1286	4	17	86,1554	3	25	86,3709
3	4	4	22	86,1689	3	25	86,1405	1	7	86,2408	1	21	86,1315
4	1	4	22	84,5447	12	4	85,3448	7	0	85,0208	15	0	85,7451
4	2	2	19	86,1551	4	15	86,0965	5	18	86,1202	3	20	86,1172
4	3	5	21	86,1448	4	17	86,0889	7	16	86,3102	3	18	86,1501
4	4	1	23	86,1594	1	21	86,1536	1	21	86,1579	4	17	86,2049

Fonte: do Autor.

Tabela 213: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Retangular para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	10	7	84,0251	29	4	85,1085	13	2	85,5762	19	15	84,8935
1	2	2	21	86,2484	1	23	86,1284	1	22	86,0907	3	25	86,1197
1	3	2	21	86,2343	1	24	86,1162	2	24	86,1389	2	24	86,2121
1	4	2	22	86,2807	1	22	86,1599	3	23	86,1678	2	23	86,2327
2	1	24	2	84,6123	1	13	84,7406	15	2	84,7638	16	0	85,1843
2	2	3	21	86,2151	2	16	86,1607	3	18	86,1855	1	22	86,1099
2	3	3	21	86,2412	1	25	86,1115	3	21	86,1472	2	27	86,5380
2	4	3	21	86,2198	6	18	86,2582	1	20	86,1428	3	24	86,1535
3	1	14	29	84,1287	30	6	85,3625	5	9	85,5802	13	13	85,1631
3	2	4	18	86,2136	3	18	86,1175	1	16	86,2580	9	23	86,2556
3	3	4	20	86,1957	2	18	86,1466	4	18	86,1658	4	14	86,2574
3	4	4	21	86,1805	3	24	86,0321	4	16	86,1464	1	24	86,1606
4	1	22	1	86,9516	3	9	85,2553	13	9	85,2563	24	0	85,4966
4	2	5	20	86,1351	3	18	86,1157	1	22	86,1264	2	19	86,0454
4	3	7	23	86,1967	4	17	86,0931	5	17	86,1197	1	24	86,1123
4	4	1	24	86,2036	2	15	86,5347	1	18	86,1457	4	17	86,3153

Fonte: do Autor.

Tabela 214: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Gaussiano para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	36	81,5635	2	30	81,0967	2	32	80,8920	2	37	80,6482
1	2	1	34	82,4403	1	36	82,2380	1	37	82,1525	1	37	82,1401
1	3	1	37	82,3461	1	37	82,2406	2	35	82,3988	1	36	82,2419
1	4	1	36	82,4234	1	37	82,4337	2	34	82,5275	1	37	82,3043
2	1	3	29	81,6856	1	26	76,8252	4	28	78,0247	4	30	77,5688
2	2	3	32	82,2992	1	26	81,9377	1	28	81,6235	1	24	81,5699
2	3	3	31	82,6597	2	34	82,2836	3	34	82,2128	2	37	82,1574
2	4	3	31	82,6532	3	32	82,3275	1	26	82,0378	2	36	82,1028
3	1	4	33	80,1046	1	20	76,2215	1	29	77,3411	1	27	77,4759
3	2	1	37	82,1937	1	29	81,4738	1	34	81,9861	1	36	82,0451
3	3	4	32	82,3866	2	27	82,1123	1	38	82,2096	1	36	82,1772
3	4	8	34	82,8937	1	31	82,2749	1	36	82,3430	1	36	82,6378
4	1	5	34	78,7457	1	25	77,0785	1	25	77,7388	9	42	76,5369
4	2	1	37	82,2644	1	28	81,6435	1	35	81,9112	1	27	81,7784
4	3	2	31	82,5726	1	28	81,8477	1	36	82,2861	1	28	82,0711
4	4	11	36	82,4340	1	24	82,2198	1	35	82,2438	1	27	82,2285

Fonte: do Autor.

Tabela 215: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Gaussiano para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	29	83,6886	1	29	83,7326	9	1	84,7840	17	9	84,7860
1	2	2	24	86,2207	2	26	85,5703	2	26	86,0382	2	26	86,0743
1	3	2	24	86,2642	1	25	86,1257	2	26	86,0934	2	25	86,1502
1	4	4	24	86,2555	1	25	86,1022	2	25	86,1149	2	24	86,1834
2	1	2	24	83,9071	1	13	84,9336	19	8	84,8799	19	6	84,5176
2	2	4	30	85,1384	1	12	84,8411	1	1	84,7582	1	12	84,8673
2	3	3	24	86,1721	1	20	85,8862	1	27	85,9594	1	25	86,0804
2	4	3	24	86,1930	2	25	86,0431	1	9	87,0402	1	24	86,1017
3	1	2	26	83,7485	2	13	85,2278	2	15	85,0144	2	15	84,8001
3	2	4	0	84,2112	2	16	84,7036	1	12	84,6368	5	16	84,7843
3	3	1	25	86,0808	1	26	86,0826	1	25	86,0364	1	25	86,0896
3	4	4	24	86,1301	1	25	86,0842	1	25	86,0820	1	25	86,0946
4	1	4	22	84,3869	2	2	85,1008	2	14	84,9110	2	10	84,9752
4	2	4	25	83,8853	3	0	84,7145	2	0	84,9435	3	0	85,1070
4	3	1	25	86,0813	1	25	86,1112	1	25	86,1020	1	23	85,9126
4	4	1	25	86,0851	1	25	86,1067	1	25	86,1149	2	24	86,0291

Fonte: do Autor.

Tabela 216: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Gaussiano para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	8	26	83,8201	6	24	84,2454	7	6	85,1048	19	16	85,5902
1	2	4	22	86,2396	1	22	86,1239	3	23	86,0926	2	23	86,1996
1	3	2	22	86,2544	1	25	86,1098	2	23	86,1012	2	22	86,2003
1	4	4	24	86,2444	1	23	86,1632	1	21	86,1099	2	21	86,2680
2	1	2	24	84,2239	1	13	85,0737	1	11	84,9783	11	1	85,7038
2	2	3	22	86,2100	2	19	86,1619	3	19	86,1870	2	22	86,0587
2	3	3	21	86,2259	2	19	86,1349	3	21	86,1631	2	21	86,1252
2	4	3	21	86,2311	1	23	86,1626	3	23	86,1229	1	19	86,0782
3	1	2	26	84,0937	2	13	85,0460	25	7	85,7033	14	6	85,2231
3	2	2	19	86,1576	2	19	86,1601	4	18	86,1590	2	19	86,1880
3	3	4	21	86,1810	2	21	86,1286	4	17	86,1554	3	25	86,3709
3	4	4	22	86,1689	3	25	86,1405	1	7	86,2408	1	21	86,1315
4	1	4	22	84,5447	12	4	85,3448	7	0	85,0208	15	0	85,7451
4	2	2	19	86,1551	4	15	86,0965	5	18	86,1202	3	20	86,1172
4	3	5	21	86,1448	4	17	86,0889	7	16	86,3102	3	18	86,1501
4	4	1	23	86,1594	1	21	86,1536	1	21	86,1579	4	17	86,2049

Fonte: do Autor.

Tabela 217: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Gaussiano para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	10	7	84,0251	29	4	85,1085	13	2	85,5762	19	15	84,8935
1	2	2	21	86,2484	1	23	86,1284	1	22	86,0907	3	25	86,1197
1	3	2	21	86,2343	1	24	86,1162	2	24	86,1389	2	24	86,2121
1	4	2	22	86,2807	1	22	86,1599	3	23	86,1678	2	23	86,2327
2	1	24	2	84,6123	1	13	84,7406	15	2	84,7638	16	0	85,1843
2	2	3	21	86,2151	2	16	86,1607	3	18	86,1855	1	22	86,1099
2	3	3	21	86,2412	1	25	86,1115	3	21	86,1472	2	27	86,5380
2	4	3	21	86,2198	6	18	86,2582	1	20	86,1428	3	24	86,1535
3	1	14	29	84,1287	30	6	85,3625	5	9	85,5802	13	13	85,1631
3	2	4	18	86,2136	3	18	86,1175	1	16	86,2580	9	23	86,2556
3	3	4	20	86,1957	2	18	86,1466	4	18	86,1658	4	14	86,2574
3	4	4	21	86,1805	3	24	86,0321	4	16	86,1464	1	24	86,1606
4	1	22	1	86,9516	3	9	85,2553	13	9	85,2563	24	0	85,4966
4	2	5	20	86,1351	3	18	86,1157	1	22	86,1264	2	19	86,0454
4	3	7	23	86,1967	4	17	86,0931	5	17	86,1197	1	24	86,1123
4	4	1	24	86,2036	2	15	86,5347	1	18	86,1457	4	17	86,3153

Fonte: do Autor.

Tabela 218: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Tukey para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	36	81,5635	2	30	81,0967	2	32	80,8920	2	37	80,6482
1	2	1	34	82,4403	1	36	82,2380	1	37	82,1525	1	37	82,1401
1	3	1	37	82,3461	1	37	82,2406	2	35	82,3988	1	36	82,2419
1	4	1	36	82,4234	1	37	82,4337	2	34	82,5275	1	37	82,3043
2	1	3	29	81,6856	1	26	76,8252	4	28	78,0247	4	30	77,5688
2	2	3	32	82,2992	1	26	81,9377	1	28	81,6235	1	24	81,5699
2	3	3	31	82,6597	2	34	82,2836	3	34	82,2128	2	37	82,1574
2	4	3	31	82,6532	3	32	82,3275	1	26	82,0378	2	36	82,1028
3	1	4	33	80,1046	1	20	76,2215	1	29	77,3411	1	27	77,4759
3	2	1	37	82,1937	1	29	81,4738	1	34	81,9861	1	36	82,0451
3	3	4	32	82,3866	2	27	82,1123	1	38	82,2096	1	36	82,1772
3	4	8	34	82,8937	1	31	82,2749	1	36	82,3430	1	36	82,6378
4	1	5	34	78,7457	1	25	77,0785	1	25	77,7388	9	42	76,5369
4	2	1	37	82,2644	1	28	81,6435	1	35	81,9112	1	27	81,7784
4	3	2	31	82,5726	1	28	81,8477	1	36	82,2861	1	28	82,0711
4	4	14	36	82,4340	1	24	82,2198	1	35	82,2438	1	27	82,2285

Fonte: do Autor.

Tabela 219: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Tukey para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	29	83,6886	1	29	83,7326	9	1	84,7840	#	9	84,7860
1	2	2	24	86,2207	2	26	85,5703	2	26	86,0382	2	26	86,0743
1	3	2	24	86,2642	1	25	86,1257	2	26	86,0934	2	25	86,1502
1	4	4	24	86,2555	1	25	86,1022	2	25	86,1149	2	24	86,1834
2	1	2	24	83,9071	1	13	84,9336	#	8	84,8799	#	6	84,5176
2	2	4	30	85,1384	1	12	84,8411	1	1	84,7582	1	12	84,8673
2	3	3	24	86,1721	1	20	85,8862	1	27	85,9594	1	25	86,0804
2	4	3	24	86,1930	2	25	86,0431	1	9	87,0402	1	24	86,1017
3	1	2	26	83,7485	2	13	85,2278	2	15	85,0144	2	15	84,8001
3	2	4	0	84,2112	2	16	84,7036	1	12	84,6368	5	16	84,7843
3	3	1	25	86,0808	1	26	86,0826	1	25	86,0364	1	25	86,0896
3	4	4	24	86,1301	1	25	86,0842	1	25	86,0820	1	25	86,0946
4	1	4	22	84,3869	2	2	85,1008	2	14	84,9110	2	10	84,9752
4	2	4	25	83,8853	3	0	84,7145	2	0	84,9435	3	0	85,1070
4	3	1	25	86,0813	1	25	86,1112	1	25	86,1020	1	23	85,9126
4	4	1	25	86,0851	1	25	86,1067	1	25	86,1149	2	24	86,0291

Fonte: do Autor.

Tabela 220: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Tukey para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	8	26	83,8201	6	24	84,2454	7	6	85,1048	19	16	85,5902
1	2	4	22	86,2396	1	22	86,1239	3	23	86,0926	2	23	86,1996
1	3	2	22	86,2544	1	25	86,1098	2	23	86,1012	2	22	86,2003
1	4	4	24	86,2444	1	23	86,1632	1	21	86,1099	2	21	86,2680
2	1	2	24	84,2239	1	13	85,0737	1	11	84,9783	11	1	85,7038
2	2	3	22	86,2100	2	19	86,1619	3	19	86,1870	2	22	86,0587
2	3	3	21	86,2259	2	19	86,1349	3	21	86,1631	2	21	86,1252
2	4	3	21	86,2311	1	23	86,1626	3	23	86,1229	1	19	86,0782
3	1	2	26	84,0937	2	13	85,0460	25	7	85,7033	14	6	85,2231
3	2	2	19	86,1576	2	19	86,1601	4	18	86,1590	2	19	86,1880
3	3	4	21	86,1810	2	21	86,1286	4	17	86,1554	3	25	86,3709
3	4	4	22	86,1689	3	25	86,1405	1	7	86,2408	1	21	86,1315
4	1	4	22	84,5447	12	4	85,3448	7	0	85,0208	15	0	85,7451
4	2	2	19	86,1551	4	15	86,0965	5	18	86,1202	3	20	86,1172
4	3	5	21	86,1448	4	17	86,0889	7	16	86,3102	3	18	86,1501
4	4	1	23	86,1594	1	21	86,1536	1	21	86,1579	4	17	86,2049

Fonte: do Autor.

Tabela 221: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Tukey para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	10	7	84,0251	29	4	85,1085	13	2	85,5762	19	15	84,8935
1	2	2	21	86,2484	1	23	86,1284	1	22	86,0907	3	25	86,1197
1	3	2	21	86,2343	1	24	86,1162	2	24	86,1389	2	24	86,2121
1	4	2	22	86,2807	1	22	86,1599	3	23	86,1678	2	23	86,2327
2	1	24	2	84,6123	1	13	84,7406	15	2	84,7638	16	0	85,1843
2	2	3	21	86,2151	2	16	86,1607	3	18	86,1855	1	22	86,1099
2	3	3	21	86,2412	1	25	86,1115	3	21	86,1472	2	27	86,5380
2	4	3	21	86,2198	6	18	86,2582	1	20	86,1428	3	24	86,1535
3	1	14	29	84,1287	30	6	85,3625	5	9	85,5802	13	13	85,1631
3	2	4	18	86,2136	3	18	86,1175	1	16	86,2580	9	23	86,2556
3	3	4	20	86,1957	2	18	86,1466	4	18	86,1658	4	14	86,2574
3	4	4	21	86,1805	3	24	86,0321	4	16	86,1464	1	24	86,1606
4	1	22	1	86,9516	3	9	85,2553	13	9	85,2563	24	0	85,4966
4	2	5	20	86,1351	3	18	86,1157	1	22	86,1264	2	19	86,0454
4	3	7	23	86,1967	4	17	86,0931	5	17	86,1197	1	24	86,1123
4	4	1	24	86,2036	2	15	86,5347	1	18	86,1457	4	17	86,3153

Fonte: do Autor.

Tabela 222: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	6	38	80,4677	1	27	78,5254	2	30	77,7237	1	27	77,8332
1	2	1	34	82,4403	1	36	82,2380	1	37	82,1525	1	37	82,1401
1	3	1	37	82,3461	1	37	82,2406	1	36	82,2455	1	36	82,2419
1	4	1	36	82,4234	1	37	82,4337	1	35	82,2920	1	37	82,3043
2	1	11	34	79,6742	1	26	76,8252	3	22	70,1582	1	24	75,7736
2	2	5	32	82,5230	1	26	81,9377	1	28	81,6235	1	24	81,5699
2	3	7	33	83,0961	3	29	82,2428	3	32	82,3421	2	37	82,0189
2	4	8	31	83,3569	3	29	82,4745	3	32	82,7416	2	36	82,2893
3	1	15	32	77,9271	4	28	48,4909	1	29	77,3411	1	27	77,4759
3	2	1	37	82,1937	1	29	81,4738	1	34	81,9861	1	36	82,0451
3	3	1	36	82,2950	1	32	81,7752	1	38	82,2096	1	36	82,1772
3	4	3	34	84,8850	1	31	82,2749	1	36	82,3430	1	36	82,6378
4	1	1	27	77,8645	1	25	77,0785	25	29	79,0933	1	25	74,5147
4	2	1	37	82,2644	1	28	81,6435	1	35	81,9112	1	27	81,7784
4	3	2	36	82,3375	1	28	81,8477	1	36	82,2861	2	33	82,2164
4	4	3	33	83,5743	1	27	82,0596	1	35	82,2438	1	27	82,2285

Fonte: do Autor.

Tabela 223: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	1	84,3215	12	1	84,0459	12	1	84,0733	20	1	83,7550
1	2	2	24	86,0899	13	1	83,9795	13	1	83,9941	20	1	83,7236
1	3	2	24	86,2657	1	25	86,1257	2	25	86,1487	1	25	86,0818
1	4	3	22	86,2979	1	25	86,1022	2	24	86,1548	1	25	86,0842
2	1	2	23	84,1737	1	13	84,9336	1	2	84,5848	1	19	84,4206
2	2	2	30	83,5570	1	12	84,8411	1	1	84,7583	1	12	84,8681
2	3	3	23	86,1256	1	21	85,9031	1	27	85,9594	1	25	86,0905
2	4	3	24	86,2133	2	25	86,0431	1	9	86,9918	1	24	86,1017
3	1	3	23	84,5821	2	13	85,2567	2	14	84,9639	2	13	85,2176
3	2	3	17	83,7442	2	12	84,8114	1	1	85,0883	2	12	84,8838
3	3	1	25	86,0808	1	26	86,0826	1	25	86,0364	1	25	86,0896
3	4	4	24	86,1181	1	25	86,0842	1	25	86,0820	1	25	86,0946
4	1	4	16	84,6062	2	5	85,3210	3	11	85,2296	3	7	85,3196
4	2	4	23	84,2093	3	14	85,0159	3	9	84,8268	2	12	85,0341
4	3	1	25	86,0813	1	25	86,1112	1	25	86,1020	1	23	85,9126
4	4	1	25	86,0851	1	25	86,1067	1	25	86,1149	2	25	86,0597

Fonte: do Autor.

Tabela 224: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	12	28	83,6108	2	12	84,7728	25	5	84,9946	30	2	85,0873
1	2	3	20	86,2647	1	22	86,1239	4	21	86,1548	5	22	86,1607
1	3	3	10	86,8356	1	25	86,1098	2	25	86,1406	1	25	86,0941
1	4	4	24	86,2471	1	20	86,0937	10	29	86,2565	5	24	86,1717
2	1	2	6	84,9141	8	1	85,5334	1	11	84,9785	2	24	84,5274
2	2	3	21	86,2183	2	12	85,9810	3	20	86,1604	2	18	86,1614
2	3	5	17	86,1869	2	19	86,1364	2	19	86,1290	2	19	86,1306
2	4	3	20	86,2179	1	23	86,1629	2	10	86,2203	1	19	86,0782
3	1	2	18	84,7570	2	10	85,6164	1	4	85,0558	7	20	84,9984
3	2	4	19	86,2280	3	18	86,1921	4	18	86,1279	7	18	86,1781
3	3	4	19	86,1766	2	20	86,1252	4	19	86,1437	2	20	86,1309
3	4	4	22	86,1750	3	21	86,0803	1	25	86,0702	1	21	86,1327
4	1	2	8	84,8713	4	12	85,2530	3	11	84,8574	3	1	85,1461
4	2	2	18	86,1666	4	11	86,1076	1	23	86,1577	4	11	86,1450
4	3	2	22	86,1050	5	3	86,0749	4	8	86,2979	2	19	86,1355
4	4	1	23	86,1594	1	19	86,0916	1	21	86,1593	1	21	86,1585

Fonte: do Autor.

Tabela 225: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Dolph-Chebyshev para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	Fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	23	2	85,1042	1	25	85,0760	16	17	84,9074	22	1	84,3114
1	2	3	19	86,2904	1	23	86,1314	2	23	86,1794	1	19	86,0911
1	3	7	20	86,4298	1	24	86,1162	2	23	86,1768	1	23	86,1056
1	4	2	21	86,2787	1	22	86,1602	2	23	86,1695	1	24	86,1546
2	1	12	27	85,0388	1	17	84,9858	2	9	85,0851	7	22	85,3759
2	2	14	3	86,2819	2	6	86,3037	3	24	86,0944	1	22	86,1099
2	3	3	20	86,2319	2	16	86,1539	3	22	86,1429	1	25	86,1006
2	4	4	23	86,2114	1	26	86,0947	3	19	86,1330	1	20	86,1220
3	1	30	2	85,1017	2	13	85,1920	2	25	84,9395	2	8	85,3505
3	2	4	20	86,1808	3	20	86,0452	1	16	86,2578	1	22	86,1217
3	3	5	18	86,3156	3	19	86,0250	2	7	86,3977	1	25	86,1128
3	4	4	21	86,1785	2	25	86,0568	4	20	86,1197	1	24	86,1617
4	1	20	24	85,3718	18	1	85,0324	23	16	85,2225	25	3	85,5951
4	2	2	6	86,2556	1	26	86,0677	1	22	86,1264	6	12	86,1403
4	3	2	16	86,1547	1	25	86,0839	2	23	86,0587	1	24	86,1109
4	4	7	20	86,3357	2	24	86,2932	1	20	86,1206	2	24	86,0990

Fonte: do Autor.

Tabela 226: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.

nd		1	2	3		4		3			4						
nb\nc		N	nk	fit		N	nk	Fit		N	nk	fit		N	nk	fit	
1	1	1	34	82,3474		1	37	80,9393		1	33	81,0813		1	37	80,7574	
1	2	1	34	82,3474		1	37	80,9393		1	33	81,0813		1	37	80,7574	
1	3	1	34	82,3474		1	37	80,9393		1	33	81,0813		1	37	80,7574	
1	4	1	34	82,3474		1	37	80,9393		1	33	81,0813		1	37	80,7574	
2	1	1	35	82,3825		1	37	81,0115		1	27	79,6447		1	26	79,3557	
2	2	1	35	82,3825		1	37	81,0115		1	27	79,6447		1	26	79,3557	
2	3	1	35	82,3825		1	37	81,0115		1	27	79,6447		1	26	79,3557	
2	4	1	35	82,3825		1	37	81,0115		1	27	79,6447		1	26	79,3557	
3	1	1	29	81,6502		1	33	80,8586		1	25	79,8091		1	31	80,8243	
3	2	1	29	81,6502		1	33	80,8586		1	25	79,8091		1	31	80,8243	
3	3	1	29	81,6502		1	33	80,8586		1	25	79,8091		1	31	80,8243	
3	4	1	29	81,6502		1	33	80,8586		1	25	79,8091		1	31	80,8243	
4	1	1	30	81,3827		1	27	80,8407		1	30	80,5792		1	37	81,3320	
4	2	1	30	81,3827		1	27	80,8407		1	30	80,5792		1	37	81,3320	
4	3	1	30	81,3827		1	27	80,8407		1	30	80,5792		1	37	81,3320	
4	4	1	30	81,3827		1	27	80,8407		1	30	80,5792		1	37	81,3320	

Fonte: do Autor.

Tabela 227: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	12	9	84,4819	4	13	85,3066	4	4	84,7613	4	2	85,2892
1	2	1	27	85,9922	8	4	86,0720	1	18	85,6903	3	2	85,9711
1	3	1	26	86,0106	1	25	86,1085	1	25	86,1369	1	25	86,1211
1	4	1	25	86,0150	8	15	86,2534	1	25	86,1368	11	3	86,2571
2	1	8	2	85,3294	4	13	85,4169	3	4	85,3954	2	15	84,9554
2	2	1	24	86,2062	1	28	85,9981	28	10	85,4785	1	28	85,6865
2	3	2	24	86,4496	1	25	86,1376	2	23	86,2317	1	23	86,1002
2	4	1	24	86,2163	8	14	86,3832	2	18	86,5686	2	18	86,0265
3	1	2	12	85,4175	2	12	85,4856	2	1	85,4994	2	11	85,1897
3	2	1	27	85,9444	2	5	85,5771	6	6	85,6219	12	4	85,8911
3	3	2	24	86,3614	1	25	86,1231	1	24	86,2712	1	25	86,1387
3	4	2	25	86,3241	1	25	86,1227	1	23	86,0761	1	23	85,9558
4	1	8	16	84,7216	1	12	84,4306	2	13	84,9307	1	6	85,0087
4	2	1	24	86,1472	16	25	86,4808	1	30	85,5235	4	3	85,5385
4	3	2	25	86,5107	1	25	86,1270	1	25	86,1467	1	25	86,1521
4	4	2	26	86,3134	1	25	86,1312	1	24	86,1455	1	24	86,1250

Fonte: do Autor.

Tabela 228: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	4	5	84,1791	5	26	85,1913	16	3	85,6501	13	3	85,4134
1	2	12	19	86,3336	10	11	86,2209	1	4	86,5697	1	23	86,1554
1	3	1	23	86,0661	1	26	86,1319	1	22	86,1778	4	5	86,7674
1	4	5	30	86,6344	1	25	86,1557	6	20	86,6164	1	25	86,1247
2	1	16	19	84,1271	20	4	85,3797	1	10	84,7966	1	9	84,7655
2	2	1	23	86,2261	1	21	86,1761	3	5	86,4654	2	7	86,7284
2	3	1	25	86,2101	4	8	86,2430	14	14	86,7800	1	22	86,1916
2	4	2	24	86,2479	2	19	86,4073	8	20	86,6030	4	7	86,0837
3	1	8	24	84,8449	4	7	84,4982	2	4	85,2105	2	6	84,8086
3	2	1	25	86,0325	1	23	86,1867	1	28	85,9746	2	5	85,9241
3	3	2	24	86,4360	4	5	86,2461	10	10	86,3979	5	5	86,4630
3	4	2	24	86,3337	1	24	86,1802	2	24	86,5413	1	22	86,1998
4	1	18	14	84,4554	2	6	84,7975	3	19	85,0604	3	16	84,8468
4	2	1	23	86,2222	1	26	86,1253	2	5	86,7021	1	24	85,9091
4	3	2	24	86,4018	2	20	86,3064	16	3	86,3462	1	27	86,0708
4	4	9	11	86,5601	8	14	86,3908	2	19	86,3500	1	21	85,9731

Fonte: do Autor.

Tabela 229: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev Tipo I para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	3	1	84,9612	6	3	84,9252	1	26	83,9911	8	1	85,8616
1	2	1	25	86,0394	1	23	86,1402	1	23	86,1692	1	23	86,1562
1	3	2	4	86,1779	1	23	86,2441	1	26	86,1400	1	25	86,2233
1	4	3	17	86,1838	4	16	86,2031	3	18	86,7938	2	3	86,2823
2	1	18	7	84,3928	2	11	85,3641	2	8	85,6613	4	2	85,4632
2	2	1	23	86,2372	1	16	86,1706	2	15	86,5566	1	28	85,9661
2	3	1	20	86,2099	1	23	86,3645	4	22	86,4712	1	24	86,1118
2	4	1	24	86,2149	2	20	86,2692	2	27	86,1976	4	22	86,1269
3	1	2	16	85,3442	2	24	84,6701	8	7	85,7411	4	5	85,5012
3	2	1	25	86,0327	1	23	86,1586	1	19	86,0082	1	19	85,9304
3	3	1	25	86,0525	1	23	86,1647	1	28	86,0487	1	21	85,9779
3	4	2	26	86,1882	2	27	86,2991	2	15	86,0874	2	21	86,2836
4	1	2	17	84,7147	2	9	85,7883	2	9	85,6384	1	6	84,5976
4	2	1	23	86,2145	14	11	86,2683	2	0	86,1008	1	19	85,9289
4	3	2	28	86,2557	8	15	86,1362	19	1	86,4711	1	27	86,0737
4	4	2	25	86,2054	1	15	86,2107	1	24	86,1233	1	26	86,1086

Fonte: do Autor.

Tabela 230: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	54	35	82,9022	56	37	82,1101	46	37	82,0702	35	36	82,1746
1	2	54	35	82,9022	56	37	82,1101	46	37	82,0702	37	37	82,3043
1	3	54	35	82,9022	56	37	82,1101	46	37	82,0702	36	35	82,3847
1	4	54	35	82,9022	56	37	82,1101	46	37	82,0702	39	35	82,5537
2	1	55	38	82,0886	47	36	82,2666	65	34	82,1445	44	36	82,1427
2	2	55	38	82,0886	47	36	82,2666	65	34	82,1445	36	36	82,3831
2	3	55	38	82,0886	47	36	82,2666	65	34	82,1445	26	35	82,6286
2	4	55	38	82,0886	47	36	82,2666	65	34	82,1445	26	34	82,7661
3	1	62	38	82,1337	65	36	82,2354	53	32	82,1815	43	33	82,1981
3	2	62	38	82,1337	65	36	82,2354	53	32	82,1815	31	33	82,4977
3	3	62	38	82,1337	65	36	82,2354	53	32	82,1815	28	33	82,6171
3	4	62	38	82,1337	65	36	82,2354	53	32	82,1815	44	33	82,7927
4	1	47	38	82,0969	51	37	82,0949	53	34	82,3494	30	36	83,4996
4	2	47	38	82,0969	51	37	82,0949	53	34	82,3494	43	27	82,3829
4	3	47	38	82,0969	51	37	82,0949	53	34	82,3494	38	27	82,3653
4	4	47	38	82,0969	51	37	82,0949	53	34	82,3494	45	25	82,5527

Fonte: do Autor.

Tabela 231: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	25	26	84,0258	1	27	83,6684	16	26	84,7178	28	2	85,1829
1	2	3	26	86,0458	25	25	85,8532	5	26	86,0197	12	25	86,1952
1	3	3	25	86,1491	1	26	85,9556	1	25	86,1023	30	25	86,2234
1	4	3	25	86,0928	1	26	85,9697	1	25	86,1068	18	25	86,2372
2	1	35	6	84,8931	1	27	83,4320	6	23	84,9517	31	6	85,1818
2	2	4	26	86,0665	13	25	86,2119	4	22	86,4124	14	18	86,1598
2	3	7	24	86,1676	12	24	86,2325	30	25	86,1957	14	25	86,1590
2	4	4	24	86,1616	26	24	86,2192	18	25	86,1811	18	25	86,1588
3	1	12	6	84,9354	1	29	83,8330	1	13	84,9740	1	13	85,4193
3	2	23	22	86,0975	2	25	86,1842	5	24	86,1797	26	30	86,2478
3	3	24	18	86,2435	2	25	86,1823	5	23	86,1886	4	25	86,1412
3	4	5	26	86,2130	2	24	86,1923	2	25	86,1981	27	23	86,1560
4	1	26	10	85,5019	1	27	83,8290	26	12	84,9974	24	10	84,9713
4	2	10	24	86,1011	5	26	86,0746	26	23	86,0540	21	26	86,1485
4	3	27	25	86,1411	3	25	86,1257	13	19	86,6843	13	19	86,2383
4	4	4	25	86,1526	3	25	86,1239	25	24	86,1451	35	23	86,2272

Fonte: do Autor.

Tabela 232: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	12	28	83,9804	5	18	84,2199	21	23	85,2743	6	28	83,9050
1	2	1	21	86,0582	1	22	86,1053	29	23	86,2130	3	24	86,1397
1	3	5	20	86,0609	5	24	86,1302	19	7	86,5594	18	23	86,1423
1	4	1	26	86,0130	1	23	86,1742	28	24	86,2873	1	23	86,1647
2	1	21	28	83,7282	4	4	85,0972	12	18	85,2286	30	18	85,1870
2	2	19	23	86,2279	16	12	86,5567	29	23	86,1807	4	23	86,1900
2	3	30	23	86,2868	22	23	86,2499	14	23	86,2191	28	22	86,1879
2	4	2	24	86,3552	2	23	86,6749	20	3	86,5943	13	26	86,2184
3	1	14	28	83,7698	1	4	85,1548	13	6	85,3699	9	0	85,0081
3	2	2	24	86,1965	10	23	86,2014	4	20	86,1844	7	28	86,3398
3	3	2	25	86,1860	2	23	86,2184	23	4	86,5847	2	22	86,1708
3	4	2	24	86,2453	12	18	86,4746	5	24	86,1943	18	24	86,2335
4	1	28	28	83,8913	11	6	85,4672	19	12	85,0777	10	2	84,9804
4	2	5	23	86,1256	9	22	86,2542	3	23	86,2272	6	18	86,1934
4	3	3	24	86,1807	13	25	86,2399	18	21	86,3034	18	23	86,1999
4	4	18	20	86,2513	7	24	86,3418	15	20	86,2463	11	18	86,7490

Fonte: do Autor.

Tabela 233: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Chebyshev Tipo II para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	17	26	84,7826	24	13	84,7672	11	0	86,2252	21	1	85,9825
1	2	1	24	85,9893	32	23	86,1523	26	23	86,2738	21	23	86,1345
1	3	1	25	86,0010	8	24	86,2115	19	23	86,4338	7	26	86,1565
1	4	1	25	86,0307	1	22	86,1478	27	22	86,4481	15	25	86,1688
2	1	4	26	83,6811	25	24	85,2271	35	6	85,5085	6	19	84,8454
2	2	7	23	86,2820	12	0	86,5180	11	23	86,1842	4	16	86,2140
2	3	17	24	86,2485	21	24	86,2370	3	24	86,1992	32	25	86,2025
2	4	32	25	86,3253	15	24	86,2606	16	25	86,2536	28	25	86,1607
3	1	23	24	85,1974	1	1	86,1948	21	0	85,5896	1	13	85,1989
3	2	2	23	86,2116	2	22	86,2395	3	0	86,7280	6	24	86,1421
3	3	2	23	86,1944	2	25	86,1890	18	19	86,2274	15	23	86,1623
3	4	4	23	86,1978	2	24	86,2232	1	10	86,3710	7	25	86,1665
4	1	27	0	84,2278	16	13	85,4167	21	0	85,6951	13	13	85,2370
4	2	28	24	86,2636	26	24	86,2243	3	23	86,2146	21	24	86,1694
4	3	19	24	86,2310	13	23	86,4839	20	18	86,4053	22	25	86,1541
4	4	3	23	86,1914	29	18	86,2901	5	25	86,2342	3	26	86,2111

Fonte: do Autor.

Tabela 234: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro Elíptico para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	Fit
1	1	1	32	82,5544	2	30	82,2560	2	30	81,9031	2	29	82,0888
1	2	1	32	82,6460	5	33	83,4352	3	34	82,3637	2	29	82,4802
1	3	1	32	82,7215	6	30	83,5698	5	38	82,6050	10	31	83,2746
1	4	1	34	82,7596	6	29	83,6883	5	38	82,7305	18	35	82,7393
2	1	2	26	82,6287	2	29	82,3425	1	29	80,7238	1	24	80,2807
2	2	5	39	82,9717	8	33	83,3072	3	31	82,6544	17	38	81,9605
2	3	2	28	82,9482	4	30	83,5398	3	33	82,8645	7	30	83,4285
2	4	2	27	83,3057	6	29	83,7729	3	32	82,8938	16	28	83,8125
3	1	1	34	82,0693	1	37	80,9089	1	26	80,1211	1	31	80,9320
3	2	10	34	83,5508	8	30	83,4453	10	32	82,9372	14	34	83,8799
3	3	5	37	84,9569	14	26	83,8846	5	39	82,6289	12	26	82,6100
3	4	8	32	84,5846	6	30	84,1242	5	38	82,9025	7	35	83,0787
4	1	1	37	81,7004	1	29	81,2921	1	29	81,1522	1	30	81,4685
4	2	18	37	84,1047	33	39	84,2948	10	39	83,2811	7	39	83,3906
4	3	4	32	84,4466	16	32	85,2246	1	36	82,3445	14	29	82,6679
4	4	4	34	84,8636	16	35	85,1669	3	37	82,2336	8	31	83,6440

Fonte: do Autor.

Tabela 235: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro Elíptico para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	Fit
1	1	12	7	85,5721	6	1	85,5683	14	4	85,0069	8	0	85,9025
1	2	2	23	86,4923	2	22	86,6115	2	23	86,5197	2	23	86,4605
1	3	2	22	86,6250	2	22	86,6217	2	22	86,6607	2	20	86,6636
1	4	2	21	86,6660	2	20	86,6772	4	20	86,7103	2	21	86,6760
2	1	6	5	85,5879	6	0	85,9184	2	6	85,6124	4	2	85,9678
2	2	2	15	86,4123	2	21	86,3600	20	3	85,0624	8	0	85,8180
2	3	2	22	86,5945	2	16	86,5947	2	18	86,3606	1	23	86,0852
2	4	2	21	86,6348	2	14	86,6439	4	20	86,6784	2	18	86,7003
3	1	4	0	85,9948	6	4	86,1362	4	1	86,0798	4	4	85,7886
3	2	1	27	85,9301	2	24	86,1065	8	2	85,9352	6	0	85,9716
3	3	2	20	86,6079	2	18	86,6904	2	23	86,4778	1	25	86,1271
3	4	2	19	86,7552	2	18	86,7591	2	21	86,6580	2	18	86,7239
4	1	4	0	85,8602	4	4	86,0299	4	4	85,8223	4	0	86,0683
4	2	1	24	86,1354	6	0	86,1550	6	3	85,9445	1	27	85,6710
4	3	2	20	86,6234	2	18	86,7247	2	15	86,6038	1	25	86,1524
4	4	2	18	86,7628	10	21	86,7716	2	19	86,7035	2	21	86,6837

Fonte: do Autor.

Tabela 236: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro Elíptico para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	16	5	85,3342	6	4	85,2934	28	7	85,7337	22	4	85,5963
1	2	2	9	86,7640	4	6	86,8388	6	10	86,8144	2	19	86,7638
1	3	2	18	86,8060	4	6	86,7993	2	18	86,7967	2	12	86,8382
1	4	2	12	86,8322	4	11	86,8122	2	12	86,8329	4	1	86,7988
2	1	2	1	85,0020	2	4	85,6025	3	2	85,2531	14	3	85,2952
2	2	6	2	86,8229	4	8	86,8096	2	13	86,8601	2	13	86,8478
2	3	2	6	86,8238	2	9	86,8133	2	13	86,8379	2	8	86,8130
2	4	2	12	86,8246	2	11	86,8262	2	3	86,7988	6	6	86,7791
3	1	4	8	85,4282	4	1	85,7276	22	7	85,6597	2	5	85,5815
3	2	2	12	86,8104	2	17	86,7962	2	5	86,9274	2	9	86,8699
3	3	2	13	86,8344	6	3	86,8171	2	13	86,8412	24	13	86,8752
3	4	2	12	86,8399	14	8	86,8741	16	9	87,1515	2	1	86,8176
4	1	4	5	85,5111	4	1	85,6899	6	6	85,4688	2	5	85,6269
4	2	2	12	86,8076	4	8	86,8540	2	9	86,8420	2	9	86,8594
4	3	2	13	86,8333	4	2	86,9163	4	3	86,9355	2	4	86,8420
4	4	6	3	86,9976	8	7	86,9478	8	4	87,1496	2	4	86,8299

Fonte: do Autor.

Tabela 237: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro Elíptico para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	Fit
1	1	20	10	85,4826	6	1	85,5621	10	0	85,4904	8	3	85,8333
1	2	2	9	86,8415	4	6	86,7972	2	9	86,7522	2	16	86,8191
1	3	2	0	86,8111	4	0	86,7992	2	2	86,7636	4	7	86,7805
1	4	2	1	86,7801	4	6	86,7980	4	15	86,8237	4	6	86,7999
2	1	2	0	85,1507	6	2	85,9014	8	2	85,8518	6	1	85,9755
2	2	2	8	86,8074	2	18	86,8434	4	8	86,8161	2	8	86,8562
2	3	2	2	86,8051	2	12	86,8227	4	12	86,8184	2	8	86,8392
2	4	2	16	86,8167	2	12	86,8152	2	8	86,7571	2	2	86,8793
3	1	4	1	86,0148	6	0	86,1378	8	5	85,7081	4	1	86,0161
3	2	2	12	86,8055	2	10	86,9093	2	10	86,8055	2	12	86,9302
3	3	2	12	86,8536	2	9	86,8763	4	5	86,8679	2	15	86,8335
3	4	2	12	86,8476	2	8	86,9094	2	12	86,8202	2	2	86,8646
4	1	4	0	85,9421	4	1	86,1696	6	2	85,6510	2	4	85,7515
4	2	4	6	86,8542	4	1	86,9339	4	8	86,8060	2	12	86,8259
4	3	2	13	86,9061	4	0	86,9466	2	13	86,8045	4	7	86,7970
4	4	6	6	86,8492	4	4	86,9334	2	12	86,8575	4	6	86,8227

Fonte: do Autor.

Tabela 238: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro de Butterworth para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	Fit
1	1	1	38	78,4700	5	49	6,3811	9	23	6,9118	3	23	6,8460
1	2	1	40	81,4715	1	30	71,7340	1	22	69,9128	2	32	77,9401
1	3	1	41	82,0975	3	49	77,1704	1	29	76,0007	1	29	76,2905
1	4	1	42	81,8163	1	30	77,7631	1	28	77,6061	1	30	78,1352
2	1	1	30	75,6784	1	30	5,8141	6	31	7,8654	6	37	23,6133
2	2	1	28	82,0003	1	22	70,2416	1	22	54,0711	5	35	77,1603
2	3	1	28	82,1663	2	41	78,3106	1	29	76,0497	1	21	69,3747
2	4	1	28	82,1864	1	28	77,7755	1	28	77,6177	1	30	76,4734
3	1	1	29	69,7341	1	44	5,7323	7	42	7,3540	7	25	68,7905
3	2	2	41	81,8361	1	22	69,8866	1	22	70,5726	2	26	79,5980
3	3	2	39	81,9316	6	50	77,0206	1	29	76,3200	2	49	77,4916
3	4	2	44	81,8109	1	30	77,5459	3	45	77,9481	2	44	80,3023
4	1	1	30	62,9602	1	22	6,5419	7	34	6,7397	3	32	10,2513
4	2	1	40	78,7671	1	22	70,1303	1	22	52,8185	2	26	79,9696
4	3	1	40	80,5713	1	29	76,0912	1	21	68,9835	1	21	69,5956
4	4	2	43	82,1072	1	30	77,5547	3	47	79,3670	2	24	80,1538

Fonte: do Autor.

Tabela 239: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro de Butterworth para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	1	20	82,7722	1	24	83,8976	1	20	84,1991	1	23	83,8108
1	2	1	27	81,9998	2	23	83,8170	3	20	84,1478	2	21	84,2305
1	3	1	30	84,8729	2	27	83,5722	4	24	83,6411	2	23	83,7228
1	4	1	30	84,4636	2	23	83,9449	1	29	83,2559	2	24	83,6859
2	1	2	25	84,5951	1	24	83,9667	1	24	83,9222	1	23	84,1622
2	2	1	32	83,7845	2	23	84,4526	1	20	83,8747	2	20	84,3939
2	3	1	29	85,4270	2	22	84,4321	1	22	83,9254	2	24	83,7567
2	4	1	26	85,9327	2	21	84,1941	1	22	84,0570	3	21	83,8187
3	1	2	22	83,9528	1	21	84,0832	1	23	83,9430	1	22	83,8188
3	2	2	31	83,3041	2	20	84,1131	2	21	82,8968	2	21	83,9063
3	3	1	30	83,7405	2	22	84,1013	1	30	83,0280	2	24	84,2514
3	4	1	28	85,6546	2	21	83,7723	3	20	83,8818	2	22	83,6228
4	1	2	20	84,2516	1	23	84,2415	1	21	84,0963	1	20	84,0759
4	2	2	21	82,7981	2	22	84,0228	2	22	83,3129	2	21	84,2762
4	3	2	21	83,1141	2	21	83,9230	2	27	83,3538	2	20	83,7702
4	4	1	30	85,1977	3	25	84,1754	1	29	83,5291	2	23	83,6786

Fonte: do Autor.

Tabela 240: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro de Butterworth para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit	N	nk	fit
1	1	2	20	83,8205	3	27	84,0766	1	27	82,7944	1	25	82,6397
1	2	1	22	85,8706	1	22	85,2752	1	24	84,6657	1	22	85,2538
1	3	3	21	85,3550	1	21	85,7283	1	20	85,6942	1	21	85,7011
1	4	1	20	85,9102	1	22	85,7465	1	22	85,6991	1	20	85,7015
2	1	2	30	84,0160	1	29	82,8380	1	32	82,8592	1	20	84,1089
2	2	1	20	85,9252	1	22	85,2429	1	22	84,9606	1	20	85,5651
2	3	1	22	85,9805	1	21	85,6880	1	24	85,6375	1	20	85,7088
2	4	1	20	85,9856	1	20	85,6911	1	22	85,7055	1	25	85,5611
3	1	2	26	84,0447	1	30	82,7684	1	32	82,9892	1	20	83,9066
3	2	1	20	85,7942	1	22	85,3112	1	22	85,3193	1	22	85,2747
3	3	1	23	86,0491	1	21	85,7045	1	20	85,7085	1	21	85,7351
3	4	1	20	85,9655	1	22	85,7114	1	20	85,7047	1	22	85,7241
4	1	2	20	83,6846	1	30	83,0022	1	20	83,9622	1	32	82,8095
4	2	1	20	85,6414	1	22	85,3031	1	25	84,4159	2	24	83,8771
4	3	1	22	85,9463	1	20	85,7138	1	21	85,6807	1	20	85,6915
4	4	1	22	85,9554	1	22	85,7228	1	25	85,5300	1	20	85,6847

Fonte: do Autor.

Tabela 241: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro de Butterworth para a malha de nível.

nd		1	2	3		4	nd	1		2	3	4		nd	1	2
nb nc		N	nk	fit		N	nb nc	N		nk	fit	N		nb nc	N	Nk
1	1	2	21	83,9762		7	23	84,4957		3	20	83,6972		2	22	83,7277
1	2	1	23	86,0959		1	20	85,7341		1	22	85,6701		1	22	85,6842
1	3	2	25	84,7977		1	23	86,0249		1	21	85,6884		1	21	85,7139
1	4	1	20	86,0535		1	22	85,7368		1	21	85,6839		1	20	86,1091
2	1	1	30	83,6390		6	21	84,4086		1	22	83,7812		2	22	84,1404
2	2	1	20	85,9855		1	22	85,6702		1	22	85,6780		1	26	85,3954
2	3	1	21	85,9754		1	21	85,6895		1	22	85,6965		1	25	85,5555
2	4	1	20	85,9895		1	20	85,6981		1	22	85,6987		1	21	85,7055
3	1	2	21	84,0720		1	29	83,4454		1	29	83,3526		1	25	83,6849
3	2	1	22	85,9037		1	20	85,7095		1	22	85,6870		1	22	85,6943
3	3	1	26	86,1593		1	21	85,7045		1	21	85,7082		1	21	85,7305
3	4	1	20	85,9843		1	20	85,7008		1	20	85,7065		1	20	85,7117
4	1	3	24	84,5695		1	31	83,4726		1	29	83,3838		1	29	83,2616
4	2	1	22	85,8888		1	20	85,7120		1	24	84,0071		1	20	85,6906
4	3	1	21	85,9411		1	22	85,7126		1	21	85,4517		1	21	85,6839
4	4	1	22	85,9435		1	21	85,7322		1	20	85,5088		1	21	85,6874

Fonte: do Autor.

Tabela 242: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de nível.

nd	1				2				3				4			
nb nc	L	nk	fit		L	nk	fit		L	nk	fit		L	nk	fit	
1	1	7	36	84,4516	7	36	84,5112		4	31	84,5825		5	34	84,7168	
1	2	7	35	84,4585	4	29	84,9589		7	34	84,4928		7	36	84,8077	
1	3	7	34	84,4645	4	30	84,9351		7	36	84,4975		4	30	84,5941	
1	4	7	33	84,4694	7	36	84,5931		7	35	84,5037		7	34	84,4868	
2	1	7	36	84,4555	7	37	85,2164		5	25	84,8300		5	25	84,8541	
2	2	7	35	84,4623	7	35	84,5579		7	29	84,6025		7	35	84,4543	
2	3	7	34	84,4680	7	37	84,4750		7	29	84,5652		7	33	84,4332	
2	4	7	33	84,4728	7	35	84,4564		7	38	84,6352		7	38	84,4882	
3	1	7	36	84,4591	7	31	84,6496		7	36	84,4852		7	32	84,5434	
3	2	7	35	84,4656	7	35	84,5906		5	26	84,7097		7	30	84,7115	
3	3	7	35	84,4609	5	29	84,8940		7	33	84,5590		7	32	84,5722	
3	4	7	34	84,4689	7	38	84,7027		7	36	84,6108		7	25	84,5411	
4	1	7	36	84,4620	7	36	84,5310		7	32	84,5333		7	38	84,7293	
4	2	7	36	84,4548	7	35	84,5329		7	25	84,8000		7	36	84,6355	
4	3	7	35	84,4637	7	30	84,7803		6	30	85,0198		7	36	84,4331	
4	4	7	34	84,4717	7	35	84,6709		7	37	84,8033		7	34	84,4743	

Fonte: do Autor.

Tabela 243: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit
1	1	7	0	85,5834	7	0	85,6669	7	9	85,1946	7	7	85,3982
1	2	7	16	86,4276	7	9	86,5159	7	9	86,5290	7	9	86,5390
1	3	7	12	86,4290	7	7	86,4725	7	9	86,4967	7	9	86,5875
1	4	7	12	86,4332	7	15	86,5003	4	9	86,5386	7	9	86,6077
2	1	7	0	85,5853	7	9	85,2228	7	9	85,2648	6	29	85,9218
2	2	7	12	86,4300	7	9	86,5105	7	22	86,6660	7	9	86,5421
2	3	7	12	86,4339	7	9	86,5313	7	5	86,6360	7	1	86,6100
2	4	7	12	86,4380	7	13	86,5184	7	7	86,5602	7	0	86,5972
3	1	7	0	85,5884	7	0	85,7192	7	3	85,5901	7	11	85,2587
3	2	7	12	86,4329	7	10	86,4898	7	18	86,5551	7	6	86,5312
3	3	7	12	86,4387	7	9	86,5766	7	5	86,5486	7	9	86,5191
3	4	7	15	86,4505	7	9	86,5118	7	15	86,5670	7	9	86,4850
4	1	7	0	85,5930	7	0	85,7442	7	7	85,3856	7	1	85,6699
4	2	7	13	86,4388	7	12	86,5261	6	25	86,6600	7	12	86,4572
4	3	7	12	86,4422	7	9	86,5550	7	8	86,6555	6	17	86,5315
4	4	7	15	86,4628	7	9	86,5188	7	6	86,4368	7	23	86,5976

Fonte: do Autor.

Tabela 244: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb	nc	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	fit
1	1	7	7	85,3482	7	1	85,7676	7	3	85,6636	7	1	85,7465
1	2	7	14	86,5374	7	19	86,5679	7	8	86,5416	7	1	86,5961
1	3	7	5	86,5196	7	0	86,8611	7	17	86,6435	7	17	86,5684
1	4	7	6	86,4898	7	16	86,6524	7	24	86,6409	6	1	86,6700
2	1	7	9	85,2451	7	1	85,7218	3	13	85,2115	4	18	85,3991
2	2	7	14	86,5280	7	2	87,0327	6	16	86,7433	7	18	86,5391
2	3	7	8	86,5199	5	29	87,0322	7	10	86,5655	7	11	86,9253
2	4	7	6	86,4988	7	10	86,6242	7	14	86,6579	7	4	86,5531
3	1	7	2	85,5610	7	1	85,8595	6	7	85,8633	6	7	85,5037
3	2	7	14	86,5113	7	0	86,5226	7	12	86,8917	7	12	86,5873
3	3	7	8	86,5255	3	19	86,9679	7	10	86,5990	7	21	86,5369
3	4	7	12	86,5092	5	1	87,1331	7	23	86,3978	7	20	86,8510
4	1	7	9	85,2560	7	10	85,6529	5	20	85,4603	7	0	85,9841
4	2	7	12	86,5474	7	10	86,6085	7	17	86,7739	6	26	87,0215
4	3	7	18	86,7718	7	1	86,7618	7	19	86,5095	7	16	86,7624
4	4	7	7	86,5200	7	8	86,4900	7	10	86,5925	7	14	86,5515

Fonte: do Autor.

Tabela 245: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Haar* para a malha de nível.

Nc		1				2				3				4			
na\ nb		L	nk	fit	L	nk	fit	L	nk	Fit	L	nk	fit				
1	1	7	1	85,5509	6	7	85,6324	7	5	85,6803	7	0	85,7981				
1	2	7	16	86,5529	7	17	86,7373	7	9	86,5314	7	9	86,5214				
1	3	7	16	86,9725	7	8	86,5752	7	9	86,5690	7	8	86,5602				
1	4	7	17	86,6118	7	16	86,6396	6	26	86,6971	7	20	86,6881				
2	1	7	0	85,6066	7	1	85,7081	4	2	86,0830	7	14	85,1559				
2	2	7	13	86,4540	6	10	86,5424	7	8	86,5229	7	8	86,5591				
2	3	7	10	86,9491	7	0	86,5793	7	0	86,6133	7	7	86,4234				
2	4	7	4	86,4790	7	16	86,7374	6	1	86,9270	7	12	86,8187				
3	1	7	1	85,5828	7	1	85,8311	7	4	85,7209	7	9	85,5029				
3	2	7	20	86,4984	7	9	86,5477	7	16	86,9475	7	5	86,4801				
3	3	7	2	86,9158	7	5	86,6111	7	7	86,5452	7	9	86,6190				
3	4	7	15	86,6028	7	4	86,5849	7	13	86,9495	7	9	86,5638				
4	1	7	1	85,5825	7	1	85,7416	7	1	85,5285	7	6	85,6148				
4	2	7	18	86,8603	7	3	86,8338	7	14	86,6713	6	3	86,7990				
4	3	7	17	86,9094	7	2	86,6705	7	7	86,5134	7	8	86,8831				
4	4	7	8	86,7194	7	10	86,6074	7	6	86,5198	4	16	86,7790				

Fonte: do Autor.

Tabela 246: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de nível.

nd		1				2				3				4			
nb	nc	db	L	nk	fit	db	L	nk	fit	db	L	nk	fit	db	L	nk	Fit
1	1	1	7	36	84,4516	1	7	36	84,5112	1	4	31	84,5825	1	5	34	84,7168
1	2	1	7	35	84,4585	1	4	29	84,9589	1	7	34	84,4928	1	7	36	84,8077
1	3	1	7	34	84,4645	1	4	30	84,9351	1	7	36	84,4975	1	4	30	84,5941
1	4	1	7	33	84,4694	1	7	36	84,5931	1	7	35	84,5037	1	7	34	84,4868
2	1	1	7	36	84,4555	1	7	37	85,2164	1	5	25	84,8300	1	5	25	84,8541
2	2	1	7	35	84,4623	1	7	35	84,5579	1	7	29	84,6025	1	7	35	84,4543
2	3	1	7	34	84,4680	1	7	37	84,4750	1	7	29	84,5652	1	7	33	84,4332
2	4	1	7	33	84,4728	1	7	35	84,4564	1	7	38	84,6352	1	7	38	84,4882
3	1	1	7	36	84,4591	1	7	31	84,6496	1	7	36	84,4852	1	7	32	84,5434
3	2	1	7	35	84,4656	1	7	35	84,5906	1	5	26	84,7097	1	7	30	84,7115
3	3	1	7	35	84,4609	1	5	29	84,8940	1	7	33	84,5590	1	7	32	84,5722
3	4	1	7	34	84,4689	1	7	38	84,7027	1	7	36	84,6108	1	7	25	84,5411
4	1	1	7	36	84,4620	1	7	36	84,5310	1	7	32	84,5333	1	7	38	84,7293
4	2	1	7	36	84,4548	1	7	35	84,5329	1	7	25	84,8000	1	7	36	84,6355
4	3	1	7	35	84,4637	1	7	30	84,7803	1	6	30	85,0198	1	7	36	84,4331
4	4	1	7	34	84,4717	1	7	35	84,6709	1	7	37	84,8033	1	7	34	84,4743

Fonte: do Autor.

Tabela 247: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	Fit
1	1	9 7	0	85,9293	1 7	0	85,6669	10 3	0	86,0160	9 2	3	85,8569
1	2	1 7	16	86,4276	1 7	9	86,5159	1 7	9	86,5290	1 7	9	86,5390
1	3	4 3	21	86,4530	1 7	7	86,4725	1 7	9	86,4967	1 7	9	86,5875
1	4	8 5	24	86,4929	1 7	15	86,5003	1 4	9	86,5386	1 7	9	86,6077
2	1	9 7	0	86,1440	5 2	4	85,6809	6 3	0	85,8205	1 6	29	85,9218
2	2	1 7	12	86,4300	1 7	9	86,5105	1 7	22	86,6660	1 7	9	86,5421
2	3	2 4	22	86,4535	1 7	9	86,5313	1 7	5	86,6360	1 7	1	86,6100
2	4	6 3	21	86,4688	1 7	13	86,5184	9 1	20	86,6277	1 7	0	86,5972
3	1	9 4	13	86,2765	4 1	2	85,7545	10 2	3	85,7869	8 2	6	85,7059
3	2	1 7	12	86,4329	1 7	10	86,4898	1 7	18	86,5551	1 7	6	86,5312
3	3	1 7	12	86,4387	1 7	9	86,5766	1 7	5	86,5486	1 7	9	86,5191
3	4	1 7	15	86,4505	1 7	9	86,5118	1 7	15	86,5670	1 7	9	86,4850
4	1	6 6	11	86,4238	1 7	0	85,7442	3 6	1	85,8087	1 7	1	85,6699
4	2	1 7	13	86,4388	1 7	12	86,5261	1 6	25	86,6600	1 7	12	86,4572
4	3	1 7	12	86,4422	1 7	9	86,5550	1 7	8	86,6555	1 6	17	86,5315
4	4	1 7	15	86,4628	1 7	9	86,5188	1 7	6	86,4368	1 7	23	86,5976

Fonte: do Autor.

Tabela 248: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	fit	db\L	nk	Fit
1	1	9 7	1	86,0596	1 7	1	85,7258	1 7	1	86,1485	3 6	4	85,7051
1	2	1 7	14	86,5374	1 7	8	86,5550	1 7	11	86,5686	1 7	1	86,5536
1	3	8 7	2	86,6390	1 7	0	86,9384	1 7	17	86,8535	1 7	8	86,5649
1	4	4 6	23	87,1260	1 7	18	86,5162	1 7	8	86,5259	1 7	11	86,5418
2	1	9 6	14	86,2941	1 7	3	85,6486	3 6	3	85,5754	3 6	1	85,7603
2	2	1 7	0	86,5391	1 7	2	86,8871	2 6	14	86,9389	1 7	6	86,5262
2	3	5 6	25	86,8556	1 7	18	86,5262	7 3	12	86,8241	5 2	20	86,9153
2	4	7 3	10	86,6515	1 7	17	86,9356	1 7	6	86,5775	1 7	6	86,4637
3	1	3 6	12	86,2553	1 7	1	85,8838	1 7	2	85,9605	1 6	2	85,8058
3	2	1 7	14	86,5113	1 7	0	86,5225	1 7	9	86,5814	1 7	12	86,5872
3	3	1 7	4	86,8100	1 7	6	86,6758	7 3	12	86,8514	1 6	0	87,1021
3	4	6 6	21	86,8087	1 7	5	86,5906	1 7	14	86,6968	1 6	10	86,5966
4	1	6 6	8	86,1562	1 7	1	85,8348	1 7	7	86,0603	1 7	0	85,7554
4	2	1 7	12	86,5474	1 7	12	86,5732	1 7	26	86,5516	4 3	0	86,6274
4	3	8 7	1	86,6361	1 7	1	86,7580	1 7	8	86,5045	3 4	16	86,9486
4	4	5 3	18	86,7770	1 7	16	86,5383	1 7	10	86,6215	1 6	8	86,8253

Fonte: do Autor.

Tabela 249: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Daubechies* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		db L	nk	fit	db L	nk	fit	N	nk	fit	db L	nk	Fit
1	1	5 6	14	86,0801	1 6	7	85,6324	1 7	5	85,6803	9 3	1	85,9079
1	2	1 7	16	86,5529	1 7	17	86,7373	1 7	9	86,5314	1 7	9	86,5214
1	3	1 7	16	86,9725	1 7	8	86,5752	1 7	9	86,5690	1 7	8	86,5602
1	4	4 6	18	86,6730	1 7	16	86,6396	1 6	26	86,6971	1 7	20	86,6881
2	1	6 6	15	86,4536	1 7	1	85,7081	1 4	2	86,0830	10 3	0	85,8855
2	2	1 7	13	86,4540	1 6	10	86,5424	2 6	11	86,9381	1 7	8	86,5591
2	3	1 7	10	86,9491	5 1	15	86,6913	1 7	0	86,6133	1 7	7	86,4234
2	4	4 7	5	86,9807	1 7	16	86,7374	1 6	1	86,9270	1 7	12	86,8187
3	1	7 6	10	86,3877	1 7	1	85,8311	4 1	20	86,0746	3 6	1	85,8403
3	2	1 7	20	86,4984	1 7	9	86,5477	1 7	16	86,9475	1 7	5	86,4801
3	3	3 6	18	87,4326	1 7	5	86,6111	5 1	6	86,5772	2 6	16	86,6207
3	4	3 6	20	87,2158	5 2	27	87,0587	1 7	13	86,9495	5 4	15	86,6513
4	1	9 5	8	86,5102	1 7	1	85,7416	8 3	2	85,9017	4 1	5	85,8834
4	2	1 7	18	86,8603	1 7	3	86,8338	1 7	14	86,6713	1 6	3	86,7990
4	3	1 7	17	86,9094	1 7	2	86,6705	1 7	7	86,5134	5 4	13	87,1221
4	4	8 7	1	86,9536	1 7	10	86,6074	1 7	6	86,5198	1 4	16	86,7790

Fonte: do Autor.

Tabela 250: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		coif L	nk	fit	coif L	nk	fit	coif L	nk	fit	coif L	nk	fit
1	1	5 5	30	80,3935	2 1	29	58,9440	2 2	27	77,1413	2 2	27	77,6904
1	2	2 1	30	81,5538	5 1	29	82,7457	2 1	36	82,0925	2 1	29	81,9277
1	3	2 1	30	81,6400	4 1	28	82,9231	5 1	35	82,3745	5 1	28	82,264
1	4	5 1	30	81,7037	4 1	27	82,9519	3 2	32	82,6178	3 1	30	82,3622
2	1	1 5	26	77,4302	2 1	1	5,5187	2 2	42	57,6751	2 2	1	43,9941
2	2	2 4	24	83,5463	2 2	27	80,2526	2 2	33	80,8095	2 1	25	81,5723
2	3	2 5	30	83,9277	5 1	28	82,6953	2 1	30	82,5152	3 1	28	82,0810
2	4	2 1	28	82,5928	4 1	27	82,9835	5 1	27	82,5330	4 1	28	82,4655
3	1	4 1	4	75,4729	2 1	27	5,6211	2 1	21	79,8660	4 1	6	72,4097
3	2	3 1	17	81,1057	5 1	30	83,9515	2 1	42	80,9960	2 1	27	81,3247
3	3	4 5	22	83,3427	4 1	29	83,5448	5 1	36	83,5293	3 1	28	82,5756
3	4	1 3	25	84,1235	1 1	26	83,5301	3 1	29	83,3552	3 1	30	83,0060
4	1	2 5	15	60,7568	4 1	1	5,4409	5 5	26	12,0274	4 5	8	6,61047
4	2	2 4	14	78,6150	2 1	21	68,8781	2 1	37	81,8657	2 1	23	81,3229
4	3	2 4	30	82,5824	3 1	26	83,1720	2 1	36	82,7647	2 1	28	82,7501
4	4	2 5	27	83,5019	3 1	28	84,0861	2 1	34	82,8291	5 1	27	84,0643

Fonte: do Autor.

Tabela 251: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		coif L	nk	fit	coif L	nk	fit	coif L	nk	fit	coif L	nk	fit
1	1	5 7	1	85,8242	2 3	3	84,9694	5 3	1	85,9969	2 3	10	85,1845
1	2	3 7	1	85,8504	3 3	17	85,1225	5 4	3	85,9679	5 3	3	85,5582
1	3	2 3	23	86,5040	4 1	32	86,5487	4 1	23	86,3468	2 1	26	85,9369
1	4	5 3	24	86,4988	2 1	27	85,8486	1 1	22	86,3247	2 2	15	86,1568
2	1	2 2	1	85,8769	2 1	8	85,6693	3 1	3	85,7759	2 4	3	85,5903
2	2	5 7	1	85,7772	5 1	16	85,3207	5 3	1	85,8748	3 4	5	85,7462
2	3	5 7	2	85,9742	5 1	27	84,9326	2 2	26	86,0680	4 1	24	85,8757
2	4	5 5	24	86,5171	2 1	25	85,8992	5 1	22	86,3274	4 1	23	86,0850
3	1	5 4	13	86,2557	2 1	3	85,7636	4 2	8	85,6632	4 2	2	85,7588
3	2	1 2	4	85,9759	4 1	15	85,2640	1 3	1	85,8042	5 2	6	85,5222
3	3	5 7	1	85,7544	4 1	3	85,4919	5 3	6	85,8488	5 2	9	85,3593
3	4	2 3	32	86,3747	2 1	24	86,2019	3 1	24	86,1456	3 1	25	86,4177
4	1	3 6	11	86,5361	2 3	5	85,8796	4 2	6	85,7044	3 2	5	85,8044
4	2	4 4	11	86,2221	3 1	2	85,7654	3 1	4	85,8112	2 6	2	85,5332
4	3	3 6	18	85,7589	5 2	5	85,4652	5 3	6	85,7791	2 6	1	85,6229
4	4	3 1	21	86,5645	2 1	24	86,1676	3 1	22	86,2276	2 1	25	86,0884

Fonte: do Autor.

Tabela 252: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		coif L	nk	fit	ciuf L	nk	fit	coif L	nk	fit	coif L	nk	fit
1	1	5 7	1	85,8716	3 1	21	84,8031	2 5	6	84,7027	2 6	6	85,5135
1	2	4 4	21	86,5115	2 3	7	86,3489	1 2	6	86,4762	2 3	7	86,0803
1	3	5 3	22	86,5747	1 1	22	86,0263	1 1	25	86,5930	2 2	21	86,4793
1	4	4 3	30	86,6415	2 2	22	85,9752	5 2	18	86,3524	3 3	15	86,2089
2	1	5 7	1	85,8776	2 5	6	84,5800	2 1	4	85,5088	3 4	4	85,4404
2	2	1 6	18	86,5893	2 2	10	86,0413	1 2	6	86,4629	2 3	7	86,3813
2	3	2 4	24	86,5002	1 2	5	86,2992	3 1	18	86,3360	1 1	7	86,5516
2	4	4 4	21	86,6410	2 2	23	85,9830	2 4	15	86,3583	5 3	9	86,3999
3	1	5 7	1	85,8633	3 1	1	84,8612	2 1	1	84,9090	2 2	8	84,9280
3	2	3 3	25	86,4996	2 2	8	86,0746	1 2	6	86,4760	3 2	7	86,4580
3	3	4 5	21	86,5236	5 1	24	86,2455	1 1	13	86,5301	5 1	5	86,8687
3	4	5 4	12	86,7050	2 1	26	86,2697	4 2	9	86,4046	2 3	17	86,2313
4	1	2 6	18	86,3757	2 6	5	85,1033	2 6	5	85,3202	2 6	5	85,1777
4	2	5 3	22	86,4275	2 3	7	86,4443	3 2	7	86,4417	2 1	22	86,6161
4	3	3 1	3	86,7166	1 1	1	86,3983	2 3	12	86,3874	3 3	10	86,5319
4	4	1 3	6	86,6549	2 4	16	86,3253	1 3	7	86,4348	3 3	10	86,3597

Fonte: do Autor.

Tabela 253: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Coiflet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		coif L	nk	fit	ciuf L	nk	fit	coif L	nk	fit	coif L	nk	fit
1	1	3 7	1	85.7348	5 4	8	85.2601	3 5	8	84,8898	2 6	3	85,5181
1	2	2 5	20	86.4704	2 2	19	85.9391	4 1	17	86,3011	2 2	20	86,1495
1	3	4 5	22	86.6443	2 3	18	86.0535	5 3	23	86,4808	4 3	18	86,3414
1	4	4 6	20	87.1575	2 2	24	85.9718	4 2	18	86,4847	1 1	19	86,4572
2	1	3 6	13	86.2723	3 2	14	85.0803	4 4	1	85,8268	5 3	1	85,7036
2	2	4 2	20	86.3769	2 2	1/	85.9433	3 2	17	86,3054	2 2	21	86,2565
2	3	4 5	12	86.5920	2 1	23	86.0344	2 5	10	86,3675	1 4	12	86,3010
2	4	1 4	20	86.7481	3 4	4	86.0440	5 3	20	86,3926	1 1	23	86,7580
3	1	5 6	16	86.2576	5 1	5	85.7204	4 4	2	85,8088	1 3	1	85,8089
3	2	3 6	19	86.4421	2 2	22	85.9849	4 2	15	86,2800	2 3	15	86,2516
3	3	2 4	20	86.5748	2 4	19	86.0762	2 2	19	86,3891	2 2	18	86,8184
3	4	5 3	27	86.8179	1 4	18	86.4684	3 5	10	86,4395	1 1	23	86,2586
4	1	3 6	9	86.2557	1 1	7	85.6911	1 3	1	85,8327	5 1	7	85,8055
4	2	1 3	21	86.4732	2 4	9	86.0785	2 3	15	86,2782	2 5	9	86,2756
4	3	3 3	19	86.4440	2 4	15	86.3861	3 3	16	86,4630	2 4	8	87,2378
4	4	5 6	6	86.8730	2 1	24	86.4657	3 3	18	86,4168	2 5	10	86,3222

Fonte: do Autor.

Tabela 254: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	2 2	38	81,5448	2 1	36	81,7656	2 1	36	81,9579	2 1	34	81,7134
1	2	2 1	35	82,7392	5 1	31	83,2886	3 1	36	82,2899	2 1	35	82,3015
1	3	5 5	39	83,3458	6 1	33	82,7943	2 1	34	82,5218	6 1	36	82,4744
1	4	5 5	36	83,0598	5 1	28	83,1087	5 2	34	82,5531	5 1	31	82,4183
2	1	2 2	35	81,8200	2 1	28	81,4780	2 1	26	82,3117	2 1	28	82,8530
2	2	3 4	33	82,5720	2 1	27	82,8713	2 1	33	82,2416	4 1	34	82,7280
2	3	4 5	25	84,3638	7 1	34	82,8210	4 1	31	82,8880	3 1	30	83,0624
2	4	4 4	25	84,2837	8 1	28	82,9666	3 2	33	82,7489	4 1	29	82,9445
3	1	2 1	36	81,7810	2 1	32	82,0993	2 1	36	81,9411	2 2	34	82,3126
3	2	6 1	34	84,3483	7 1	24	83,4743	3 1	34	83,1137	3 1	36	82,8203
3	3	7 5	23	83,4814	4 1	21	83,1690	3 1	35	82,6748	7 1	31	82,9477
3	4	6 4	27	84,4852	5 1	29	84,0317	7 1	36	83,3045	3 2	36	83,3729
4	1	2 2	30	81,9958	2 1	28	82,5349	2 2	26	82,6264	2 2	26	83,2184
4	2	5 1	36	83,4047	5 1	36	83,3869	3 1	24	82,9567	4 1	35	83,1186
4	3	4 1	33	82,8467	5 1	30	83,3861	3 1	34	82,7812	4 1	28	82,6579
4	4	8 1	30	83,4072	6 1	28	84,1612	3 2	36	82,8311	4 1	21	83,7672

Fonte: do Autor.

Tabela 255: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb nc		sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	5 7	0	85,9136	2 7	1	85,3030	8 3	0	85,4934	6 3	1	85,4358
1	2	7 7	1	86,0952	2 1	26	86,2208	2 1	26	86,1743	2 1	26	86,1405
1	3	5 3	21	86,4572	2 1	23	86,1726	8 1	23	86,3431	2 1	26	86,0855
1	4	8 5	22	86,4761	3 2	23	86,1996	8 1	22	86,3247	3 2	25	86,2398
2	1	7 7	1	85,9516	5 2	1	85,7532	6 3	0	85,8232	6 2	7	85,6301
2	2	2 2	24	86,2918	2 1	26	86,1839	2 1	26	86,1663	2 2	26	86,1285
2	3	2 4	22	86,4535	2 1	26	86,1324	2 2	23	86,2404	3 1	26	86,1494
2	4	7 5	21	86,6669	5 2	26	86,2188	8 1	28	86,3182	4 1	23	86,2240
3	1	7 5	13	86,2810	4 1	4	85,7560	8 2	11	85,6217	6 1	10	85,7485
3	2	3 6	12	86,2215	2 1	28	86,1176	2 2	26	86,1966	2 2	26	86,2629
3	3	3 1	24	86,2487	3 1	16	86,2576	2 2	25	86,2031	2 2	25	86,2722
3	4	4 3	22	86,4407	4 1	25	86,1719	2 2	24	86,1925	2 2	25	86,2277
4	1	8 4	0	86,0209	4 2	0	85,7052	3 6	1	85,8062	4 4	2	85,6954
4	2	2 2	26	86,1746	2 2	26	86,2609	2 1	26	86,1826	2 2	26	86,2562
4	3	2 2	25	86,1465	2 2	25	86,2245	2 2	26	86,2040	2 2	25	86,2547
4	4	2 4	22	86,4068	2 2	24	86,2304	5 1	22	86,3541	2 1	24	86,1490

Fonte: do Autor.

Tabela 256: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb nc		sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	5 4	21	86,3342	2 7	0	85,4508	3 6	9	85,2150	3 6	4	85,7293
1	2	5 4	23	86,5001	3 6	6	86,3084	8 2	6	86,4763	2 4	22	86,2644
1	3	5 5	22	86,5156	2 6	10	86,2949	8 1	25	86,5941	4 2	23	86,4186
1	4	7 6	21	86,5559	2 4	21	86,2935	8 2	21	86,3041	4 2	23	86,4148
2	1	5 6	13	86,4116	2 7	5	85,1469	3 1	11	85,7264	4 4	0	85,7969
2	2	6 4	22	86,5219	5 2	7	86,3417	8 2	6	86,4628	3 1	21	86,4388
2	3	5 6	9	86,5856	7 3	10	86,3283	4 4	16	86,3632	8 1	7	86,5652
2	4	7 4	21	86,4890	7 2	8	86,5839	2 2	22	86,3379	6 1	25	86,7218
3	1	5 6	10	86,2631	3 6	10	85,1968	2 6	5	85,5710	3 6	4	85,7159
3	2	5 4	18	86,4408	3 5	12	86,3401	4 3	11	86,3924	7 2	5	86,4418
3	3	6 4	23	86,5370	3 5	13	86,3260	8 1	13	86,5301	7 3	11	86,3899
3	4	6 6	20	86,8464	3 6	7	86,2581	6 4	11	86,4029	4 1	1	87,4688
4	1	3 4	18	86,0364	4 6	1	85,1588	3 6	3	85,6550	5 3	18	85,2267
4	2	7 5	18	86,4718	3 3	15	86,1884	7 2	7	86,3834	2 1	12	86,4606
4	3	5 5	22	86,5354	7 1	7	86,7771	4 4	16	87,1560	4 1	19	86,6017
4	4	8 3	5	86,9977	6 3	3	86,5523	8 3	7	86,4321	4 3	23	86,3066

Fonte: do Autor.

Tabela 257: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Symlet* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit	sym L	nk	fit
1	1	5 7	4	85,7332	7 3	14	85,3942	3 6	6	85,2428	3 6	0	85,4707
1	2	3 6	16	86,5388	2 6	10	86,2617	7 2	17	86,2847	2 5	20	86,3071
1	3	7 5	25	86,6319	2 4	19	86,3278	8 3	18	86,3620	8 3	19	86,3289
1	4	6 5	27	86,9395	3 2	24	86,3662	3 6	6	86,4098	6 3	22	86,4928
2	1	6 6	14	86,4304	5 2	5	85,7815	6 1	1	86,0238	6 4	0	86,0566
2	2	8 2	20	86,3390	2 5	19	86,2746	7 2	17	86,2985	2 5	20	86,2796
2	3	5 3	15	86,6024	7 3	1	86,2701	3 2	20	86,4274	6 3	19	86,3120
2	4	8 4	20	86,7481	5 2	18	86,2421	2 6	22	86,6284	8 1	23	86,7580
3	1	6 6	12	86,5070	4 1	4	85,6956	7 4	2	85,8168	8 3	1	85,8089
3	2	2 6	4	86,4501	2 4	19	86,2922	2 6	10	86,3218	2 4	20	86,2725
3	3	3 5	25	86,8910	3 5	14	86,3163	5 4	18	86,5625	8 3	7	86,5299
3	4	8 5	4	86,7673	8 2	18	86,4684	3 6	5	86,5028	3 5	13	86,3739
4	1	7 5	8	86,3836	8 1	7	85,6911	8 3	1	85,8327	3 6	4	85,9549
4	2	8 3	21	86,4732	2 2	23	86,1858	3 3	18	86,2951	2 3	22	86,2019
4	3	4 3	17	86,7623	7 1	17	86,3263	4 1	25	86,5749	4 3	20	86,5678
4	4	7 4	13	86,9544	5 3	13	86,4476	6 1	23	86,6692	5 3	10	86,3729

Fonte: do Autor.

Tabela 258: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit
1	1	1.1 7	32	84,4309	1.3 4	33	84,5389	1.3 4	32	84,5990	1.1 5	34	84,7168
1	2	1.1 7	35	84,4585	1.1 4	29	84,9589	1.1 7	34	84,4928	1.5 4	35	84,6334
1	3	1.1 7	34	84,4645	1.1 4	30	84,9351	1.1 7	30	84,4558	1.1 4	30	84,5941
1	4	1.1 7	33	84,4694	1.1 7	35	84,4865	1.1 7	35	84,5037	1.1 7	34	84,4868
2	1	1.1 7	32	84,4337	1.1 7	35	84,5088	1.1 5	25	84,8300	1.1 5	25	84,8541
2	2	1.1 7	35	84,4623	1.5 5	33	85,0658	1.1 7	29	84,6025	1.1 7	35	84,4543
2	3	1.1 7	34	84,4680	1.1 7	35	84,4458	1.1 7	29	84,5652	1.1 7	33	84,4332
2	4	3.1 4	36	84,5296	1.3 5	35	84,7089	1.1 7	34	84,5947	1.1 7	34	84,4297
3	1	1.1 7	32	84,4363	1.1 7	31	84,6496	1.1 7	29	84,4321	1.1 7	32	84,5434
3	2	1.1 7	35	84,4656	1.5 5	33	84,6913	1.3 5	28	84,7505	1.1 7	30	84,7115
3	3	1.1 7	35	84,4609	1.1 5	29	84,8940	1.1 7	33	84,5590	1.1 7	32	84,5722
3	4	1.1 7	34	84,4689	1.1 7	33	84,5082	1.1 7	33	84,5301	1.1 7	25	84,5411
4	1	1.1 7	32	84,4386	1.3 6	35	84,4912	1.1 7	32	84,5333	1.1 7	28	84,5454
4	2	1.1 7	31	84,4315	1.5 6	32	84,6668	1.5 6	29	85,1358	3.9 1	35	85,0486
4	3	1.1 7	35	84,4637	1.3 6	30	84,8472	1.1 6	30	85,0198	1.1 7	34	84,4321
4	4	1.1 7	34	84,4717	1.3 6	29	85,2122	1.1 7	29	84,7408	1.1 7	34	84,4743

Fonte: do Autor.

Tabela 259: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit
1	1	3.7 7	1	85.8657	1.1 7	1	85.6404	3.3 4	8	85.6807	2.2 6	5	85.5706
1	2	1.1 7	16	86.4281	1.1 7	8	86.4903	1.5 5	5	86.8057	1.1 7	9	86.5388
1	3	3.5 3	21	86.4593	1.1 7	7	86.4725	1.5 5	5	86.7970	1.1 7	9	86.5511
1	4	3.1 3	21	86.4655	1.1 5	23	86.7883	1.1 4	9	86.5322	1.5 5	5	86.7757
2	1	3.9 7	2	86.0482	3.3 1	1	85.5064	3.5 1	13	85.7995	1.1 4	2	85.8243
2	2	1.1 7	12	86.4300	1.5 5	5	86.7661	1.5 6	5	86.6944	1.1 7	9	86.5426
2	3	1.1 7	12	86.4339	1.5 5	5	86.8425	1.1 7	5	86.5943	1.1 7	1	86.5955
2	4	1.5 3	22	86.4879	1.5 5	5	86.7809	1.1 7	9	86.5567	1.1 3	18	86.4849
3	1	5.5 5	15	86.3304	1.1 7	2	85.6622	3.3 4	8	85.6897	1.3 5	16	85.9241
3	2	1.1 7	12	86.4329	1.1 7	10	86.4897	1.3 5	16	86.5526	1.1 7	8	86.4688
3	3	1.1 7	12	86.4387	1.1 7	9	86.5766	1.1 7	5	86.5530	1.1 7	9	86.5191
3	4	1.1 4	21	86.4659	1.1 7	9	86.5118	1.1 7	15	86.5934	1.1 7	9	86.4836
4	1	6.8 5	16	86.1803	4.4 3	1	85.7371	1.3 6	1	86.0094	3.5 3	1	85.8921
4	2	6.8 6	12	86.4486	1.1 7	12	86.5239	1.1 7	9	86.5402	1.1 7	8	86.4788
4	3	1.1 7	12	86.4422	1.3 5	5	86.8652	1.1 7	5	86.6294	1.1 4	25	87.0109
4	4	1.1 7	15	86.4628	1.3 5	3	86.5626	1.1 7	23	86.5718	1.1 7	6	86.5089

Fonte: do Autor.

Tabela 260: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit
1	1	4.4 6	8	85,8910	1.1 7	1	85,7676	1.1 7	3	85,6636	1.3 3	7	85,8735
1	2	6.8 4	23	86,5689	1.1 7	19	86,5679	1.1 7	8	86,5416	1.1 7	1	86,5961
1	3	3.5 4	23	86,5375	1.1 5	9	87,0186	1.1 7	17	86,6435	1.5 7	14	86,7918
1	4	3.5 3	21	86,5287	1.1 7	16	86,6524	1.1 7	24	86,6409	1.1 6	1	86,6700
2	1	4.4 6	6	86,1052	1.1 7	1	85,7218	1.3 7	4	86,0212	2.2 6	1	85,6681
2	2	1.5 7	7	86,6442	1.1 7	2	870327	1.1 6	16	86,7433	1.1 7	18	86,5391
2	3	14 3	15	86,9054	2.6 5	11	87,0864	1.1 7	10	86,5655	1.1 7	11	86,9253
2	4	1.1 7	6	86,4988	1.1 7	10	86,6242	1.5 4	19	86,6643	3.9 1	18	86,5673
3	1	4.4 6	13	86,4362	1.1 7	1	85,8595	1.1 6	7	85,8633	1.5 3	9	85,6307
3	2	3.7 1	4	86,5443	1.1 7	2	86,4822	1.1 7	12	86,8917	2.6 5	3	86,5958
3	3	6.8 3	22	86,5902	1.1 3	19	86,9679	2.6 5	11	86,9308	6.8 1	7	86,8073
3	4	6.8 6	10	86,7281	1.1 5	1	87,1331	5.5 1	17	86,4053	2.6 5	9	87,2517
4	1	6.8 6	10	86,3942	1.3 5	6	85,6755	1.1 5	20	85,4603	1.1 6	3	85,6627
4	2	1.1 7	12	86,5474	1.1 7	10	86,6085	1.1 7	17	86,7739	1.3 4	4	86,6369
4	3	1.1 7	18	86,7718	2.4 5	7	86,9260	1.1 7	19	86,5095	2.6 5	9	86,9841
4	4	4.4 5	22	86,5347	2.4 5	12	86,9933	2.6 5	7	86,7306	2.6 5	9	86,9801

Fonte: do Autor.

Tabela 261: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Biorthogonal Spline* para malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit	bior L	nk	fit
1	1	3.1 4	13	86,0855	1.1 4	2	85,8040	2.2 5	10	85,7256	1.1 4	13	85,8097
1	2	1.3 7	16	86,8189	2.4 6	3	86,8290	1.1 7	9	86,4972	1.1 7	1	86,6000
1	3	1.1 7	15	86,5152	1.1 7	15	86,6474	1.1 7	8	86,6144	2.4 5	7	86,6376
1	4	3.5 4	23	86,6463	1.1 7	13	86,5359	1.1 7	7	86,5733	1.1 7	20	86,6883
2	1	4.4 6	15	86,4348	1.1 7	3	85,5439	1.5 6	2	85,9126	2.6 6	1	85,6269
2	2	1.1 7	13	86,4883	1.5 6	14	86,6369	2.4 4	14	86,3361	1.1 7	8	86,5184
2	3	3.5 4	18	86,8396	1.1 7	14	86,6593	1.1 7	9	86,4923	4.4 3	17	86,5309
2	4	5.5 5	16	86,7436	2.4 5	15	87,1740	1.1 7	20	86,5617	1.1 7	13	86,5862
3	1	5.5 6	11	86,4306	2.6 5	9	85,8097	6.8 4	1	85,8188	1.3 7	5	85,8087
3	2	3.7 3	17	86,6151	1.1 7	9	86,5356	1.1 7	9	86,5212	1.1 6	25	86,6789
3	3	3.5 4	20	86,6608	1.1 7	5	86,6871	1.1 7	15	86,5546	1.1 7	2	87,0043
3	4	6.8 6	5	86,8507	2.4 6	5	86,7142	1.1 7	20	86,6583	1.1 6	13	86,5295
4	1	4.4 6	11	86,3797	6.8 1	4	85,6989	4.4 1	8	85,6074	6.8 4	3	85,7956
4	2	1.1 7	22	86,6515	1.1 7	16	86,7146	3.5 2	1	86,5709	1.1 7	8	86,5833
4	3	5.5 3	22	86,5290	3.9 1	17	86,7126	1.1 7	8	86,7700	1.1 7	7	86,5333
4	4	6.8 3	11	86,8425	3.5 1	22	88,5039	6.8 4	15	86,9019	1.1 7	23	86,6236

Fonte: do Autor.

Tabela 262: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	1.1 7	36	84,4516	1.1 7	36	84,5112	1.1 4	31	84,5825	3.1 7	21	84,7416
1	2	1.1 7	35	84,4585	1.1 4	29	84,9589	1.1 7	34	84,4928	1.1 7	36	84,8077
1	3	1.1 7	34	84,4645	1.1 4	30	84,9351	1.1 7	36	84,4975	1.1 4	30	84,5941
1	4	1.1 7	33	84,4694	1.1 7	36	84,5931	1.1 7	35	84,5037	1.1 7	34	84,4868
2	1	1.1 7	36	84,4555	1.1 7	37	85,2164	1.1 5	25	84,8300	1.1 5	25	84,8541
2	2	1.1 7	35	84,4623	1.1 7	35	84,5579	1.1 7	29	84,025	1.1 7	35	84,4543
2	3	1.1 7	34	84,4680	1.1 7	37	84,4750	1.1 7	29	84,5652	1.1 7	35	84,4332
2	4	1.1 7	33	84,4728	1.1 7	35	84,4564	1.1 7	38	84,6352	1.1 7	38	84,4882
3	1	1.1 7	36	84,4591	1.1 7	31	84,6496	1.1 7	36	84,4852	1.1 7	32	84,5434
3	2	1.1 7	35	84,4656	1.1 7	35	84,5906	1.1 5	26	84,7097	1.1 7	30	84,7115
3	3	1.1 7	35	84,4609	1.1 5	29	84,8940	1.1 7	33	84,5590	1.1 7	32	84,5722
3	4	1.1 7	34	84,4689	1.1 7	38	84,7027	1.1 7	36	84,6108	1.1 7	25	84,5411
4	1	1.1 7	36	84,4620	1.1 7	36	84,5310	1.1 7	32	84,5333	1.1 7	35	84,7293
4	2	1.1 7	36	84,4548	1.1 7	35	84,5329	3.1 5	32	84,9029	1.1 7	36	84,6355
4	3	1.1 7	35	84,4637	1.1 7	30	84,7803	1.1 6	30	85,0198	1.1 7	36	84,4331
4	4	1.1 7	34	84,4717	1.1 7	35	84,6709	1.1 7	37	84,8033	3.1 5	30	84,5629

Fonte: do Autor.

Tabela 263: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb nc		rbio L	nk	fit	rbio L	nk	Fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	1.5 7	1	85,7952	4.4 6	3	85,8136	4.4 6	3	85,6211	1.5 3	2	85,5900
1	2	1.1 7	16	86,4281	1.1 7	8	86,4903	1.1 6	30	86,6834	1.1 7	9	86,5388
1	3	3.5 5	22	86,4726	1.1 7	7	86,4725	1.1 7	9	86,4894	1.1 7	9	86,5511
1	4	6.8 5	22	86,4740	1.1 5	23	86,7883	1.1 4	9	86,5322	1.1 7	9	86,6077
2	1	3.9 7	1	86,0255	3.5 3	8	85,8787	3.5 2	10	85,8140	6.8 2	1	85,6591
2	2	1.1 7	12	86,4300	1.1 7	9	86,5120	1.1 7	14	86,5466	1.1 7	9	86,5426
2	3	1.1 7	12	86,4339	1.1 7	9	86,5303	1.1 7	5	86,5943	1.1 7	1	86,5955
2	4	3.7 3	22	86,4819	1.1 7	13	86,5188	1.1 7	9	86,5567	1.1 3	18	86,4849
3	1	2.8 6	12	86,4280	5.5 1	4	85,7129	2.6 1	15	85,6945	1.3 6	2	85,7188
3	2	1.1 7	12	86,4329	1.1 7	10	86,4897	1.1 7	9	86,4664	1.1 7	8	86,4688
3	3	1.1 7	12	86,4387	1.1 7	9	86,5766	1.1 7	5	86,5530	1.1 7	9	86,5191
3	4	1.1 7	15	86,4504	1.1 7	9	86,5118	4.4 1	20	86,9553	6.8 1	25	86,5757
4	1	2.8 6	7	86,2071	4.4 3	1	85,8588	2.4 3	1	85,8477	4.4 5	1	85,9051
4	2	1.1 7	13	86,4388	1.1 7	12	86,5239	1.1 7	9	86,5402	1.1 7	8	86,4788
4	3	3.3 4	23	86,5945	1.1 7	9	86,5543	1.1 7	5	86,6294	1.1 6	17	86,5312
4	4	2.6 1	21	86,7316	1.1 7	9	86,5189	1.1 7	23	86,5718	1.1 7	6	86,5089

Fonte: do Autor.

Tabela 264: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb nc		rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	2.6 6	1	86,0709	1.1 7	1	85,7676	1.1 7	3	85,6636	3.1 6	6	85,8379
1	2	1.1 7	14	86,5374	3.5 7	1	86,9936	3.5 6	9	86,9967	4.4 3	7	86,6506
1	3	1.1 7	5	86,5196	1.1 7	21	86,7828	1.1 7	17	86,6435	6.8 2	13	86,5755
1	4	2.4 4	27	86,6830	1.1 7	16	86,6524	1.1 7	24	86,6409	1.1 6	1	86,6700
2	1	2.4 4	17	86,4695	1.1 7	1	85,7218	5.5 6	2	85,6142	5.5 3	7	86,0463
2	2	1.5 7	6	86,7718	1.1 7	2	87,0327	1.1 6	16	86,7433	3.5 2	10	87,0868
2	3	3.9 6	10	86,6939	1.1 5	29	87,0322	2.4 5	13	86,7827	1.1 7	11	86,9253
2	4	1.1 7	6	86,4988	1.1 7	10	86,6242	1.1 7	14	86,6579	1.5 3	16	86,5787
3	1	3.9 4	18	86,4003	1.1 7	1	85,8595	3.1 6	4	86,1010	2.4 6	3	85,5426
3	2	1.1 7	14	86,5113	1.1 7	2	86,4822	1.1 7	12	86,8917	1.1 7	12	86,5873
3	3	5.5 3	19	86,6810	1.1 3	19	86,9679	1.1 7	10	86,5990	1.1 7	21	86,5369
3	4	2.8 6	13	86,6092	1.1 5	1	87,1331	3.9 4	13	86,8081	1.1 7	20	86,8510
4	1	5.5 6	9	86,8641	3.1 6	4	85,9961	2.6 1	5	85,9066	1.1 6	3	85,6627
4	2	3.7 6	19	86,7024	5.5 2	3	86,6410	3.5 3	7	87,0352	1.1 6	26	87,0215
4	3	1.1 7	18	86,7718	1.1 7	1	86,7618	5.5 1	13	86,6049	3.7 1	12	86,8574
4	4	3.7 2	22	86,6323	3.9 4	6	86,5541	5.5 2	18	86,9251	1.1 7	14	86,5515

Fonte: do Autor.

Tabela 265: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Reverse Biorthogonal* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit	rbio L	nk	fit
1	1	3.9 7	2	86,8331	3.1 5	3	85,8815	1.1 7	5	85,6431	3.5 6	8	85,8310
1	2	1.1 7	3	86,6233	1.1 7	9	86,5281	5.5 3	17	86,6771	1.1 7	9	86,5214
1	3	5.5 5	7	87,0181	1.1 7	8	86,5748	1.1 7	8	86,6144	1.1 7	8	86,5602
1	4	1.1 7	1	86,6246	1.1 7	14	86,6230	3.5 7	0	86,7345	1.1 7	20	86,6881
2	1	1.3 6	17	86,9331	11 7	0	85,9506	2.4 1	0	86,2111	3.5 7	0	85,9812
2	2	3.1 4	29	86,4746	1.1 7	9	86,5096	4.4 3	20	86,4034	1.1 7	8	86,5591
2	3	2.8 4	19	86,8935	1.1 7	8	86,5271	6.8 2	21	86,6236	3.7 2	18	86,4330
2	4	1.1 7	7	86,5029	1.1 6	21	86,5911	3.9 2	20	86,8108	2.8 2	19	86,8374
3	1	6.8 6	14	86,3890	1.1 7	0	86,1102	2.8 1	9	85,7928	4.4 5	3	85,9723
3	2	1.1 7	20	86,4804	1.1 4	27	86,8693	4.4 3	14	86,7292	1.1 7	5	86,4801
3	3	1.1 7	16	86,9321	1.1 7	5	86,6163	3.5 7	1	86,6538	1.1 7	9	86,6190
3	4	2.6 7	11	87,2041	1.1 7	16	86,5278	1.1 7	20	86,6583	1.1 7	9	86,5638
4	1	2.8 4	0	86,8968	3.7 3	0	86,0497	3.1 6	0	85,9540	5.5 2	1	86,0276
4	2	1.1 7	1	86,7556	1.1 6	9	86,5475	3.5 3	7	86,5388	1.1 6	3	86,7990
4	3	1.5 6	6	86,5072	3.7 4	17	86,9906	2.4 2	24	86,7714	1.1 7	8	86,8831
4	4	2.6 3	20	86,6953	2.4 3	20	86,6819	1.1 7	7	86,7284	2.6 3	11	86,8719

Fonte: do Autor.

Tabela 266: Resultados do modelo BJ/nf1 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	1 6	41	83,8607	1 7	34	84,1145	1 7	34	84,0128	1 7	39	84,1785
1	2	1 6	40	83,8685	1 7	33	84,1179	1 6	38	83,8979	1 7	33	84,2337
1	3	1 6	39	83,8726	1 7	32	84,1079	1 6	37	83,8947	1 7	36	84,2393
1	4	1 6	38	83,8771	1 7	31	84,1089	1 6	36	83,8987	1 7	31	84,2266
2	1	1 7	34	83,9439	1 7	34	84,1537	1 7	33	84,0845	1 7	34	84,1534
2	2	1 7	33	83,9523	1 7	33	84,1535	1 7	33	84,1139	1 7	33	84,1506
2	3	1 7	32	83,9606	1 7	32	84,1523	1 7	34	84,0947	1 7	35	84,1496
2	4	1 7	31	83,9688	1 7	34	84,1572	1 7	34	84,1177	1 7	34	84,1582
3	1	1 7	34	83,9670	1 7	36	84,2351	1 7	36	84,2181	1 7	34	84,1708
3	2	1 7	33	83,9750	1 7	35	84,2328	1 7	34	84,1930	1 7	33	84,1671
3	3	1 7	32	83,9826	1 7	35	84,2281	1 7	33	84,1895	1 7	35	84,1697
3	4	4 4	27	84,3484	1 7	34	84,2307	1 7	33	84,2000	1 7	34	84,1735
4	1	1 7	34	84,1060	1 7	34	84,1144	1 7	34	84,1702	1 7	39	84,1688
4	2	1 7	33	84,1098	1 7	33	84,1180	1 7	33	84,1678	1 7	33	84,1740
4	3	1 7	32	84,1128	1 7	32	84,1209	1 7	35	84,17051	1 7	35	84,1671
4	4	1 7	31	84,1148	1 7	31	84,1223	1 7	35	84,1720	1 7	33	84,1731

Fonte: do Autor.

Tabela 267: Resultados do modelo BJ/nf2 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	Fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	22 7	0	85,9274	14 7	1	85,6936	14 7	0	85,8000	14 7	4	85,6574
1	2	14 4	22	86,4560	4 2	24	86,2577	4 3	24	86,2852	4 4	24	86,3070
1	3	18 3	22	86,4533	4 2	23	86,2280	4 2	25	86,3460	6 4	24	86,3005
1	4	18 3	21	86,4530	4 2	25	86,2372	14 2	23	86,3361	6 5	23	86,3487
2	1	22 7	0	85,9247	6 7	0	85,5046	14 7	0	85,9250	6 6	6	86,0181
2	2	4 2	24	86,2567	4 4	24	86,2715	4 5	24	86,1883	4 2	23	86,2901
2	3	8 4	22	86,4401	6 3	24	86,3195	6 1	25	86,2084	4 2	23	86,3120
2	4	18 3	21	86,4515	6 4	21	86,3604	6 5	23	86,3680	6 5	23	86,3542
3	1	22 7	0	85,9294	14 6	7	85,2686	8 6	3	85,6563	22 4	1	85,7034
3	2	4 2	24	86,2936	4 3	24	86,2823	4 3	23	86,3051	4 3	24	86,2760
3	3	6 3	23	86,3594	4 4	26	86,2778	4 7	19	86,4420	4 5	26	86,3073
3	4	22 4	21	86,4653	4 4	26	86,2752	4 4	26	86,2654	4 2	23	86,3336
4	1	8 7	1	85,9804	6 7	0	85,5624	18 5	0	85,8593	14 6	5	85,7377
4	2	4 3	24	86,2863	4 5	24	86,2867	4 3	24	86,2747	4 2	25	86,2193
4	3	4 3	26	86,2782	4 5	23	86,2415	4 3	23	86,2612	4 2	23	86,2854
4	4	8 4	21	86,3878	22 1	24	86,2332	4 5	27	86,2347	4 7	10	86,6175

Fonte: do Autor.

Tabela 268: Resultados do modelo BJ/nf3 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	22 7	1	85,9057	14 7	1	85,7794	14 7	1	85,8009	14 7	6	85,6245
1	2	18 4	21	86,4344	22 6	5	86,3882	18 2	20	86,3285	8 5	11	86,3190
1	3	8 3	21	86,4169	8 6	2	86,2474	14 5	15	86,3704	14 5	15	86,3810
1	4	18 4	23	86,5135	8 6	1	86,3966	4 7	3	86,5947	18 2	20	86,3251
2	1	22 7	1	85,8721	8 6	8	85,4955	4 5	5	86,0749	6 6	5	85,7325
2	2	14 3	21	86,4475	14 3	12	86,4011	6 6	8	86,3993	6 5	18	86,3333
2	3	18 4	21	86,4837	6 4	21	86,3459	6 6	7	86,4339	18 2	20	86,3244
2	4	14 3	22	86,4561	4 7	11	86,4637	18 5	11	86,3804	18 2	20	86,3127
3	1	22 7	1	85,8613	8 6	0	85,3272	8 6	2	85,6375	18 6	2	85,8587
3	2	14 5	21	86,5293	14 6	3	86,5178	22 3	6	86,4090	18 5	6	86,7259
3	3	6 6	7	86,4529	4 3	21	86,3276	4 7	10	86,5220	18 5	13	86,7403
3	4	18 4	23	86,4939	4 4	26	86,2955	8 3	22	86,3106	14 5	12	86,3946
4	1	14 7	1	86,0865	4 7	0	85,6161	18 6	5	85,5154	22 4	11	86,2443
4	2	8 5	18	86,4515	6 5	17	86,2580	14 2	17	86,3256	4 7	5	86,6366
4	3	8 3	21	86,3836	4 3	21	86,2902	14 4	11	86,4309	18 5	5	86,6990
4	4	18 6	13	86,6290	6 4	21	86,2674	14 4	7	86,3327	14 4	15	86,4454

Fonte: do Autor.

Tabela 269: Resultados do modelo BJ/nf4 com filtro *Wavelet Fejer-Korovkin* para a malha de nível.

nd		1			2			3			4		
nb\nc		fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit	fk L	nk	fit
1	1	22 7	1	85,9231	6 4	2	85,9135	6 1	4	85,4385	6 6	2	85,7719
1	2	22 5	20	86,4489	18 6	16	86,3510	22 4	16	86,3604	22 4	16	86,3407
1	3	4 7	6	86,6507	4 7	8	86,6912	14 6	10	86,3911	14 2	21	86,3508
1	4	14 6	8	87,0995	22 6	6	86,4763	22 3	20	86,3309	4 7	13	86,4366
2	1	22 7	1	85,9134	6 4	6	85,6684	18 7	1	85,9339	18 5	11	85,8001
2	2	22 3	17	86,9742	4 7	24	86,2508	22 6	6	86,5612	4 7	2	86,6370
2	3	4 7	12	86,7050	22 4	20	86,6471	6 6	10	86,4475	4 7	6	86,3615
2	4	14 3	23	86,5233	14 1	11	86,4383	18 6	10	86,4665	18 5	14	86,4395
3	1	22 7	1	8,5925	14 7	1	85,5010	8 6	1	85,6501	18 6	7	85,8155
3	2	6 5	24	86,4253	4 7	24	86,2300	22 4	16	86,3673	18 3	12	86,3940
3	3	6 6	10	86,4484	4 7	6	86,6803	4 7	6	86,4834	18 3	15	86,4958
3	4	22 3	20	86,4358	4 5	26	86,2878	4 5	5	86,3124	4 7	13	86,5643
4	1	8 6	18	86,1750	6 2	4	85,7236	14 3	2	85,8293	18 4	15	86,6706
4	2	22 4	20	86,5278	22 2	22	86,6556	14 5	20	86,3917	4 6	18	86,4430
4	3	4 7	2	86,5838	4 7	2	86,5771	4 2	24	86,4152	4 2	24	86,3052
4	4	8 3	19	86,4577	6 3	20	86,2931	4 7	12	86,5027	14 4	15	86,3616

Fonte: do Autor.