



Modelo Autorregressivo de Integração Adaptativa

Arthur Ronald¹, Rebecca Salles¹,

Kele Belloze¹, Dayse Pastore¹, Eduardo Ogasawara^{1,*}

¹ CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

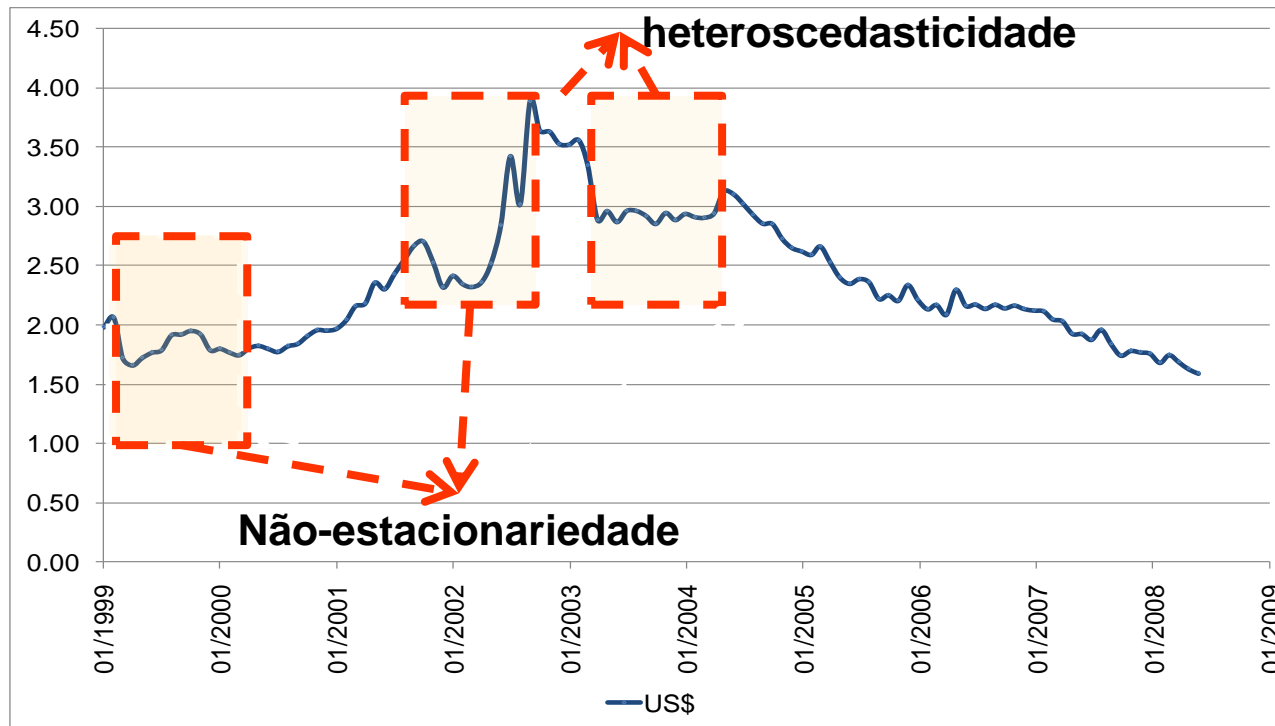
* eogasawara@ieee.org

<https://eic.cefet-rj.br/~eogasawara>



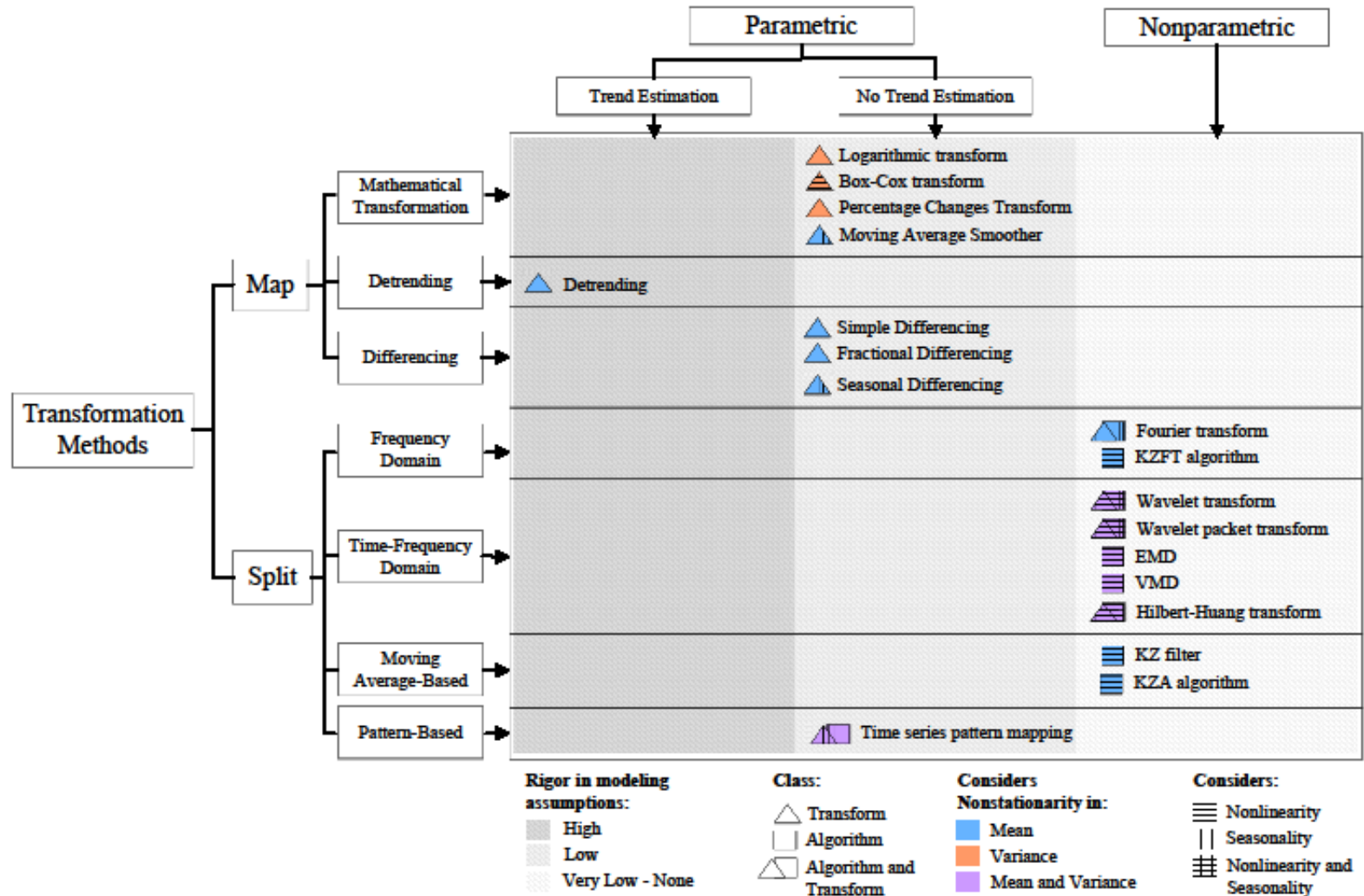
Análise de séries temporais

- Muitos fenômenos no mundo real são:
 - Não-estacionários e heteroscedásticos



- Modelos são concebidos assumindo-se estacionariedade

Técnicas de Transformação



ARIMA (modelo autorregressivo)

- Modelo seminal que aborda não-estacionariedade
- Seja X_t uma série temporal
- ARIMA(p, d, q)
 - $(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)(1 - L)^d X_t = \delta + (1 + \sum_{i=1}^q \sigma_i L^i) \varepsilon_t$
 - p lag autorregressivo
 - d grau de diferenciação
 - q ordem de média móvel
 - Se d e q forem iguais a zero, tem-se AR(p)
 - Se d e p forem iguais a zero, tem-se MA(q)
 - Se d for igual a zero, tem-se ARMA(p, q)

Normalização Adaptativa (projetado para aprendizado de máquina)

série

i	Preço em Dólar (\$)
1	1.734
2	1.720
3	1.707
4	1.708
5	1.735
6	1.746
7	1.744
8	1.759
9	1.751
10	1.749
11	1.763
12	1.753



Janela deslizante

i	$S[i] / S^{(5)}[i]$	$S[i+1] / S^{(5)}[i]$	$S[i+2] / S^{(5)}[i]$	$S[i+3] / S^{(5)}[i]$	$S[i+4] / S^{(5)}[i]$	$S[i+5] / S^{(5)}[i]$
1	1.734	1.72	1.707	1.708	1.735	1.746
2	1.72	1.707	1.708	1.735	1.746	1.744
3	1.707	1.708	1.735	1.746	1.744	1.759
4	1.708	1.735	1.746	1.744	1.759	1.751
5	1.735	1.746	1.744	1.759	1.751	1.749
6	1.746	1.744	1.759	1.751	1.749	1.763
7	1.744	1.759	1.751	1.749	1.763	1.753

inércia

EMA : $S^{(5)}$
1.721
1.729
1.734
1.742
1.745
1.747
1.752

Normalização adaptativa

i,	$S[i] / S^{(5)}[i]$	$S[i+1] / S^{(5)}[i]$	$S[i+2] / S^{(5)}[i]$	$S[i+3] / S^{(5)}[i]$	$S[i+4] / S^{(5)}[i]$	$S[i+5] / S^{(5)}[i]$
1	1.008	1.000	0.992	0.993	1.008	1.015
2	0.995	0.987	0.988	1.003	1.010	1.009
3	0.984	0.985	1.000	1.007	1.006	1.014
4	0.980	0.996	1.002	1.001	1.010	1.005
5	0.994	1.000	0.999	1.008	1.003	1.002
6	1.000	0.999	1.007	1.003	1.001	1.009
7	0.995	1.004	0.999	0.998	1.006	1.001

Alguns desafios associados a não-estacionariedade

- Modelos de aprendizado de máquina
 - São complexos
 - Otimização de hiperparâmetros pode ocultar as propriedades das técnicas de pré-processamento
- Modelos lineares/autorregressivos
 - São mais fáceis de interpretar
 - Não foram concebidos para janelas deslizantes

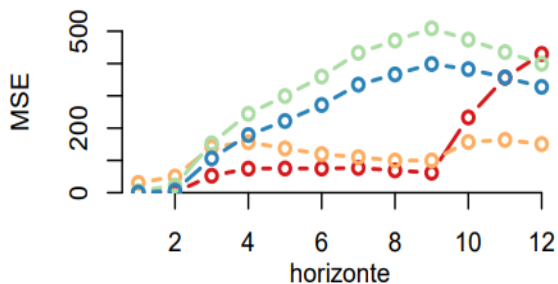
ARAI

- Combina normalização adaptativa em modelos autorregressivos
- Mapeamento de série temporal em janelas deslizantes
 - $A = sw_p(\mathbf{x}), \forall a_i \in A, a_i = seq_{p,i}(\mathbf{x})$
- Função inercial
 - $f(v) = f(a_{i_1}, \dots, a_{i_p}) = \frac{\sum_{j=1}^{|v|} (v_j)}{|v|}$
- Transformação
 - $b_{i_j} = a_{i_j} - f(a_{i_1}, \dots, a_{i_p}), \forall j \in [1, p + 1]$
- Modelo autorregressivo de integração adaptativa: ARAI
 - $b_{p+1} = \delta + \phi_1 b_1 + \dots + \phi_p b_p + \epsilon_{p+1}$

Resultados

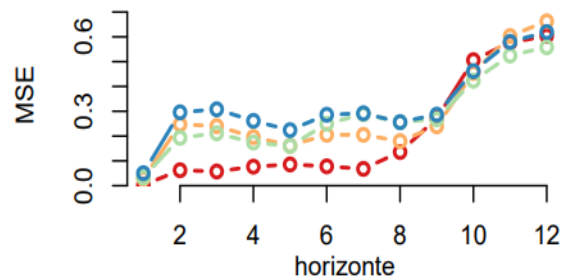
Séries mais usadas no Ipeadata

Salário mínimo real



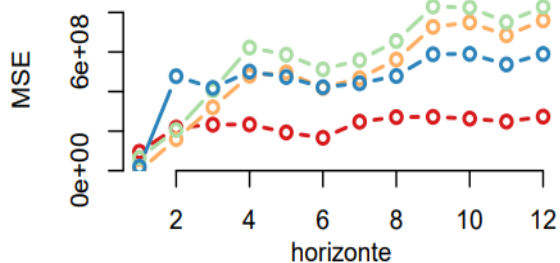
Treino: [07/1994, 03/2018]
Teste: [04/2018, 03/2019]

Índice de desemprego



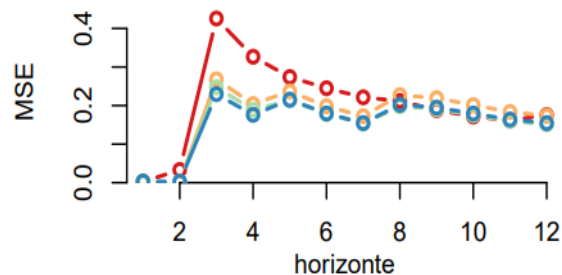
Treino: [12/1984, 02/2018]
Teste: [03/2018, 02/2019]

PIB



Treino: [07/1994, 03/2018]
Teste: [04/2018, 03/2019]

IPCA

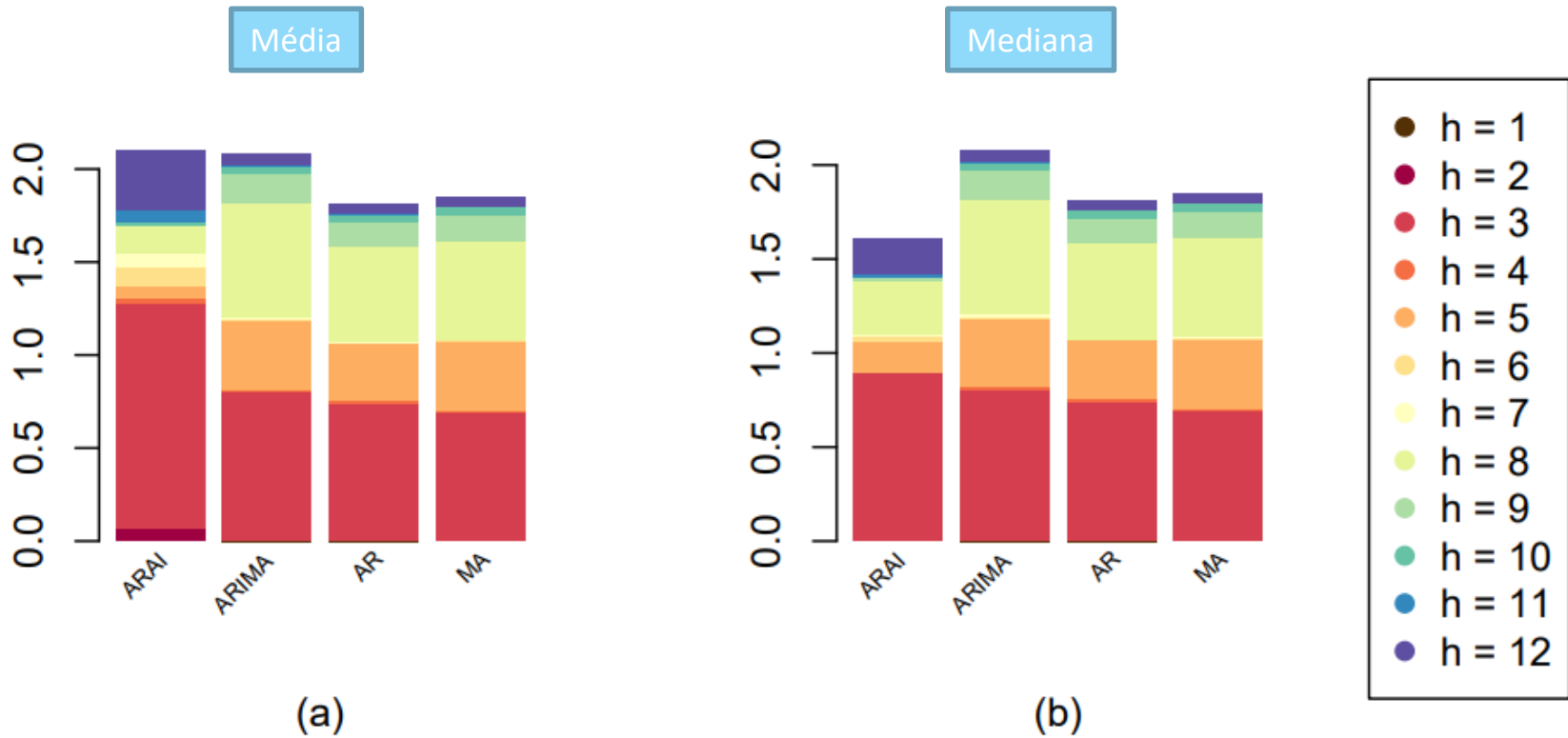


Treino: [07/1994, 03/2018]
Teste: [04/2018, 03/2019]

● ARAI ● ARIMA ● AR ● MA

Boa previsão até seis passos a frente, degrada a partir da nono passo

Análise da série IPCA



- Problema na terceira observação (greve dos caminhoneiros)
- Nas previsões seguintes, ARIA se recupera, mas degenera no final

Considerações finais

- O ARAI obteve desempenho superior ao ARIMA para horizontes no curto e médio prazo
- O ARAI preserva as características originais da série
- Trabalho futuros
 - Análise das propriedades estatísticas da normalização adaptativa
 - ARAIMA(p, q)



Modelo Autorregressivo de Integração Adaptativa

Arthur Ronald¹, Rebecca Salles¹,
Kele Belloze¹, Dayse Pastore¹, Eduardo Ogasawara^{1,*}

¹ CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

* eogasawara@ieee.org

<https://eic.cefet-rj.br/~eogasawara>

