



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

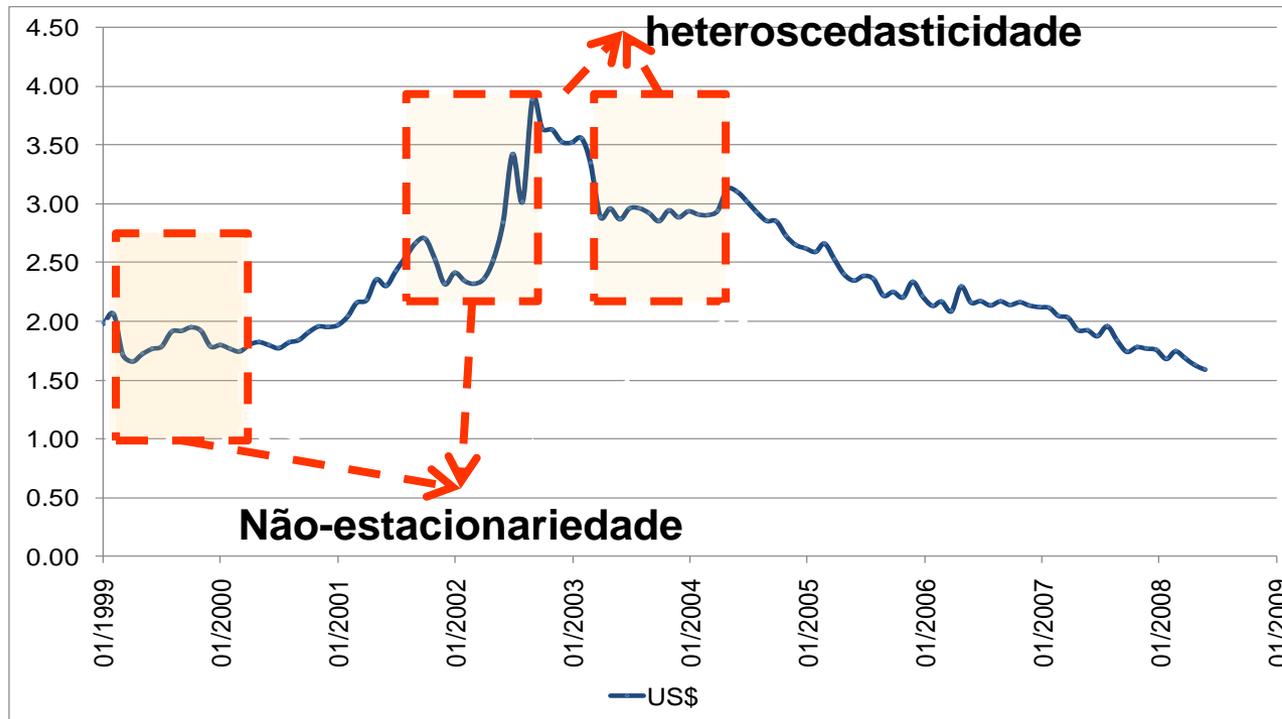
* eogasawara@ieee.org

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



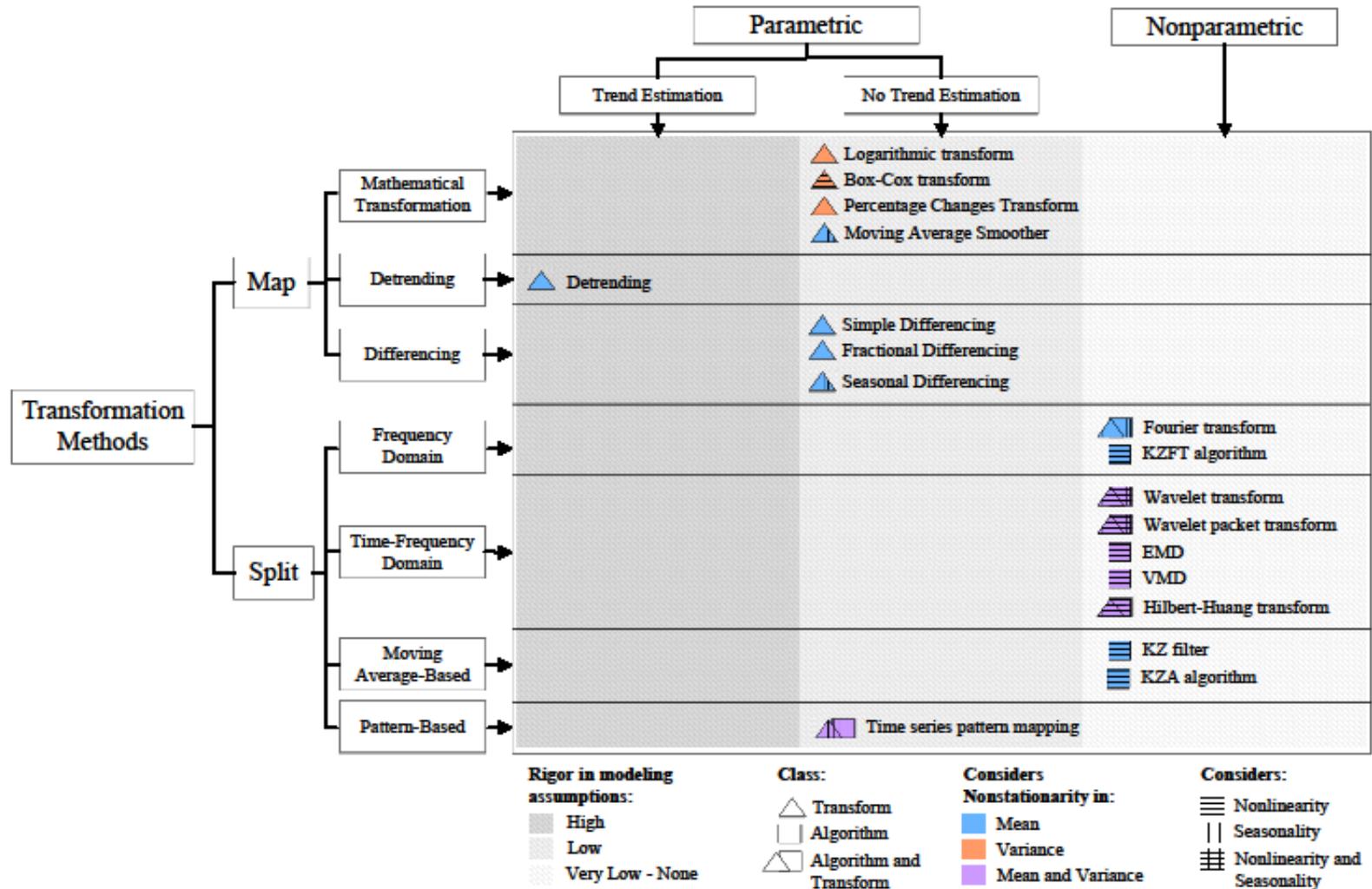
Análise de séries temporais

- 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

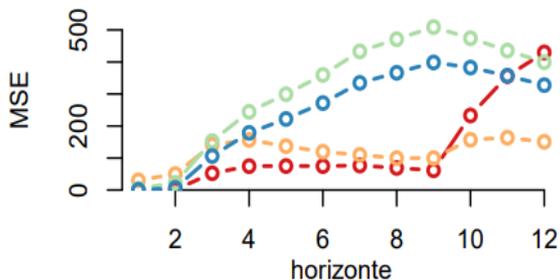
ARAI

- 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

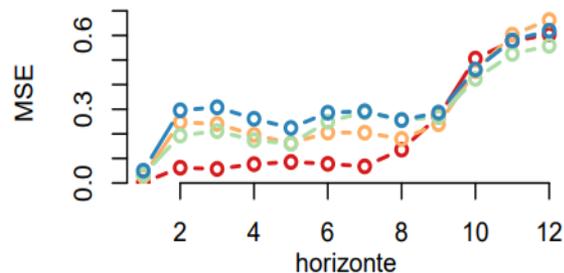
Séries mais usadas no Ipeadata

Salário mínimo real



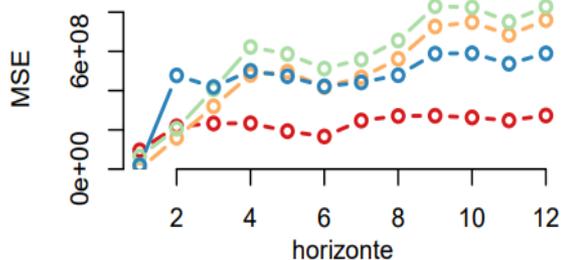
Treino: [07/1994, 03/2018]
Teste: [04/2018, 03/2019]

Índice de desemprego



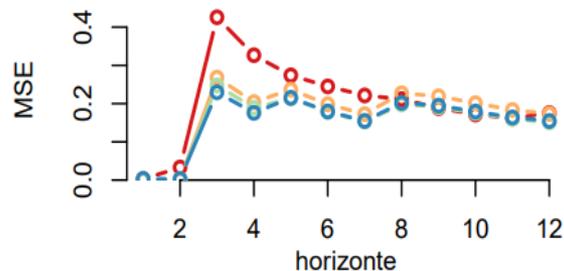
Treino: [12/1984, 02/2018]
Teste: [03/2018, 02/2019]

PIB



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

IPCA

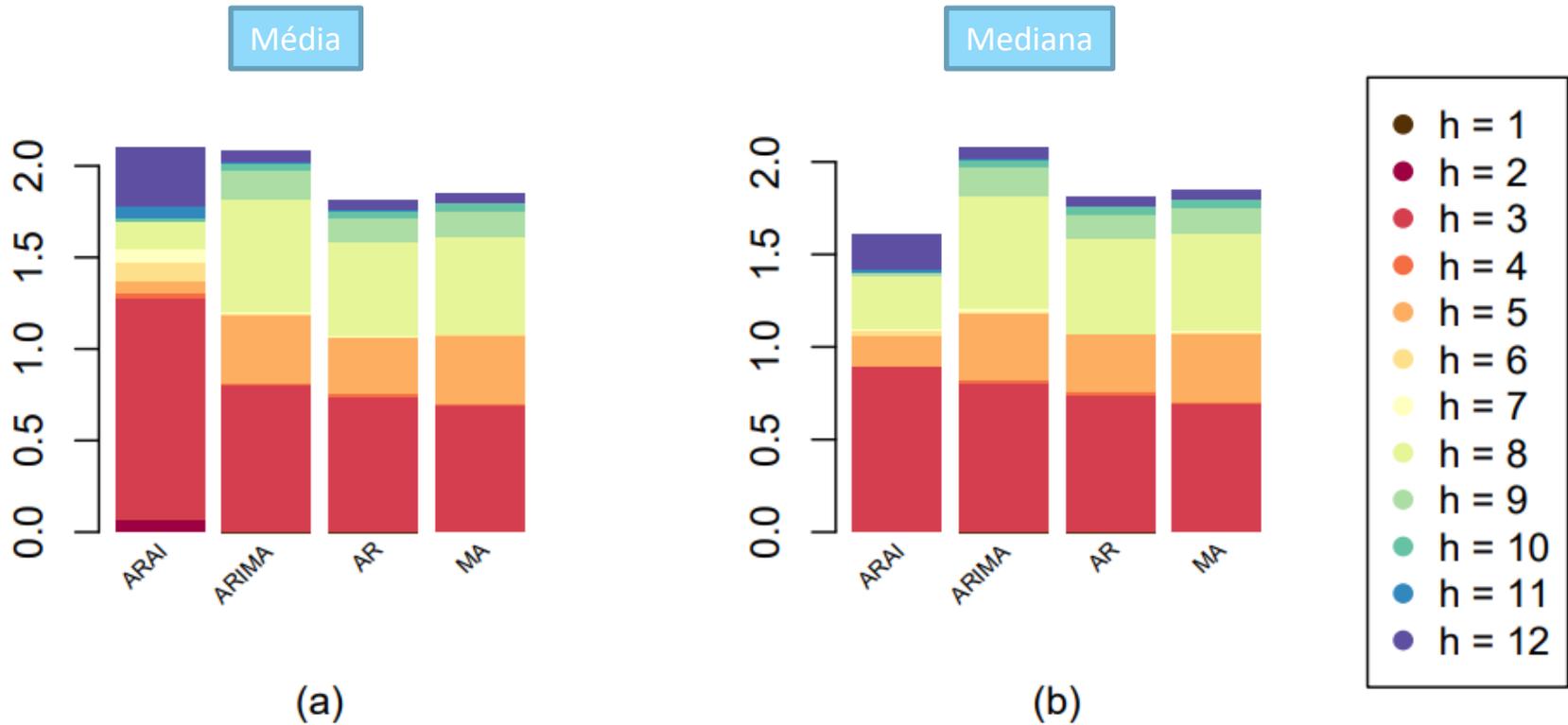


Treino: [07/1994, 03/2018]
Teste: [04/2018, 03/2019]

● 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>

