

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso:

**Modelagem e Previsão de Séries Temporais
com Tendência e Sazonalidade:
Uma Comparação entre os Modelos de
Holt-Winters e SARIMA**

Nome do Aluno

Disciplina: SME0808 - Séries Temporais e Aprendizado Dinâmico.

Professor Dr. Marinho G. Andrade

Curso de Estatística e Ciências de Dados

SME-ICMC-USP

São Carlos /SP.

2º Semestre de 2025

Resumo

Este trabalho propõe a modelagem e previsão de uma série temporal que apresente tendência e sazonalidade, por meio da comparação entre dois métodos amplamente utilizados: o modelo de suavização exponencial de Holt-Winters e o modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonais (SARIMA). O objetivo é avaliar o desempenho preditivo de cada abordagem e discutir suas vantagens e limitações. A comparação será realizada com base em medidas de acurácia como RMSE, MAE e MAPE, bem como na análise dos resíduos e da adequação dos modelos. Espera-se que o estudo contribua para o melhor entendimento dos métodos de previsão aplicados a séries temporais com estrutura sazonal e tendências persistentes.

1 Introdução

A análise e previsão de séries temporais desempenham um papel fundamental em diversas áreas do conhecimento, como economia, climatologia, energia e logística. Muitas dessas séries exibem comportamento sistemático ao longo do tempo, refletindo tanto uma tendência de crescimento ou decréscimo quanto flutuações sazonais regulares.

Entre os métodos disponíveis para modelagem e previsão, destacam-se o **método de Holt-Winters** e os **modelos SARIMA (Seasonal ARIMA)**. O primeiro adota uma abordagem baseada em suavização exponencial, que se ajusta dinamicamente a mudanças nos padrões da série. O segundo se fundamenta em uma formulação estatística explícita, incorporando componentes autorregressivas e de médias móveis, além de diferenciações sazonais e não sazonais.

Este trabalho propõe comparar essas duas abordagens aplicadas a uma série temporal real, a fim de avaliar o desempenho preditivo e a adequação de cada modelo.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Comparar o desempenho dos modelos de Holt-Winters e SARIMA na modelagem e previsão de séries temporais com tendência e sazonalidade.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar e caracterizar a presença de tendência e sazonalidade na série analisada;
- Ajustar os modelos de Holt-Winters (aditivo e multiplicativo);
- Identificar e estimar o modelo $\text{SARIMA}(p, d, q)(P, D, Q)_s$ mais adequado;
- Avaliar o desempenho preditivo de ambos os modelos por meio de medidas de erro (RMSE, MAE e MAPE);
- Comparar e discutir os resultados quanto à precisão e aplicabilidade.

3 Fundamentação Teórica

3.1 Modelos de Suavização Exponencial: Holt-Winters

O modelo de Holt-Winters estende a suavização exponencial simples para capturar simultaneamente tendência e sazonalidade.

Na forma aditiva, o modelo é expresso como:

$$L_t = \alpha (y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha) (L_{t-1} + T_{t-1}), \quad (1)$$

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}, \quad (2)$$

$$S_t = \gamma (y_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-s}, \quad (3)$$

em que α , β e γ são parâmetros de suavização, L_t representa o nível, T_t a tendência e S_t o componente sazonal.

Equação de previsão h passos à frente

$$\hat{y}_{t+h|t} = L_t + h T_t + S_{t-s+h}, \quad h \geq 1. \quad (4)$$

Inicialização sugerida (exemplo simples)

$$L_0 = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s y_i, \quad (5)$$

$$T_0 = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (y_{i+(j-1)s} - y_{i+(j-2)s}) \right) \quad (\text{ou } T_0 = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s (\bar{y}_{i+s} - \bar{y}_i)), \quad (6)$$

$$S_i = y_i - L_0, \quad i = 1, \dots, s \quad (7)$$

Na forma multiplicativa, o modelo é expresso como:

$$L_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}), \quad (8)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}, \quad (9)$$

$$S_t = \gamma \frac{y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}, \quad (10)$$

$$\hat{y}_{t+h} = (L_t + hT_t)S_{t-s+h}, \quad (11)$$

3.2 Modelos SARIMA

Os modelos SARIMA(p, d, q)(P, D, Q) $_s$ combinam diferenciação não sazonal e sazonal com termos autorregressivos (AR) e de médias móveis (MA):

$$\Phi_P(B^s)\phi(B)(1 - B)^d(1 - B^s)^D y_t = \Theta_Q(B^s)\theta(B)\varepsilon_t, \quad (12)$$

onde B é o operador de defasagem, s representa o período sazonal e ε_t é o ruído branco.

A identificação do modelo adequado pode ser realizada pela análise das funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF), complementada por critérios

de informação como AIC e BIC.

4 Metodologia

1. **Coleta dos dados:** será escolhida uma série temporal com periodicidade mensal ou trimestral, apresentando tendência e sazonalidade, como consumo de energia elétrica, vendas no varejo ou temperatura média.
2. **Análise exploratória:** decomposição da série e inspeção visual dos padrões de tendência e sazonalidade.
3. **Modelagem Holt-Winters:** ajuste dos modelos aditivo e multiplicativo e escolha do mais adequado com base nas métricas de erro.
4. **Modelagem SARIMA:** identificação das ordens $(p, d, q)(P, D, Q)_s$, estimação dos parâmetros e diagnóstico de resíduos.
5. **Validação e comparação:** divisão da série em conjuntos de treino e teste e comparação dos modelos com base em medidas de desempenho (RMSE, MAE, MAPE).
6. **Discussão e conclusão:** interpretação dos resultados e análise das vantagens e limitações de cada abordagem.

5 Resultados Esperados

Espera-se que ambos os modelos capturem adequadamente os padrões de tendência e sazonalidade da série temporal. O modelo SARIMA tende a apresentar melhor desempenho em séries longas e bem estruturadas, enquanto o modelo de Holt-Winters pode ser mais eficiente em séries curtas ou quando se deseja atualização automática dos parâmetros. A análise comparativa permitirá avaliar a robustez, a interpretabilidade e a precisão de cada abordagem.

Referências

- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2016). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 5th ed., Wiley.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice*. 3rd ed., OTexts. Disponível em: <https://otexts.com/fpp3/>
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Wiley.
- Morettin, P. A., & Toloi, C. M. C. *Análise de séries temporais*. 3. ed. São Paulo: Editora Blücher, 2018.