



# Análise de série histórica e previsão de consumo de água para a cidade de São Mateus-ES

Feroni, R. C.<sup>1\*</sup>; Vinturini, A. R.<sup>1</sup>; Galvão, E. S.<sup>2</sup>

1 Departamento de Engenharias e Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, Brasil.

2 Departamento de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

\* e-mail: rita.feroni@ufes.br

## Resumo

Métodos de previsão de demanda podem ser instrumentos que auxiliam a gestão dos sistemas de abastecimento de água. Assim, o objetivo do presente trabalho é investigar e prever o volume de água consumido na cidade de São Mateus-ES a partir dos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. A série histórica analisada compreende o período de 1997 a 2018 (período mais recente disponível). O Software R foi utilizado para a análise e tratamento dos dados e para o processo de previsão do consumo de água até o ano de 2030, a partir do método de Holt-Winters aditivo e multiplicativo. Os dados faltantes foram preenchidos pelo método de imputação múltipla. Não foi possível verificar graficamente a presença de tendência na série de dados de volume de água consumido. Os resultados mostram, a partir do teste de Dickey-Fuller aumentado, que a série é estacionária. O uso da função HoltWinters no software R resultou no melhor modelo Holt-Winters possível com base nas características da série de dados. Os métodos de Holt-Winters aditivo e multiplicativo, mostraram resultados similares, acompanhando alguns picos e vales, com destaque ao método aditivo por resultar em menores erros associados a previsão.

## Abstract

Demand forecasting methods can be tools to assist the management of water supply systems. Thus, the objective of this work is to investigate and predict the volume of water consumed in the city of São Mateus-ES based on data from the System National Information about Sanitation. The analyzed time series comprehends the period from 1997 to 2018 (most recent period available). The R Software was used in the analysis and treatment of the data and for the forecasting of water consumption, that was carried out until the year 2030 using the additive and multiplicative Holt-Winters methods. The missing data were filled by multiple imputation method. It was not possible to verify graphically the presence of any trend in the water volume data. From the augmented Dickey-Fuller test, it was concluded that the series is stationary. The use of the HoltWinters function in R software results in the best possible Holt-Winters model based on the characteristics of the data series. The additive and multiplicative Holt-Winters methods showed similar results, following some peaks and valleys, highlighting the additive method for resulting in less associated errors.

Keywords (Palavras chaves): volume de água consumido, série temporal, previsão.

## 1. Introdução

Algumas cidades que utilizam os rios que compõem a bacia do rio São Mateus vêm sofrendo com a escassez e problemas na qualidade da água nos últimos anos. A cidade de São Mateus tem enfrentado escassez e/ou comprometimento da qualidade da água para o consumo humano em alguns bairros, devido a

salinidade da água bruta captada pela concessionária em alguns momentos [1]. A fim de minimizar este problema, o sistema de abastecimento de água da cidade conta com a contribuição de poços de água perfurados em São Mateus [2].

Estimar o volume de água produzido, tratado e consumido pela população é uma etapa importante

para o planejamento e gestão de sistemas de abastecimento de água. Neste contexto, o método de suavização exponencial de Holt-Winters vem sendo utilizado em estudos de previsão de volume de água [3,4,5]. A simplicidade é reconhecida como uma vantagem dos métodos de suavização exponencial [5].

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é investigar e prever o volume de água consumido na cidade de São Mateus-ES utilizando o método de Holt-Winters para a previsão.

## 2. Metodologia

A série histórica de volume de água consumido anualmente na cidade de São Mateus-ES compreende o período de 1997 a 2018, e foi coletada do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS [6], onde os dados são fornecidos pela concessionária de água local. O Software R foi utilizado no processo de análise e tratamento da série, e também no processo de previsão. Para a série de dados de volume de água consumido, foi assumido que o volume faturado é provavelmente maior que o volume consumido [6]. Utilizou-se o método boxplot para identificar possíveis outliers, e os dados faltantes da série foram preenchidos no R pelo método de imputação múltipla.

Para a previsão até 2030, foi empregado o método de Holt-Winters multiplicativo, onde a amplitude da variação sazonal aumenta ou diminui como função do tempo, dado pelas Equações (1) a (4), adaptadas de [7], no Quadro 1, e o método de Holt-Winters aditivo, onde a amplitude da variação sazonal é constante ao longo do tempo, dado pelas equações de (5) a (8), adaptadas de [7]. Nas equações aparecem uma componente relacionada a previsão ( $\hat{z}_{t+k}$ ), ao nível ( $L$ ), a tendência ( $T$ ) e a sazonalidade ( $S$ ). Os valores iniciais das componentes foram calculados conforme descrito em Holt-Winters Filtering no R.

## 3. Discussão dos resultados

A Figura 1 mostra o comportamento da série histórica de dados de volume de água consumido na cidade de São Mateus. Aproximadamente 93% do volume de água consumido no período de 1997 a 2018 refere-se ao consumo residencial [6]. Graficamente, não foi possível verificar qualquer tendência na série.

Adicionalmente, ao analisar a série de dados, verificou-se que, a partir do teste de Dickey-Fuller aumentado é possível rejeitar a hipótese nula da série ser não estacionária (p-valor<0,05). A partir dos testes não paramétricos de Cox-Stuart e Mann-Kendall, não foi possível rejeitar a hipótese nula de não existir

Holt-Winters multiplicativo	
$\hat{z}_{t+k} = (L_t + kT_t) S_{t-s+k}$	(1)
$L_t = \alpha \frac{z_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$	(2)
$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$	(3)
$S_t = \gamma \frac{z_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$	(4)
Holt-Winters aditivo	
$\hat{z}_{t+k} = (L_t + kT_t) + S_{t-s+k}$	(5)
$L_t = \alpha(z_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$	(6)
$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$	(7)
$S_t = \gamma(z_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$	(8)
Subscritos: t: refere-se ao período; s: comprimento da sazonalidade; k: períodos a frente; Variáveis, $\hat{z}_{t+k}$ : previsão para k períodos a frente; $\hat{z}$ : previsão de demanda; z: valor real observado na série; L: estimativa para o nível da série; T: estimativa da tendência da série; S: estimativa de sazonalidade da série; $\alpha, \beta$ e $\gamma$ : constantes de suavização	

tendência na série de dados (p-valor>0,05). Adicionalmente, a partir do teste de Pettitt, não foi possível rejeitar a hipótese nula de ausência de um ponto de mudança na série (p-valor>0,05).

Quadro 1: Equacionamento do método

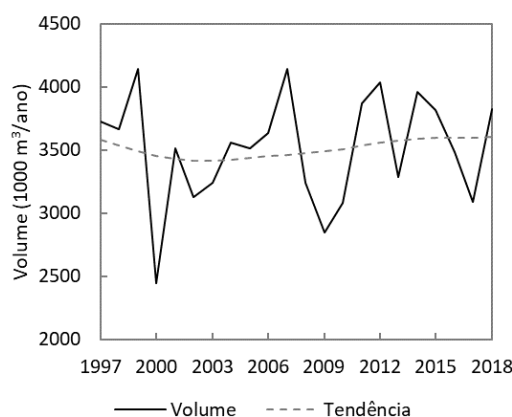


Figura 1: Comportamento do volume de água consumido

Apesar da população residente no município apresentar tendência crescente no período de estudo [6], o comportamento da série de consumo de água residencial não é similar. Um dos fatores que pode ajudar a explicar esse comportamento é a percepção dos consumidores em relação a qualidade e ao volume de água distribuído pela concessionária que vem apresentando, ao longo dos anos, altos níveis de salinidade, principalmente na estação seca, o que levou a população local a procurar fontes alternativas

de água, resultando em um menor volume de água consumido da concessionária [8].

As Figuras 2 e 3 mostram respectivamente os resultados dos métodos de Holt-Winters aditivo e multiplicativo. Pode-se notar graficamente que ambos os métodos mostram resultados similares, conseguindo acompanhar alguns picos e vales da demanda real.

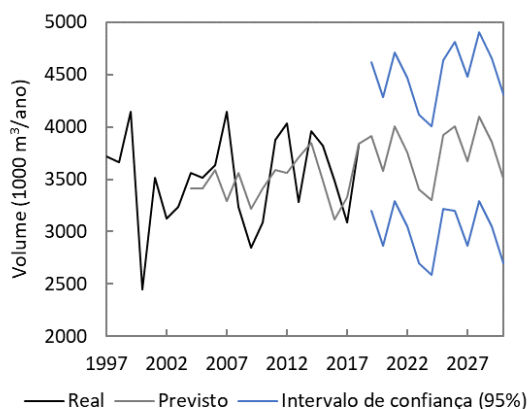


Figura 2: Previsão com Holt-Winters aditivo

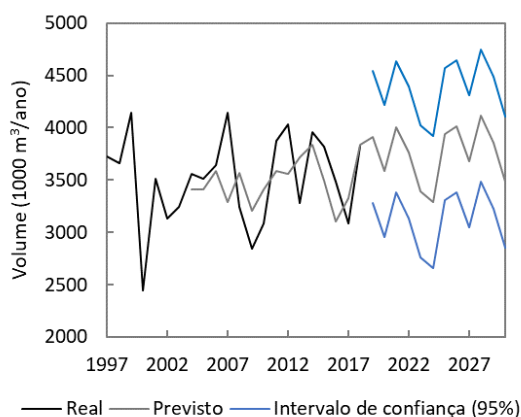


Figura 3: Previsão com Holt-Winters multiplicativo

A Tabela 1, mostra as constantes do modelo, que minimizam a soma do quadrado dos erros e os erros associados as previsões. Valores menores para as constantes de suavização indicam que observações mais antigas da série possuem uma grande influência nos valores previstos, e provavelmente, existe pouca variação das componentes da série ao longo do tempo.

As medidas de erros para ambos os métodos são similares, como pode ser visto na Tabela 1, para os valores de EM, EPM e EPAM, porém, destaca-se o método aditivo como o que apresenta menor erro associado a previsão.

Tabela 1: Constantes de suavização e análise de erro

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	EM	EPM	EPAM
HWA	0,00	0,00	0,53	68,46	1,03	8,34

HWM	0,00	0,00	0,52	68,53	1,04	8,36
-----	------	------	------	-------	------	------

HWA: Método Holt-Winters aditivo; HWM: Método Holt-Winters multiplicativo; EM: erro médio; EPM: erro percentual médio; EPAM: erro percentual absoluto médio.

## 4. Conclusão

O presente estudo analisou a série temporal de consumo de água residencial da cidade de São Mateus-ES no período de 1997 a 2018, a partir de dados do SNIS. Neste estudo foi contabilizado apenas o volume de água fornecido ao SNIS pela concessionária local. A série histórica de volume de água consumido é estacionária no período analisado. O uso da função HoltWinters no software R resulta no melhor modelo Holt-Winters possível com base nas características da série de dados. Os métodos de Holt-Winters aditivo e multiplicativo, mostraram resultados similares, destacando-se o método aditivo por resultar em menores erros associados a previsão.

## 5. Agradecimentos

Ao Programa de Iniciação Científica da UFES.

## 6. Referências

- [1] AGERH, Agência Estadual de Recursos Hídrico, Diagnóstico e o prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do Rio São Mateus. Disponível em <www.agerh.es.gov.br>. Acesso em 19 Abr. 2020.
- [2] PMSM, Prefeitura Municipal de São Mateus. Disponível em <www.saomateus.es.gov.br>. Acesso em: 05 Jun. 2020.
- [3] BARROS, V. F. A; MENEZES, J. E. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 7, p. 1272-1282, 2012.
- [4] COMUNELLO, A. C.; DAMINELLI, L. M.; BORTOLOTTI, S. L. V. Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, v. 2, p. 10-19, 2014.
- [5] HORIELOVA, K. A.; ZADACHYN, V. M. Системи обробки інформації, p. 143-148, 2016.
- [6] SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em <www.snis.gov.br>. Acesso em 19 Set. 2020.
- [7] MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. Forecasting methods and applications. John Wiley & Sons: 2008.
- [8] VINTURINI, A. R.; FERONI, R. C; GALVÃO, E. S. Water Supply. 2020.



Blucher Proceedings  
**10<sup>th</sup> Workshop of Applied Crystallography**  
UFES, Vitória – ES, Brasil, December 2020

**Blucher**