

ANÁLISE E PREVISÃO DA DEMANDA DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE MEDIANEIRA-PR USANDO O MODELO DE HOLT-WINTERSTHEMATIC

ANALYSIS AND FORECAST OF DEMAND OF WATER IN THE MUNICIPALITY OF USING
MEDIANEIRA-PR MODEL OF HOLT-WINTERSTHEMATIC

COMUNELLO, Ana Carla ¹, DAMINELLI, Lais Marques ², BORTOLOTTI, Silvana Ligia Vincenzi
email: laismarquesdaminelli@gmail.com

Resumo

A água é um elemento vital para a sobrevivência do ser humano. Logo, a previsão do consumo de água constitui um fator de grande importância para o planejamento e gerenciamento dos sistemas de distribuição de água. Deste modo, este artigo propõe um estudo de aplicação de séries temporais na análise da demanda de água no município de Medianeira-PR. Para tal análise foram utilizados os modelos de Holt-Winters multiplicativo e aditivo para determinar a previsão da demanda e a oferta de água no município. Os dados foram cedidos pela Sanepar. Os resultados obtidos mostram que o modelo de Holt-Winters se ajustou bem aos dados por ter permitido a realização de previsões sobre a demanda de consumo de água de modo significativo estatisticamente.

Palavras-chave: Demanda de água; séries temporais; modelo Holt-Winters.

Abstract

Water is vital for the survival of the human element. Therefore, the prediction of water consumption is a major factor for the planning and management of water distribution systems. Thus, this paper proposes a study of the application of time series analysis of water demand in the city of Medianeira-PR. For this analysis the models of Holt-Winters multiplicative and additive were used to determine the demand forecast and the water supply in the city. The data were provided by SANEPAR. The results show that the Holt-Winters model fitted the data well for having allowed the realization of predictions about the demand for water consumption statistically significant way.

Keywords: Demand for water; time series; Holt-Winters model.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso escasso em escala mundial, sendo apontada como um dos principais problemas da atualidade devido às suas limitações relacionadas à quantidade e/ou à qualidade. Nas cidades, os problemas de abastecimentos estão diretamente relacionados ao crescimento da demanda, ao desperdício e à urbanização descontrolada. Na zona rural, os recursos hídricos são também explorados de forma irregular, pelo uso intensivo das práticas agropecuárias, pelo uso do solo em áreas de preservação, entre outros, onde parte da vegetação protetora da bacia (mata ciliar) é destruída para realização de atividade como agricultura e pecuária, com agrotóxicos e dejetos podendo atingir os corpos d'água causando a poluição das águas (CIOTTI et al., 2008).

No Brasil, os serviços prestados para abastecimento de água são tradicionalmente realizados por companhias municipais e estaduais, cujas operações de captação, estocagem, tratamento e distribuição de água são financiadas por meio de tarifas (FONTENELE et al., 2009). No município de Medianeira-PR este serviço é prestado pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR, 2012).

Sem água não haveria vida em nosso planeta, ela é de extrema importância para todos os seres vivos que habitam a Terra. Embora este recurso seja encontrado em abundância em nosso planeta (cerca de 70% da superfície é composto por água), somente 4% da água é doce, ou seja,

própria para o consumo. Entende-se que há uma necessidade de um estudo voltado ao consumo de água, no sentido de ter informações que permitam um planejamento efetivo do uso adequado de água no município de Medianeira-PR.

Este trabalho objetiva utilizar um modelo de séries temporais, neste caso os modelos Holt-Winters multiplicativo e aditivo para análise e previsão da demanda de água no município de Medianeira-PR para os meses de junho a dezembro de 2012, baseado nos dados dos anos de 2007 até maio de 2012. Os resultados foram obtidos por meio do software Excel.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Sanepar nas regiões em que atua, atende com água tratada 9,5 milhões de pessoas, prestando serviços de fornecimento de água tratada, coleta e tratamento de esgoto sanitário e gerenciamento de resíduos sólidos. A cobertura da rede de água tratada chega a 100% da área urbana, está sediada em Curitiba (PR), conta com 176 Estações de Tratamento de Água (ETA) e 225 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) estabelecidas em todo o Estado (SANEPAR, 2012).

Segundo TSUTIYA (2006), manancial é o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. O manancial deve estar inserido nos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, visando esta a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

No município de Medianeira o Rio Alegria é responsável pelo abastecimento da cidade, sendo classificado como classe 2 enquadrando-se na utilização de abastecimento após tratamento convencional. De acordo com Art.3º, III da Resolução CONAMA 357/05 as especificações de um rio classe 2 são águas que podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- à aquicultura e à atividade de pesca.

Desde 1993 um conjunto de obras melhora o saneamento em Medianeira, com a construção de uma nova Estação de Tratamento de Água (atual). Com a implantação do sistema de coleta e tratamento de esgoto, construção de reservatório de 3000 m³, houve o aumento na Rede de Distribuição de Água, Elevatórias de água nos bairros e automatização do sistema de captação emergencial localizada no Rio Ocoí, movida a diesel, hoje desativada. Em 1994 ocorreu a inauguração das obras.

Segundo Silva et al. (2006), a previsão de demanda entre outras estatísticas constitui um fator importante no processo decisório, tanto no nível estratégico quanto no operacional para as empresas de abastecimento de água, pois

poderiam planejar melhor as atividades que desenvolve, como atividades de infraestrutura, capacidade, gerenciamento de fornecimento, coleta e tratamento de água. Prever níveis de demanda é vital à empresa como um todo, porque fornece as entradas básicas para planejamento e controle de todas as áreas funcionais. As empresas, de uma ou de outra maneira, direcionam suas atividades para o direção em que esperam que seu negócio caminhará, portanto as técnicas de previsão são fundamentais (BALLOU, 2001).

Como ferramenta para elaboração destas previsões, as técnicas estatísticas serviram para auxilia em importantes tarefas profissionais, sintetizando e representando de forma compreensível à informação contida num conjunto de dados, através de vários métodos para obtenção de conclusões e para tomada de decisões (RUSSO; ILGNER; BASSO, 2003).

2.1 Séries Temporais

Os modelos de séries temporais são ferramentas importantíssimas e têm sido largamente utilizadas nos mais diversos campos do conhecimento. Esta técnica permite o planejamento de infraestrutura à capacidade, reduzindo riscos inerentes ao processo decisório das atividades. As previsões são utilizadas por diversos setores da empresa, como no departamento de finanças, de produção, de compras, de recursos humanos, entre outros (SERRA et al., 2005).

Ao se realizar um estudo de séries temporais, pode-se estar interessado em:

- a) Investigar o mecanismo gerador da série temporal;
- b) Fazer previsões de valores futuros das séries;
- c) Descrever apenas o comportamento da série, como tendências e sazonalidades, por exemplo;
- d) Procurar periodicidades relevantes nos dados (PEREIRA; CORDEIRO, 2010).

Uma série temporal é uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico. O conjunto de observações ordenadas no tempo pode ser discreto ou contínuo, podendo-se obter uma série temporal discreta a partir de uma amostra de pontos de uma série contínua ou por meio de um parâmetro (LATORRE; CARDOSO, 2001).

Na análise de uma série temporal, primeiramente deseja-se modelar o fenômeno estudado e com base nesta modelagem descrever o comportamento da série, realizar estimativas e, por fim, avaliar quais os fatores que poderiam influenciar o comportamento da mesma, buscando definir relações de causa e efeito entre duas ou mais séries. Para tanto, há um conjunto de técnicas estatísticas disponíveis que dependem do modelo definido (ou estimado), bem como do tipo de série analisada e do objetivo do trabalho (LATORRE; CARDOSO, 2001).

De acordo com Makridakis, Wheelwright e

Hyndman (1998), a previsão é tida como ferramenta que deve ser executada mediante algumas etapas:

- (1) Definição do problema;
- (2) Coleta de dados;
- (3) Análise preliminar dos dados;
- (4) Escolha e ajuste de modelos e
- (5) Uso e avaliação do modelo de previsão.

Realizar essas etapas a fim de primeiramente identificar a existência de algum padrão geral e não aleatório no comportamento dos dados, ou seja, crescimento ou decréscimo visivelmente definidos e escolher o modelo adequado para fazer possíveis previsões futuras de comportamento do fenômeno estudado. Em suma, o estudo de séries temporais tem o propósito de identificar o padrão básico presente nos dados históricos e, então, usar esse padrão para prever valores futuros, analisando tendências, sazonalidade, ciclos, entre outras estatísticas descritivas.

2.1.1 Modelo Holt-Winters (HW)

Holt-Winters é um dos métodos de previsão que permite a adaptação da sazonalidade ao longo o tempo, utilizando a média móvel transformada de simples em exponencial, representando melhor a tendência e a sazonalidade dos dados (MILNITZ et al., 2011).

Os modelos de Holt-Winters podem ser usados satisfatoriamente para dados de demandas que apresentam tendência linear, além de um componente de sazonalidade. Em outras palavras

é a repetição de padrões cíclicos em períodos relativamente constantes, sendo aplicado em séries não estacionárias (PAIVA, 2011).

Segundo Morettin e Tolo (2004) as vantagens desse modelo referem-se à facilidade de entendimento, a aplicação não dispendiosa, sendo considerada adequada para estudo de série com padrão de comportamento geral. Em contra partida apresenta dificuldades de determinar os valores mais apropriados das constantes de suavização e/ou impossibilidade de estudar as propriedades estatísticas, tais como média e variância da previsão e, conseqüentemente, a construção de um intervalo de confiança.

O algoritmo de Holt-Winters é o método de alisamento exponencial utilizado em séries sazonais que podem ser decompostas localmente pela soma do nível, da tendência e de um ruído aleatório com média zero e variância constante (BAYER; SOUZA, 2010).

Portanto, o modelo Holt Winters é adequado para previsões cujos dados, agrupados em séries temporais, apresentam como componentes básicos, nível, ou um nível acompanhado de uma tendência, ou ainda, um nível acompanhado de uma tendência e mais um fator sazonal, além de um erro aleatório. É possível classificar o modelo HW em dois tipos de procedimentos multiplicativo e aditivo, cuja utilização depende das características das séries consideradas. Tais procedimentos são baseados em equações e constantes de alisamento que estão associadas a cada uma das componentes do

padrão da série: nível, tendência e sazonalidade. O nível caracteriza-se por um parâmetro de flutuação das observações, a tendência é o comportamento crescente ou decrescente da série, a sazonalidade apresenta fenômenos com periodicidade regular (SPANHOL et al., 2004).

O modelo Holt-Winters Aditivo é utilizado quando a amplitude da variação sazonal mantém-se constante, ou seja, a diferença entre o maior e o menor ponto de demanda nos ciclos permanece constante num determinado período tempo (ALBUQUERQUE; SERRA, 2006).

O modelo Holt-Winters obtido pelo procedimento Multiplicativo é utilizado quando a amplitude da variação sazonal aumenta com o tempo, ou seja, a diferença entre o maior e o menor ponto de demanda nos ciclos cresce com o passar do tempo (ALBUQUERQUE; SERRA, 2006).

Para a série aditiva, a equação geral é dada por (BAYER; SOUZA, 2010):

$$y_t = N_t + b_t + S_t + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n, \quad \text{Equação (1)}$$

onde, N_t é a componente de nível, b_t é a componente da tendência, S_t é a componente de sazonalidade, ε_t é o erro aleatório ocorrido no tempo t , $E(\varepsilon_t) = 0$, $\text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$ e Y_t é o valor observado.

Já na série multiplicativa, a equação geral é dada por (BAYER; SOUZA, 2010):

$$y_t = N_t \cdot S_t + b_t + S_t + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n. \quad \text{Equação (2)}$$

Deste modo, as equações de atualização para o modelo de previsão estatístico de Holt-Winters para séries com as componentes, nível, tendência e sazonalidade são:

a) No modelo Aditivo

$$N_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(N_{t-1} + b_{t-1}), 0 \leq \alpha \leq 1 \quad \text{Equação (3)}$$

$$b_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}, 0 \leq \beta \leq 1 \quad \text{Equação (4)}$$

$$S_t = \gamma(Y_t - N_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}, 0 \leq \gamma \leq 1 \quad \text{Equação (5)}$$

$$F_{t+m} = N_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad \text{Equação (6)}$$

b) No modelo Multiplicativo

$$N_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(N_{t-1} + b_{t-1}), 0 \leq \alpha \leq 1 \quad \text{Equação (7)}$$

$$b_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}, 0 \leq \beta \leq 1 \quad \text{Equação (8)}$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{N_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}, 0 \leq \gamma \leq 1 \quad \text{Equação (9)}$$

$$F_{t+m} = (N_t + b_t m) S_{t-s+m}, \quad \text{Equação (10)}$$

α , β e γ são as constantes de alisamento do nível, da tendência e da sazonalidade, respectivamente e a sua determinação é feita de modo a tornar mínima a soma dos quadrados dos erros de ajustamento e F_{t+m} é equação de previsão.

3 METODOLOGIA

Um estudo de séries temporais segue os seguintes passos: i) definição do problema; ii) coleta de informações; iii) análise preliminar dos dados; iv) escolha e ajuste do modelo; v) uso e avaliação do modelo de previsão.

O artigo tem o propósito de identificar o padrão básico presente nos dados históricos e, então, usar esse padrão para prever valores futuros, analisando tendências, sazonalidade, ciclos e outras estatísticas descritivas.

Os dados de demanda de água no município de Medianeira-PR estão expostos na Tabela 1, no período que compreende os anos de 2007 a 2011.

Tabela 1: Demanda de água (em m³) na cidade de Medianeira-PR.

Mês	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	206.560	236.870	230.030	231.584	244.710
Fevereiro	196.760	209.580	205.630	214.600	231.020
Março	222.950	215.030	242.250	235.580	264.570
Abril	207.430	202.580	226.309	216.069	237.170
Mai	198.820	204.000	215.990	216.299	234.269
Junho	197.280	187.340	201.820	208.959	231.750
Julho	193.720	213.850	216.675	218.169	241.490
Agosto	202.650	216.930	218.804	223.230	250.200
Setembro	205.870	198.120	207.952	226.593	235.649
Outubro	212.510	213.200	215.320	227.950	223.970
Novembro	207.750	210.820	225.844	229.850	218.310
Dezembro	234.410	228.510	232.080	239.180	245.810

Fonte: Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná.

Uma vez de posse dos dados, plotou-se a demanda em função dos meses e procuraram-se modelos simples como os modelos aditivos e multiplicativos, porém com capacidade de predição significativa. Nesse sentido, os modelos testados foram os de Holt-Winters aditivos e multiplicativos, com o auxílio do software Excel.

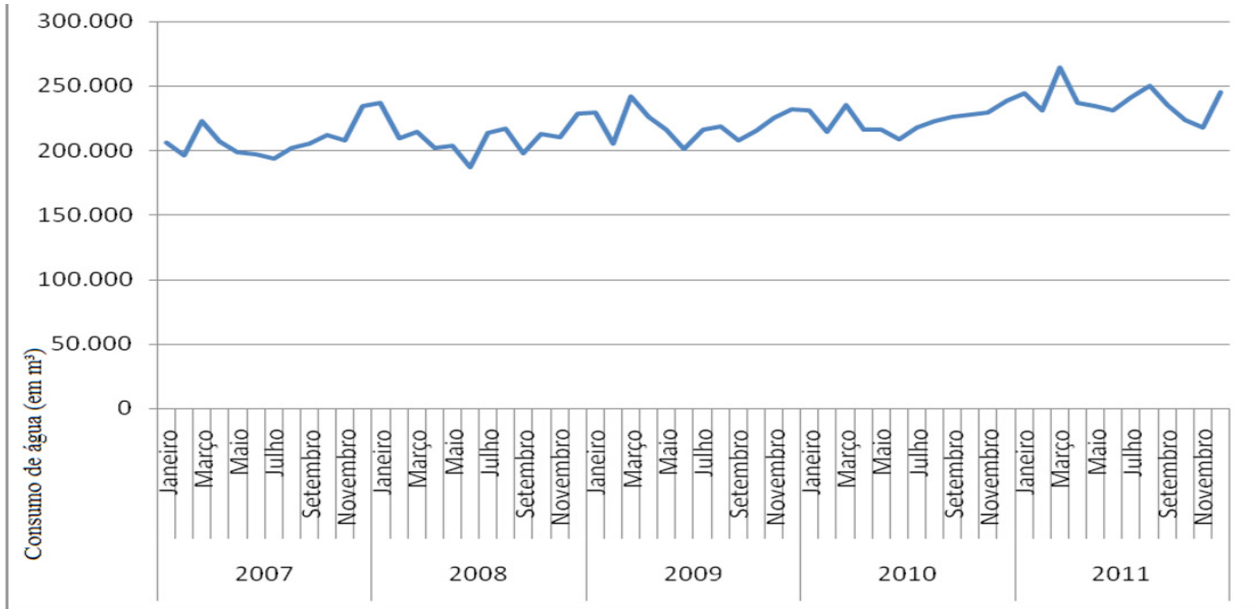
Por fim, analisou-se o resultado para validação e escolha dos modelos, sendo o critério adotado o de menor erro percentual médio (MAPE).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente fez um estudo preliminar dos modelos, observando o comportamento da série

no período de 2007 até 2011, conforme mostra a Figura 1. No eixo Y está demonstrando os valores de consumo de água em m³ e o eixo X o período em meses.

Figura 1: Ajuste da série pelo modelo Holt Winters aditivo.



A série de dados apresenta um comportamento estável ao longo dos anos, ou seja, não apresenta tendência, o padrão de consumo começa em 206.560 m³ e varia para 245.810 m³. É uma variação muito pequena no universo amostral dos dados.

Isso é perfeitamente aceitável já que o padrão de consumo costuma aumentar devido ao número de habitantes e essas mudanças acontecem em um horizonte de tempo maior.

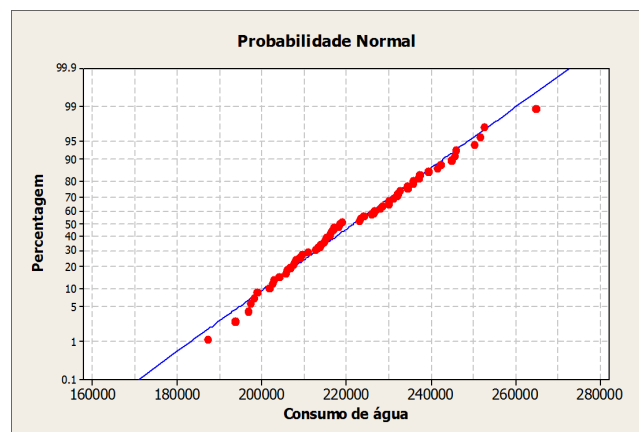
As componentes de sazonalidade da série para os dados de consumo de água apresentam altas nos meses de dezembro e janeiro, que pode ser explicada com o calor apresentado nesses meses, ocasionando o maior consumo de água.

A análise gráfica possibilita identificar qual a forma adequada para realizar o processo de previsão. Este processo foi realizado com o uso das três componentes do modelo Holt-Winters (aditivo e multiplicativo), uma vez que esta série apresenta

uma leve tendência à sazonalidade.

Primeiramente, verificou-se se o conjunto de dados tem distribuição normal. A Figura 2, logo abaixo, apresenta o gráfico da probabilidade normal da série referente aos anos de 2007 a 2011.

Figura 2: Gráfico da probabilidade normal no período de 2007 a 2011.



Pela análise gráfica da Figura 2 há evidências de que os dados têm distribuição normal. Desenvolveu-se o teste de Shapiro-Wilk para normalidade e este apresentou o p-valor $> 0,1$, o que comprova que os dados se aproximam da distribuição normal ao nível de significância de 5%.

Calcularam-se os valores iniciais para cada componente: nível, tendência e sazonalidade. Cada componente possui uma constante de alisamento exponencial, α , para o componente nível, β para a tendência e γ para a sazonalidade. Utilizou-se o software Statistica 7.0 para encontrar os melhores valores tanto para o modelo aditivo como multiplicativo. Para o modelo aditivo os valores foram $\alpha = 0,96$, $\beta = 0,00$ e $\gamma = 0,00$. No modelo multiplicativo $\alpha = 0,94$, $\beta = 0,00$ e $\gamma = 0,00$. A aderência de ambos os modelos multiplicativo e aditivo foram muito boas, com erros muito pequenos.

A Tabela 2 mostra os valores dos principais erros obtidos dos modelos Holt-Winters (aditivo e multiplicativo) nas previsões.

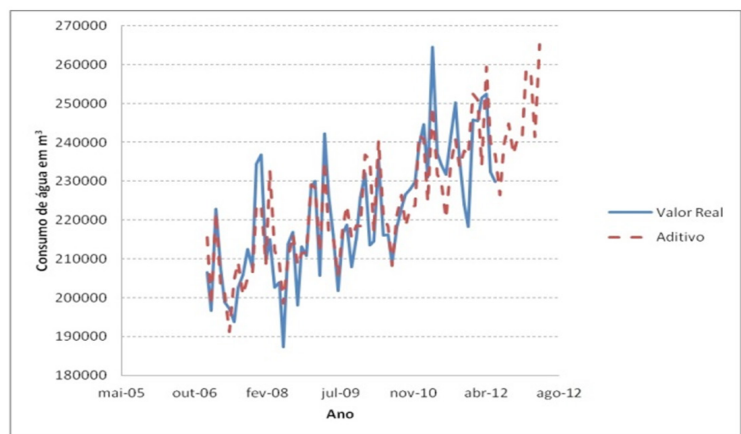
Tabela 2: Medidas de erros dos modelos de Holt-Winters (aditivo e multiplicativo) nas previsões

	Modelo Aditivo	Modelo Multiplicativo
Erro Médio (EM)	-682.79	-723.10
Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE)	2.86	2.88
Erro Percentual Médio (MPE)	-0.42	-0.44
Erro quadrado médio (RMSE)	6281.19	6554.69
Desvio Médio Absoluto (MAD)	6358.90	6397.92
Soma de quadrados dos erros (SQE)	4082583843	4260113110

Como se pode observar o modelo aditivo apresenta os valores de erro menores para todos os erros obtidos em relação ao multiplicativo, classificando o modelo adequado para a previsão por considerar uma tendência linear e uma variação sazonal constante no tempo.

A Figura 3 apresenta o ajuste dos dados reais pelo modelo escolhido, ou seja, o de Holt-Winters Aditivo.

Figura 3: Ajuste da série pelo modelo Holt-Winters aditivo.



A série de dados é adequada quando comparando o modelo real com o valor previsto pelo modelo de Holt-Winters, bem explicado.

No entanto, a previsão para o ano de 2012 indica que o consumo de água deve seguir no mesmo patamar de consumo, com uma ligeira alta nos meses mais quentes.

Os valores reais se referem aos dados de consumo previstos para os meses de junho até dezembro de 2012, bem como o intervalo de confiança acima e abaixo (com 95% de confiança) podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação dos valores reais (em m³) com os valores previstos pelo modelo Holt-Winters aditivo.

Meses (2012)	Limite (95%)	Inferior Previsto	Limite Superior (95%)	Valores Reais (SANEPAR)	Dentro do Intervalo
Junho	206720.54	226432	239245	224131	Sim
Julho	212410.46	239311	257354	239060	Sim
Agosto	211022.11	244889	271003	278260	Não
Setembro	195984.89	237097	272086	273940	Sim
Outubro	191967.16	241002	284707	282460	Sim
Novembro	183979.42	241156	293641	268700	Sim
Dezembro	193465.15	258767	320219	275300	Sim

Nota-se que há uma boa capacidade de previsão, a única exceção seria no mês de agosto onde o valor previsto pelo modelo está abaixo aproximadamente 33.000 m³ do valor real, como pode ser visualizado na Tabela 3.

CONCLUSÕES

Previsões de demanda, de consumo de água, como foi o tema desenvolvido neste trabalho são importantes para o planejamento da demanda de água. Uma previsão de qualidade para valores futuros de consumo de água pode-se melhorar processos de distribuição de água, bem como retificar prováveis problemas preexistentes na infraestrutura.

O modelo de previsão de Holt-Winters se aplica bem para análise ao qual foi seu objetivo, pois ele permite prever a demanda para os próximos meses sem incorrer em erros grandes. Entretanto a análise se restringe ao curto prazo devido à quantidade de dados coletados.

O consumo de água no município de Medianeira apresenta uma leve tendência crescente

de consumo quando se analisa que o consumo de água varia com o crescimento do município visto que este pode ocorrer lentamente.

O fator sazonal da série é bem significativo, como o esperado, a demanda de consumo de água aumenta nos meses em que faz calor, devido ao maior consumo: pelas piscinas, maior quantidade de banhos, lava-se mais calçadas e carros entre outros.

A previsão permite que a empresa que administra a distribuição de água, planeje a sua capacidade de captação, tratamento e abastecimento do município de forma a evitar desabastecimento.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Jean Carlos da Silva; SERRA, Cláudio Mauro Vieira Serra. **Utilização de modelos de holt-winters para a previsão de séries temporais de consumo de refrigerantes no Brasil.** ENEGEP, 2006.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial.** 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BAYER, Fábio Mariano e SOUZA, Adriano Mendonça. **Wavelets e modelos tradicionais de previsão: Um estudo comparativo.** Rev. Bras. Biom., São Paulo, v.28, n.2, p.40-61, 2010.
- BECKER, Marcel Henrique. **Modelos para previsão em Séries Temporais: Uma aplicação para taxa de desemprego na região metropolitana de Porto Alegre.** Dezembro de 2010.
- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).** Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.
- CIOTTI, Carla Simone; BRANDLI, Elisangela Nicoloso; BRANDLI, Luciana; KALIL, Ramadan; KALIL, Rosa Maria Locatelli; BÔS, Sidiane Manfron. **Gerenciamento da demanda de água: considerações preliminares para o município de passo fundo, RS.** Publicado em: 08 de jan. de 2008.
- FONTENELE, Raimundo Eduardo Silveira; ROSA, Antonio Lisboa Teles da; NOGUEIRA, Cláudio André Gondim. **Organizações Rurais & Agroindustriais.** Lavras, v.11, n.3, 2009.
- KIRSTEN, André Heitor. **Comparação entre os modelos Holt Winters e Redes Neurais para previsão de Séries Temporais financeiras.** PUCPR – Curitiba, 2009.

MAKRIDAKIS, S. G.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 642 p.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MILNITZ, Diego; MARCHI, Jamur Johnas; SAMOHYL, Robert Wayne. **Previsão da demanda: Uma aplicação do Método Holt Winters em uma indústria têxtil de grande porte**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. 537 p.

PAIVA, Marcos Henrique Pereira. **Previsão de demanda: Aplicação em uma empresa de cerâmica vermelha**. Universidade da Amazônia – Belém, 2011.

PEREIRA, Monique Verchai; CORDEIRO, Suelen Ferreira. **Uma aplicação de séries temporais em dados de consumo de papel em indústrias gráficas**. Universidade Federal Do Paraná – Curitiba, 2010.

RUSSO, S.; ILGNER, N. & BASSO, E. (2003) - **Análise através de séries temporais do número de pessoas que realizam a travessia nos portos - porto Xavier/San Javier e porto Mauá/Alba Posse**. Disponível em <http://www.urisan.tche.br/~gep/projetos.php>. Acessado em 10.04.2005.

SAMOHYL, Robert Wayne Samohyl; ROCHA, Rubson; MATTOS, Viviane Leite **Dias de. Utilização do método de Holt-Winters para previsão do leite entregue às indústrias catarinenses**. UFSC.

SANEPAR- Companhia de Saneamento do Paraná. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/>. Acesso em: 03 de out. de 2012.

SERRA, Cláudio Mauro Vieira. TAVARES, Heliton Ribeiro; SANTOS, Julio César Correa. **Aplicação de séries temporais na análise de demanda turística no estado do Pará usando os modelos de Holt-Winters**. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov de 2005.

SILVA, D. V., SERRA, C. M. V., SANTOS, A. C. O. **Análise de demanda em uma Companhia de água mineral da região metropolitana de Belém utilizando modelos de série temporal de Holt-Winters**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**, 3ª edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Artigo submetido 08/03/2013

Artigo aceito: 06/03/2014