

M O D E L O D E P R E V I S Ã O D E C O N S U M O  
D E Á G U A P O T Á V E L : E S T U D O D E C A S O  
D A U N I V E R S I D A D E F E D E R A L D E  
U B E R L Â N D I A

**Paolla Lorryne Maciel Rodrigues Almeida<sup>(1)</sup>**

Formou-se em Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Federal de Uberlândia (2005-2009). Estagiou no Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE - 05/2009 - 02/2010) onde participou do projeto de implantação da ISO/IEC17025 e do processo de tratamento de água e efluente e análises envolvidas neste. Trabalhou como analista química na Araxá Ambiental (03/2010 - 09/2010), realizando análises físico-químicas e microbiológicas de água e efluente.

**Ednaldo Carvalho Guimarães<sup>(1)</sup>**

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (1990), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (1993) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (1999). Atualmente é Professor Associado 3 da Faculdade de Matemática - Universidade Federal de Uberlândia (FAMAT/UFU). Ministra disciplinas da área de Estatística para cursos de graduação e de pós-graduação da UFU desde 1996

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. João Naves de Ávila, 2121 bloco 1 J sala 114 – Bairro: Santa Mônica – Uberlândia – MG – CEP: 38408-144 – Brasil – Tel: +55 (34) 3239-4360 – Fax: +55 (34) 3239-4126 – e-mail: paollalorryne@hotmail.com.

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação de séries temporais na análise de dados de consumo de água nos campi acadêmicos da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia –MG. Foram utilizados dados de consumo mensal de água, no período de janeiro de 2008 a março de 2015, disponibilizados pelo Departamento de Água e Esgoto (DMAE). Os resultados mostram que a série de consumo apresenta sazonalidade significativa e tendência não significativa e que o modelo sazonal simples pode ser utilizado nas previsões de consumo futuro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Séries temporais, sazonalidade, água.

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a existência da vida, foi na água que a vida floresceu e seria difícil imaginar a existência de qualquer forma de vida na ausência deste recurso vital. Nosso planeta está inundado de água, um volume de aproximadamente 1,4 bilhão de Km<sup>3</sup> cobre cerca de 71% da superfície da Terra [1].

Entretanto, cerca de 97,5% da água de nosso planeta está presente nos oceanos e mares, na forma de água salgada, ou seja, imprópria para o consumo humano. Dos 2,5% restante, que perfazem o total de água doce existente 2/3 estão armazenados nas geleiras e calotas polares. Apenas cerca de 0,77% de toda a água está disponível para o nosso consumo, sendo encontrada na forma de rios, lagos, água subterrânea, incluindo ainda a água presente no solo, atmosfera (umidade) e na biota [1].

O crescimento populacional acentuado e desordenado, aliado ao aumento gradativo da demanda e à contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis, são os principais fatores que contribuem para o aumento do consumo de água, principalmente nos grandes centros urbanos.

A demanda de água no mundo é cada vez maior. Uma avaliação realizada pela Organização das Nações Unidas, indicou que a demanda de água cresce em velocidade duas vezes maior do que o crescimento da população. Acredita-se ainda, que a falta de água será considerada como um dos motivos que levará países a guerras. O uso não racional e sustentável da água vem causando sua escassez, devido essa preocupação, tem levado as pessoas a estabelecer uma nova forma de pensar e agir com maior consciência ambiental, também, tem levado as empresas e órgãos públicos a promover diversas ações de conservação e uso racional da água. Sendo, uma dessas ações a implantação de programas de conservação da água em diversos países para garantir o atendimento das diferentes demandas pela água, tanto no aspecto quantitativo como no aspecto qualitativo e também tem motivado o desenvolvimento de novas práticas e pesquisas na área de conservação de água, principalmente em seu uso racional.

O uso racional da água busca a otimização da demanda a partir da utilização de uma menor quantidade de água para o desenvolvimento das atividades, sem o comprometimento da qualidade. Já o aproveitamento de fontes alternativas busca o emprego de água “menos nobre” para fins “menos nobres”, através do aproveitamento de águas de poços, águas pluviais e reuso da água [2].

Uma série temporal é um conjunto de observações ordenadas em intervalos de tempos. Essas observações apresentam correlação, e devido a este fato há uma restrição na aplicabilidade de alguns métodos estatísticos convencionais, os quais dependem da suposição que observações adjacentes são independentes e identicamente distribuídas. Segue que um dos objetivos do estudo de séries temporais é analisar e modelar esta correlação. Além do tempo, uma série pode ser função de outra variável, como por exemplo espaço, profundidade, etc [3].

O estudo de séries pode ser feito para se obter previsões de valores futuros ou para apenas descrever o comportamento geral dos dados [4].

A análise de séries temporais tem grande aplicabilidade em dados econômicos, mas também pode ser aplicado em outras áreas de conhecimento [5], [6] [7].

## **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi analisar os dados de consumo de água potável, dos campi acadêmicos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no município de Uberlândia –MG, no período de janeiro de 2008 a março de 2015, utilizando técnicas descritivas e ajuste de modelo de séries temporais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A base de dados utilizada neste trabalho se refere ao consumo de água potável obtido junto ao Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) referentes aos três campi acadêmicos da UFU, localizados no município de Uberlândia –MG, no período de 2008 a 2015.

A cidade de Uberlândia se localiza no Triângulo Mineiro e possui clima do tipo tropical (do tipo seco e úmido). A UFU é uma instituição pública de ensino superior e possui aproximadamente 21.384 alunos, 4.713 técnicos-administrativos e 1.791 docentes distribuídos nos campi de Uberlândia.

O procedimento da análise estatística da série temporal do consumo de água potável nos três campi acadêmicos da UFU em Uberlândia consistiu das etapas de análise descritiva e de ajuste de modelos de séries temporais.

Na análise descritiva foram avaliados os gráficos do tipo box-plot, visando a verificação de ocorrências de valores discrepantes na série, e do histograma que permite visualizar o comportamento geral dos dados. Também nesta etapa determinou-se as medidas de posição e de dispersão com o objetivo de caracterizar a série no geral.

Na etapa da análise exploratória da série temporal foram gerados os gráficos do comportamento da série, da decomposição da série em componentes de tendência, sazonalidade e aleatória e de autocorrelação e autocorrelação parcial, esta etapa tem o objetivo de conhecer o comportamento temporal dos dados para posterior seleção de modelos adequados que expliquem o comportamento do consumo em relação ao tempo. Em seguida procedeu-se ao ajuste e seleção do modelo adequado para representar a série, assim como fez-se a análise da qualidade geral do modelo e também realizou-se as previsões de consumo para o período de abril a dezembro de 2015.

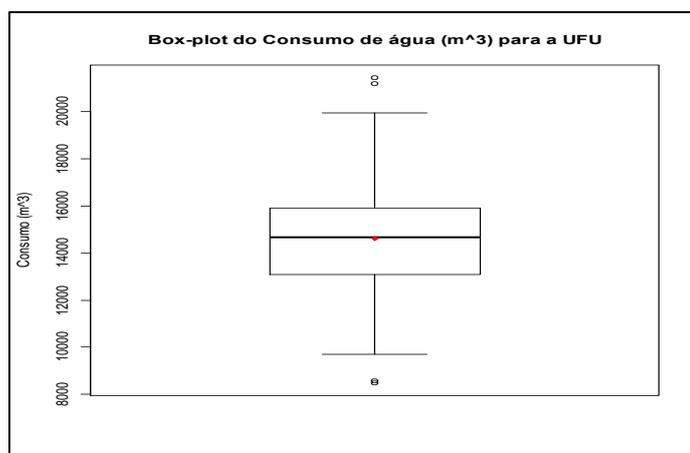
Todo procedimento de análise foi realizado por meio do programa computacional SPSS [8].

## RESULTADOS

### Análise descritiva

Na Figura 1 é apresentado o gráfico box-plot da série de observações de consumo compreendida entre janeiro de 2008 a março de 2015.

**Figura 1: Box-plot do consumo de água potável mensal, nos campi acadêmicos da UFU- Uberlândia, no período de janeiro de 2008 a março de 2015.**



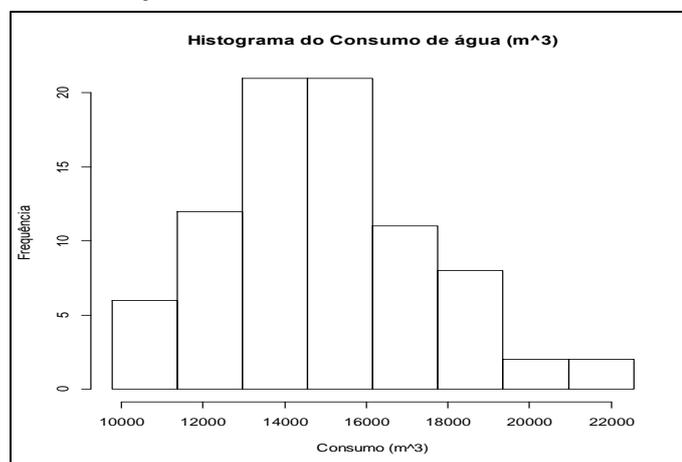
A Figura 1 revela a presença de quatro valores discrepantes na série de dados observados. Estes valores atípicos podem estar associados a falhas de medição por parte da empresa responsável ou ainda a problemas como vazamentos, entre outros, que não condizem com o comportamento normal de consumo na Universidade. Conforme argumentam Morettin e Tolo (2005), a investigação e possível exclusão de valores atípicos das séries temporais contribuem para o ajuste realísticos do comportamento temporal dos dados. Ainda de acordo com esses autores, a ocorrência de um único valor atípico poderá comprometer todo o ajuste do modelo de séries temporais, principalmente para séries relativamente pequenas como é o caso deste estudo.

Um outro aspecto importante e interessante de se observar na estatística paramétrica é a distribuição de probabilidades das observações, sendo preferível se trabalhar com dados simétricos com distribuição de probabilidades normal [4].

A Figura 2 mostra o histograma dos dados com a exclusão dos valores atípicos. Nota-se tendência à distribuição de probabilidade normal, com maior frequência de consumo mensal entre 13000 e 16000 m<sup>3</sup>/mês. Entretanto, nota-se meses com consumos relativamente baixos, que podem estar associados a meses de menor movimentação estudantil na universidade (períodos de férias escolares, por exemplo), assim como

meses em que ocorrem consumo elevado de água potável. Os meses com consumo relativamente elevados devem ser investigados por parte da administração da universidade visando a redução do desperdício de água potável. Também cabe ressaltar que campanhas e ações sobre o uso consciente desse recurso natural devem ser sempre implementados e incentivados.

**Figura 2: Histograma do consumo de água potável mensal, nos campi acadêmicos da UFU-Uberlândia, no período de janeiro de 2008 a março de 2015.**



Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas do consumo de água mensal nos campi acadêmicos da UFU.

**Tabela 1: Estatísticas do consumo de água potável mensal nos campi acadêmicos da UFU, no período de janeiro de 2008 a março de 2015.**

Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desvio padrão
9771,00	14927,95	14737,00	22546,00	2595,11

A diferença entre o consumo mínimo e máximo que resultou em 12775 m<sup>3</sup>, revela a alta amplitude de variação de consumo de água na universidade, uma possível justificativa e que merece ser investigada, pode estar relacionada com a ampliação de cursos na universidade a partir de 2009, com o programa REUNI, e desta forma ocorreu aumento significativo de pessoas, laboratórios, prédios, etc. o que demanda um consumo maior de água potável.

Verifica-se ainda que o consumo médio está relativamente próximo do consumo mediano, confirmando a observação de tendência à simetria visualizada no histograma (Figura 2). Tais resultados mostram que em 50% dos meses o consumo é superior a 14737 m<sup>3</sup>/mês e em 50% dos meses fica abaixo desse valor. Observado o desvio padrão de 2595,11 m<sup>3</sup>/mês e relacionando-o com a média de 14927,95 m<sup>3</sup>/mês, tem-se que a variação de consumo em torno da média é de 17,38%.

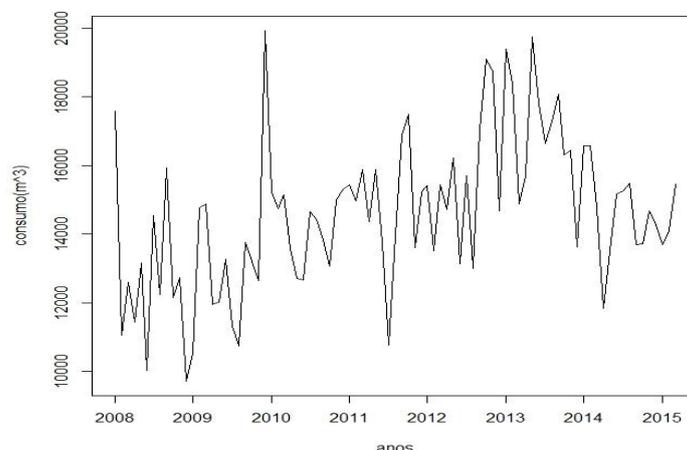
### Análise da série temporal

A Figura 3 mostra o comportamento geral do consumo de água potável na UFU, no período de estudo. Percebe-se que a série apresenta, no geral, comportamento errático, ou seja com variações ao longo do período e também pode notar uma leve tendência de crescimento do consumo com o passar do tempo. Estas observações indicam a possibilidade de que a componente sazonal da série seja significativa e que também poderá ocorrer a tendência significativa, entretanto a comprovação para se considerar esses componentes no modelo deve ser realizada por meio de testes estatísticos.

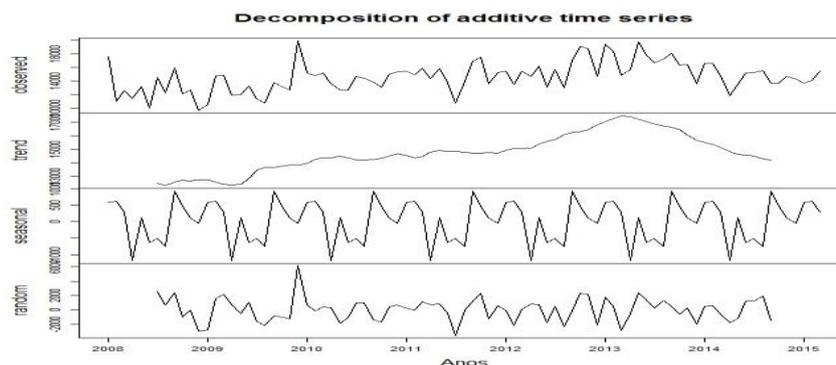
Na Figura 4 a série temporal é decomposta no modelo aditivos nos componentes de tendência, sazonal e aleatória. Essa decomposição elucida de forma mais clara a observação feita na Figura 3, ou seja, percebe-se que a componente sazonal deve ser significativa, portanto, deve ser considerada nos modelos de previsão e que

a componente de tendência ocorre de forma fraca. Já a componente aleatória em torno do zero indica que a consideração dos componentes anteriores no modelo de previsão levará a resultados satisfatórios.

**Figura 3. Comportamento temporal da série de consumo mensal de água potável nos campi acadêmicos da UFU-Uberlândia, no período de janeiro 2008 a março de 2015.**



**Figura 4. Decomposição da série temporal de consumo mensal de água potável nos campi acadêmicos da UFU-Uberlândia, no período de janeiro 2008 a março de 2015.**



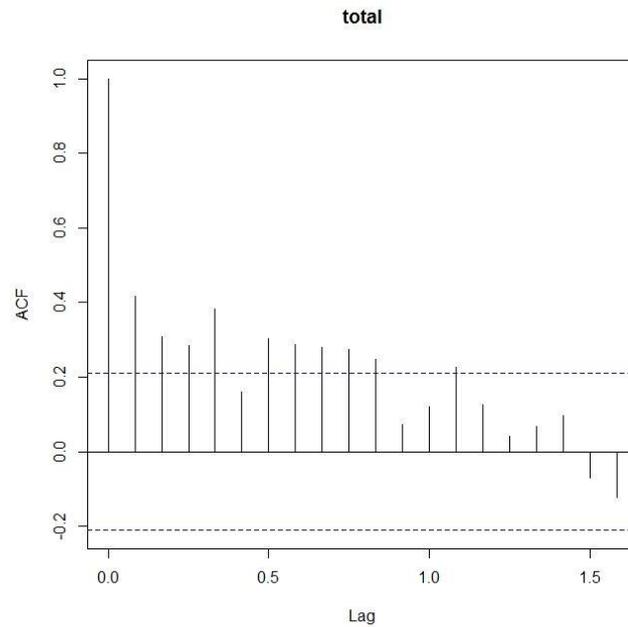
Nas Figuras 5 e 6 são apresentadas as funções autocorrelação e autocorrelação parcial da série. Nota-se, nestas figuras, certa ciclicidade das autocorrelações, indicando a presença do componente sazonal na série, entretanto as autocorrelações apresentam decaimento relativamente rápido, indicando que a componente de tendência poderá apresentar-se não significativa no modelo ajustado. No gráfico de autocorrelação parcial visualiza-se que praticamente todos os valores encontram-se dentro do intervalo de confiança, com exceção do primeiro o que confirma a observação de que a série é sazonal mas com tendência não significativa.

Após esta descrição inicial da série deve-se ajustar o modelo teórico aos dados observados. O modelo selecionado para explicar o comportamento do consumo mensal de água potável nos campi da UFU de Uberlândia foi o modelo sazonal simples, ou seja, o modelo que apresenta apenas a componente de sazonalidade significativa. Portanto, conforme observado e discutido anteriormente a componente de tendência não se mostrou significativa e não será considerada no ajuste e nas previsões.

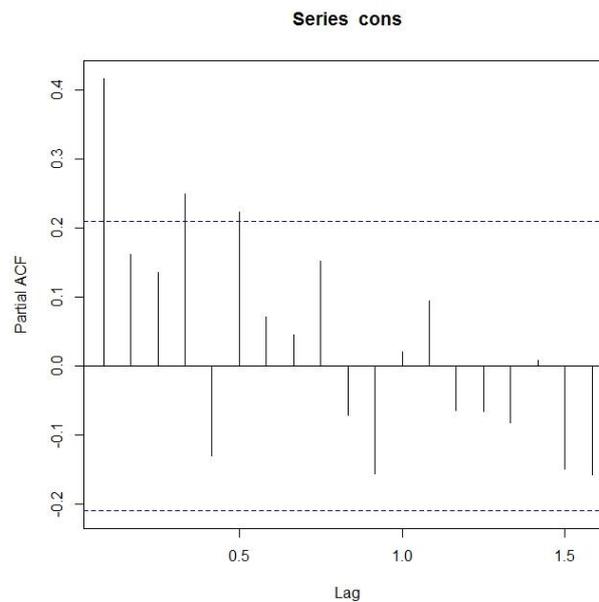
O modelo ajustado apresentou como estimativas dos parâmetros o valor de 0,400 para o nível da série e de 0,00002037 para a sazonalidade e, portanto estes dois parâmetros são considerados para o ajuste da série e para as previsões de valores futuros. O modelo ajustado apresentou coeficiente de determinação de 0,50, portanto uma capacidade mediana de ajuste e de previsão, entretanto, deve-se ressaltar que a série é relativamente curta

e, dessa forma, esse resultado é compatível. Ainda deve-se ressaltar que o MAPE que é o erro absoluto percentual foi de 10,3% o que revela que mesmo com valor mediano de coeficiente de determinação a série apresenta um bom valor preditivo com erro máximo percentual de 10,3%.

**Figura 5.** Gráfico da função autocorrelação da série temporal de consumo mensal de água potável nos campi acadêmicos da UFU-Uberlândia, no período de janeiro 2008 a março de 2015.

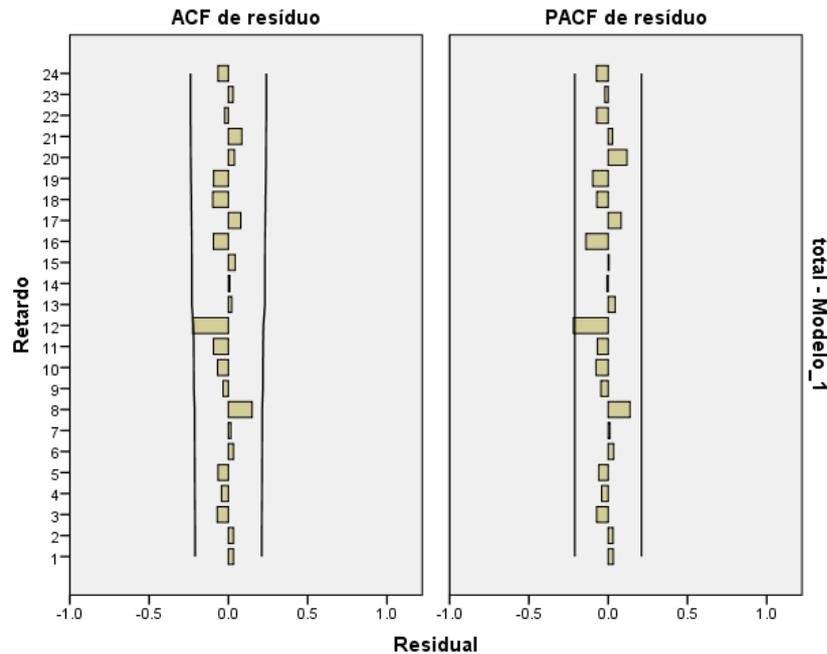


**Figura 6.** Gráfico da função autocorrelação parcial da série temporal de consumo mensal de água potável nos campi acadêmicos da UFU-Uberlândia, no período de janeiro 2008 a março de 2015.

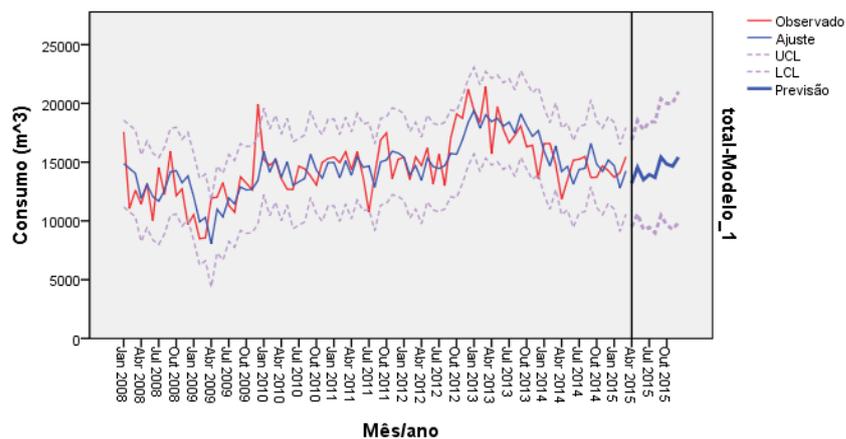


Nas Figuras 7 são apresentados os gráficos das funções autocorrelação e autocorrelação dos resíduos e estes mostram que o modelo ajustado foi capaz de explicar as variações ocorridas nos dados, portanto, nota-se que nestes gráficos todas as autocorrelações apresentam-se dentro do intervalo de confiança de 95%. A série observada, o modelo ajustado, os intervalos de confiança de 95% e as previsões para o período de abril a dezembro de 2015, podem ser visualizados na Figura 8. Esta figura mostra a boa performance do modelo ajustado em que se pode observar que os valores ajustados e observados estão relativamente próximos entre si.

**Figura 7. Gráfico da função autocorrelação e autocorrelação parcial do consumo mensal de água potável no período de janeiro 2008 a março de 2015**



**Figura 8. Série observada, ajustada, previsões e intervalos de confiança de 95% para o consumo mensal de água potável no período de janeiro 2008 a março de 2015**



Na Tabela 2 são apresentadas as previsões do consumo mensal para o período de abril a dezembro de 2015.

**Tabela 2: previsões do consumo mensal de água potável para os campi acadêmicos da UFU, para o período de abril a dezembro de 2015**

Meses	Previsão de consumo (m <sup>3</sup> )	Limite Inferior (m <sup>3</sup> )	Limite Superior (m <sup>3</sup> )
Abril	13193	9503	16883
Mai	14569	10595	18543
Junho	13508	9269	17748
Julho	13946	9457	18436
Agosto	13702	8977	18428
Setembro	15421	10470	20372
Outubro	14823	9657	19989
Novembro	14651	9278	20024
Dezembro	15431	9859	21003

Verificou-se que os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro possuem um consumo maior de água, em relação aos meses de abril, maio, junho e julho, provavelmente por estes últimos serem meses com clima mais quente que os primeiros.

Como o modelo sazonal simples pode ser utilizado nas previsões de consumo futuro, poderemos atuar efetivamente na conservação e economia deste recurso com medidas que sejam capazes de minimizar o desperdício de água potável na UFU.

## **CONCLUSÃO**

No geral o modelo ajustou bem a séries de consumo de água da UFU, ficou claro neste trabalho que o modelo de séries temporais pode ser usado para prever o consumo de água da UFU no município de Uberlândia e que este tipo de modelo pode ser utilizado, por administradores, no planejamento e na busca de estratégia de consumo consciente desse importante recurso natural.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1- GRASSI, M. T.; As águas do planeta Terra. Química Nova na Escola, p. 31 – 40, maio de 2001.
- 2- TOMAZ, P.- Conservação da água. São Paulo 1998. Ed. Digihouse, 176p.
- 3- MORETTIN, P.A. e Toloi, C. M. C. (2004). Análise de series temporais. São Paulo: Edgard Blucher. 535p.
- 4- EHLERS, R. S. (2004). Análise de séries temporais. Universidade Federal do Paraná. Disponível em [www.est.ufpr.br/ehlers53p](http://www.est.ufpr.br/ehlers53p)
- 5- STEVENSON, W. J. (1981). Estatística Aplicada a administração – São Paulo. Harbra
- 6- KASSOUF, A. L. (1988). Previsão de preços na pecuária de corte do estado de SP. Piracicaba: ESALQ/USP Mestrado em economia rural
- 7- PINO, F. A e ROCHA, M. B. (1994). Transmissão de preços de soja no Brasil. Revista de economia e sociedade rural. Brasília, 345-361.
- 8- IBM CORP. RELEASED 2010. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0: Armonk, NY: IBM Corp.