

MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS APLICADOS AO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) DO RIO DOS SINOS - RS

Maria Elisa Kinast

Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade Feevale

Marco Antonio Siqueira Rodrigues, Daniela Müller de Quevedo

Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade Feevale

1. Introdução

Nas últimas décadas, o meio ambiente passou a ser uma preocupação significativa para a sociedade brasileira. O artigo 225 da Constituição Federal do Brasil (BRASIL, 1988) veio ao encontro a estes movimentos da sociedade definindo que “todos tem direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado” e que este meio ambiente “é um bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida”.

De forma mais recente, a água, assim como o saneamento básico, tem se demonstrado como um dos eixos centrais das discussões ambientais, econômicas e sociais. O impacto do homem sobre os recursos hídricos e meio ambiente são significativos, pois, tradicionalmente emprega-se os rios para diluir e afastar os efluentes resultantes das atividades humanas. Outras atividades antrópicas, como o corte e queima das matas, a agricultura intensiva, entre outros, contribuem também para aumentar a concentração de resíduos na água de escoamento (MARGALEF,1991).

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos tem o Rio dos Sinos como seu principal formador. Este rio é hoje considerado um dos mais poluídos do Brasil devido a enorme carga de esgoto in natura e de efluentes tóxicos que recebe diariamente. No entanto neste rio é captado o maior volume de água para abastecimento público do Vale do Rio dos Sinos. Este trabalho tem como objetivo modelar o Índice de Qualidade da Água (IQA), proveniente de dados de monitoramento da qualidade da água através de dados disponibilizados pela FEPAM de 2000 a 2008, utilizando modelos de Séries Temporais ARMA(p,q).

Através de uma abordagem temporal, onde as séries são descritas e modeladas em função do tempo será possível realizar previsões e simulações de cenários. Estas previsões e simulações possibilitam a avaliação das condições presentes e futuras do rio, os quais poderão contribuir de forma significativa na gestão e conservação deste recurso, e na construção de políticas públicas no sentido de melhorar a qualidade da água da Bacia hidrográfica.

2. Materiais e Métodos

O presente estudo concentra uma análise temporal dos dados de monitoramento de parâmetros ligados a uma medição pontual variante no tempo. Os dados utilizados neste estudo provêm de análises sobre a qualidade da água do Rio dos Sinos (Índice da Qualidade da Água) fornecidos pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler).

No ano de 2009 o IQA foi utilizado como um dos índices para a elaboração do relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil, publicado pela Agência Nacional das Águas (ANA). Órgãos como CETESB (São Paulo), FEAM (Minas Gerais) e FEPAM (Rio Grande do Sul) utilizam o índice para monitoramento ambiental de recursos hídricos. Para o cálculo do IQA são considerados os parâmetros: pH, Turbidez, Coliformes Fecais, DBO, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido. O Índice assume valores entre 0 e 100, com classificações que variam de “muito ruim” a “excelente”.

A coleta dos dados foi realizada no período de janeiro de 2000 a junho de 2008. Estas coletas foram mensais até junho de 2005, passando a partir desta data a serem coletados bimensalmente. Também no período de novembro de 2002 a maio de 2003 não existem registros de coleta de dados. Para sanar o problema da não homogeneidade das coletas no tempo, foram utilizados modelos de regressão para completar a série, ficando a série final com 102 observações.

Local de Coleta

Conforme trabalho da MAGNA/FEPAM/1996, ficou definido que as características hidrológicas e hidráulicas do Rio dos Sinos em seu percurso são definidas em 3 porções, classificadas em superior, médio e inferior. O curso superior é a região de sua nascente, o inferior por analogia é onde ele deságua. Os dados foram coletados em ponto situado no percurso superior do Rio dos Sinos, próximo a nascente.

A porção superior do rio dos Sinos apresenta vegetação ciliar que contribui para que a bacia ainda possua alguma vegetação remanescente. São áreas de baixa densidade populacional, com pequenas propriedades rurais cuja agricultura é diversificada, com culturas de arroz, cana de açúcar e hortaliças diversas. A pecuária também é pouco desenvolvida, mas encontramos pequenas criações de gado leiteiro, suínos e aves (FEPAM, 1991).

Análise da Série

As análises foram realizadas utilizando a estatística descritiva, através de médias, mínimos, máximos, assimetria, curtose, desvio padrão e histograma. O objetivo desta análise é caracterizar o comportamento geral da série.

A análise da estacionariedade da série foi feita através da análise gráfica e no domínio do tempo através das funções autocovariância e autocorrelação. A tendência das séries foi testada através da análise de variância (ANOVA).

Feita a identificação do modelo genérico ARMA(p,q), se obteve as estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros do modelo e o diagnóstico, analisando-se a série de resíduos proveniente do ajustamento. Obtidas as estimativas dos parâmetros se testou a adequação do modelo. A verificação foi realizada através da autocorrelação dos resíduos (Ljung Box) e da normalidade dos erros. Obtido o modelo e as estimativas dos parâmetros, parte-se para a utilização do modelo em previsão.

Para a análise dos dados foram utilizados os softwares Minitab 15, S-Plus 6 e SPSS 17.

3. Resultados e Discussões

Antes de se proceder com os modelos ARMA, realizou-se a interpolação dos dados faltantes. As técnicas mais comuns de interpolação como média e modelo de regressão (linear ou polinômio cúbico) não se mostraram eficientes na estimativa dos dados faltantes do período de novembro de 2002 a maio de 2003. Neste caso utilizando uma série de 34 observações anteriores ao período de falha da série, que mostraram-se estacionários e isentos de tendência, ajustou-se um modelo ARMA(2,2). Apesar das poucas observações da série o modelo foi eficiente na estimação, onde os resíduos do modelo se apresentaram normalmente distribuídos e não correlacionados.

Após completar o período de sete meses de observações faltantes através do modelo ARMA(2,2), os dados faltantes do período onde houveram as coletas bimensais foram estimados através do método de interpolação linear, utilizando o Software SPSS 17. A série original e a série completa, bem como as suas estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1: Estatística descritiva das séries de IQA com dados faltantes (Original) e após interpolação (Completa)

Variável	Média	Desvio Pad	Mínimo	Mediana	Máximo	Assimetria	Curtose
IQA(Original)	74,252	4,667	63,551	74,901	83,570	-0,36	-0,52
IQA(Completa)	73,051	4,853	62,487	73,436	83,570	-0,07	-0,80

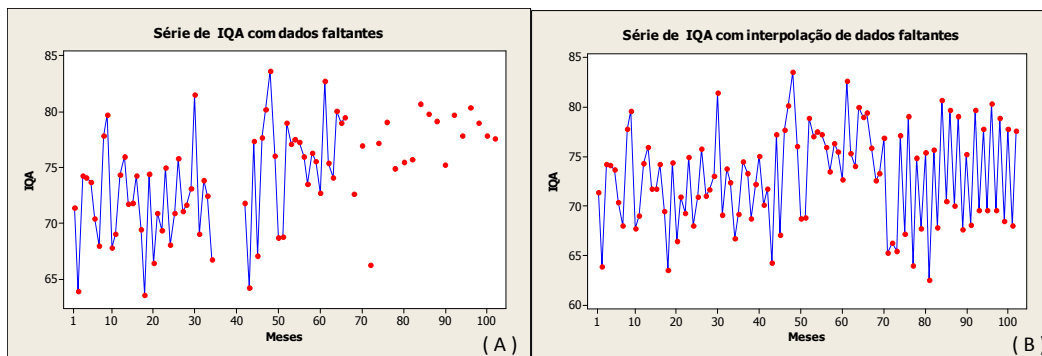


Figura 1: Gráfico das séries de IQA com dados faltantes (A) e após interpolação (B).

Utilizando a série completa a primeira análise a ser feita foi a visualização da função de autocorrelação e autocorrelação parcial da série, e testada a presença de tendência através da análise de variância. Pela visualização das funções, foi possível concluir que a série é estacionária e não será necessária a sua diferenciação. Como os

dados do IQA foram coletados em um ponto próximo a nascente do Rio dos Sinos, é natural que a série de IQA se apresente estacionária. Esta não apresenta grandes variações dentro dos meses devido a área ainda ser bastante preservada, não estando seriamente sujeita aos fatores indicadores de degradação que compõe o índice.

Dentre os modelos testados o que apresentou melhor ajuste foi o modelo ARMA(2,1). Os parâmetros do modelo e as respectivas estatísticas T e p-value são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Estatísticas do modelo ARMA (2,1) para o IQA

Termo	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	p
AR 1	-0,7225	0,1170	-6,18	0,000
AR 2	0,2743	0,1073	2,56	0,012
MA 1	-0,8380	0,0798	-10,50	0,000
Constante	105,7340	0,7610	138,92	0,000

O teste de Ljung Box indica que não existe autocorrelação serial dos resíduos ($p=0,581$), ou seja, a série apresenta características de um ruído branco. O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos erros não é normal ($KS = 0,073$; $p=0,150$).

4. Considerações Finais

A temática ambiental concentra-se no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade e modelos de gestão de recursos, utilizados para monitorar, mensurar e avaliar a sua sustentabilidade. Percebe-se a necessidade da elaboração de métodos e ferramentas que possibilitem avaliar, quantificar e relacionar as variáveis envolvidas nesta dinâmica.

Através da análise e modelagem da série de IQA, foi possível identificar que o ponto avaliado ainda possui boa qualidade de água, apresentando-se sem tendência de diminuição no decorrer do tempo, e que previsões mensais do indicador podem ser realizadas através de um modelo ARMA(2,1). Modelos estatísticos que possam descrever o comportamento de indicadores da qualidade da água ao longo do tempo e as suas possíveis relações com fatores potencialmente poluentes, como os provenientes do

desenvolvimento urbano e rural, poderão ser de grande importância no gerenciamento dos recursos hídricos de região.

Uma limitação do estudo da série do IQA foi a não padronização das coletas, criando falhas na série temporal que tiveram de ser completadas através de estimativas, o que diminui a precisão das análises realizadas. Esta foi uma primeira tentativa de completar a série de IQA e sua modelagem, sendo posteriormente comparadas a estas outros métodos de estimação.

5. Agradecimentos

FAPERGS - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS

6. Referências

1. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resolução 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 1- 23. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705>, acesso em: 21 de nov 2006.
2. BOX, G.E.P. & JENKINS, G.M. Time Series Analysis, Forecasting and Control. 1ª ed. San Francisco. Day. 1976.
3. CETESB. <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis>
4. FEPAM, 1991. Programa Pró-Guaíba – Diagnóstico da poluição industrial e doméstica da bacia hidrográfica do Guaíba. Porto Alegre;
5. MAGNA ENGENHARIA LTDA/FEPAM, 1996. Levantamento dos usos das águas, atuais e futuros, dos principais recursos hídricos das bacias do Rio dos Sinos e Gravataí. Porto Alegre.
6. MARGALEF, R. Teoria de los sistemas ecologicos. 2ª ed. Barcelona: Universitat de Barcelona, 290 p. 1991.
7. MORETTIN, P. A., TOLOI, C. M. C. Análise de Séries Temporais. 2º Ed., São Paulo: Edgar Blucher, 2006.
8. SOUZA, R. CAMARGO, M. E. Análise e Previsão de Séries Temporais: Os Modelos ARIMA. SEDIGRAF. Santa Maria, 1996.