



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO JACARECICA II ATRAVÉS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA.

Maria Caroline Silva Mendonça¹; Carlos Alexandre Borges Garcia²; Helenice Leite Garcia³; Anamália Ferreira da Silva⁴ & Ana Carla Santos Andrade⁵

RESUMO – O conhecimento da qualidade da água e seu conteúdo são essenciais para rastrear qualquer influxo de poluentes na água que são prejudiciais à saúde humana e dos ecossistemas. O presente estudo tem, então, como objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório Jacarecica II através da análise de componentes principais. A partir dessa análise estatística multivariada, verificou-se que cinco componentes foram capazes de explicar 76,82% da variância total das variáveis físico-químicas e biológicas, concentrando em cinco dimensões (clorofila a, condutividade elétrica, cor e compostos nitrogenados) as informações anteriormente diluídas em doze variáveis. O resultado dessa análise também permitiu concluir que esses dados de qualidade da água encontram-se fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos classe 2, permitindo classificar o reservatório Jacarecica II como corpo hídrico classe 4, evidenciando a necessidade de adoção de medidas visando o controle e à redução de nutrientes e cargas orgânicas na água para a contenção do processo de eutrofização desses reservatórios.

ABSTRACT– The knowledge of water quality and its contents are essential to track any influx of pollutants in the water which are harmful to human health and ecosystems. The objective of this study is to evaluate the water quality of Jacarecica II reservoir by principal component analysis. From that multivariate statistical analysis, it was found that five components were able to explain 76.82% of the total variance of the physicochemical and biological variables, focusing on five dimensions (chlorophyll a, electrical conductivity, color and nitrogen compounds) the information previously diluted in twelve variables. The result of this analysis also concluded that these water quality data are outside the limits established by CONAMA Resolution 357/2005 for water bodies class 2, allowing to classify Jacarecica II reservoir as a Class 4 water body, showing the need to adopt measures for the control and reduction of nutrients and organic loads in the water to contain the eutrophication process of this reservoir.

Palavras-Chave – Variáveis físico-químicas e biológicas, Análise de componentes principais.

1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS, São Cristóvão, Sergipe, carolinesmendonca@gmail.com

2) Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS, São Cristóvão, Sergipe, cgarcia@ufs.br

3) Professora do Departamento de Engenharia Química/CCET/UFS, São Cristóvão, Sergipe, helenice@ufs.br

4) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS, São Cristóvão, Sergipe, anamalia@outlook.com

5) Engenheira de Produção, Aracaju, Sergipe, anacarla.eng.producao@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Monitorar a qualidade de água doce para adequado abastecimento tanto das necessidades humanas quanto ecológicas é um aspecto importante da gestão ambiental integrada e desenvolvimento sustentável a fim de que seja estabelecido um equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade.

Neste sentido, a qualidade da água de qualquer área ou fonte específica pode ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Quando as concentrações desses parâmetros são encontradas no meio em hídrico acima ou abaixo dos limites estabelecidos por alguma norma ou resolução vigente, os valores destas variáveis são considerados prejudiciais para a saúde humana e, então, faz-se necessário o monitoramento a fim de avaliar os impactos a que os ecossistemas estão submetidos.

Pelo fato de os indicadores de qualidade da água terem a função de simplificar a informação de diversas variáveis em um único valor, é muito comum o surgimento do efeito eclipse, provocado pela atenuação do comportamento negativo de uma variável frente ao comportamento estável das demais. Por conta disso, outras técnicas têm sido aplicadas a fim de identificar algum teor informativo que pode não ter sido corretamente analisado e que influencia a gestão segura dos recursos hídricos, bem como para solução rápida dos problemas de poluição, sendo o PCA (Principal Component Analysis) o método mais eficaz de análise estatística multivariada, com o objetivo de encontrar combinações para determinadas variáveis a fim de determinar índices que descrevam a variação nos dados (Manly, 2005).

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é avaliar a qualidade do reservatório Jacarecica através da análise de estatística multivariada, componentes principais, para que se obtenha uma classificação adequada desse recurso hídrico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Definiu-se como área do presente estudo de caso o reservatório Jacarecica II por ser utilizado tanto para o consumo humano quanto para a irrigação de hortaliças. A sub-bacia hidrográfica do Rio Jacarecica, uma das principais formadoras da bacia do Rio Sergipe, situa-se na região leste do agreste sergipano, englobando parcelas de quatro municípios: Itabaiana, Riachuelo, Malhador, Mota Bonita, Areia Branca e Ribeirópolis como pode ser observado na Figura 1.

O reservatório do Jacarecica II está totalmente contido na bacia do rio Jacarecica, a barragem foi projetada para uma capacidade de armazenamento de 30.400.000 m³ e, originalmente, dividida em 76 lotes para pequenos agricultores e 17 lotes destinados a empresários agrícolas, com indicação para exploração de fruteiras, hortaliças e pecuária de leite.

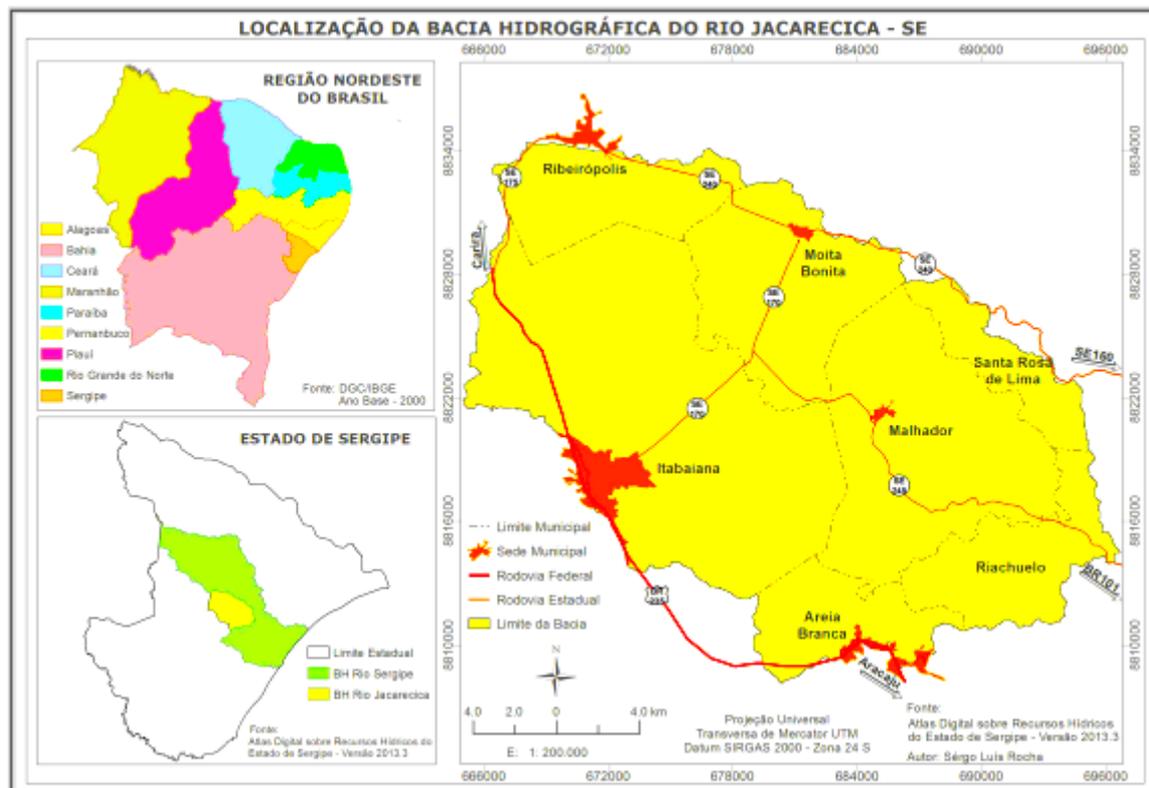


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica.
(Fonte: Souza & Pinto, 2014).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, essa região se enquadra em clima megatérmico úmido, apresentando temperatura média anual de 23°C e pluviosidade média anual de 1.400 mm, com um período chuvoso concentrado entre os meses de março e agosto (Sergipe, 2000).

3.2. Procedimentos Metodológicos

Os dados para o presente estudo foram determinados segundo metodologia descrita pelo APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e fornecidos pelo LQA/DQI/UFS, obtidos em coletas no período de 2010/2012.

3.3 Análise de Dados

Os dados brutos serão convertidos em valores adimensionais, escala Z, representados por média igual a zero e desvio padrão a um, subtraindo cada variável pela média de conjunto de dados e dividindo pelo desvio padrão, (média 0 e desvio padrão 1: $Z = (X - \mu)/\sigma$).

Para explicar a distribuição dos pontos e a influência significativa de cada um dos parâmetros na variação do índice, foi aplicada a análise de componentes principais. A eficiência da descrição dos dados por meio das componentes vai depender da porcentagem de variação total que cada componente contém, a qual é representada pelos autovalores (Hair *et al*, 2005).

As análises foram determinadas com o auxílio do Software Estatístico R Core Team (2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, está descrita a estatística básica. Ao comparar os resultados dessa tabela com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, é possível verificar que apenas as variáveis pH, sólidos suspensos e clorofila *a* encontram-se dentro da faixa permitida. A clorofila *a* é utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica em ambientes aquáticos por se tratar de um pigmento encontrado em todos os grupos de vegetais e outros organismos autótrofos, ajudando na interpretação de resultados de análises físico-químicas, além de ser indicadora do estado fisiológico do fitoplâncton e do grau de eutrofização de um ambiente aquático.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e biológicos do Jacarecica e limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 para corpos de água doce Classe 2 e Classe 4.

Parâmetro	Média	Desvio Padrão	CONAMA 357/2005 Classe 2	CONAMA 357/2005 Classe 4
Condutividade (mS cm ⁻¹)	0,46	0,14	-	-
Cor (Pt-Co)	5,54	4,14	≤ 75	≥ 75
pH	7,70	0,48	6 a 9	6 a 9
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	217,14	38,79	≤ 500	≥ 500
Sólidos Suspensos (mg L ⁻¹)	2,57	3,06	≤ 500	≥ 500
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	4,26	1,97	≥ 5	≤ 2
N-NH ₄ (μg L ⁻¹)	98,17	155,54	≤ 3,7 para pH ≤ 7,5	≥ 3,7 para pH ≤ 7,5
			≤ 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0	≥ 2,0 para 7,5 < pH < 8,0
			≤ 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5	≥ 1,0 para 8,0 < pH < 8,5
			≤ 0,5 para pH > 8,5	≥ 0,5 para pH > 8,5
N-NO ₂ (μg L ⁻¹)	8,30	5,96	≤ 1,0	≥ 1,0
N-NO ₃ (μg L ⁻¹)	36,99	31,22	≤ 10,0	≥ 10,0
P-PO ₄ (mg L ⁻¹)	196,67	300,37	≤ 0,05	≥ 0,05
Clorofila <i>a</i> (μg L ⁻¹)	5,12	5,28	≤ 30	≥ 30
Temperatura água (°C)	26,96	2,26	Jusante ≥ 3°C de Montante	Jusante ≤ 3°C de Montante

Segundo Tundisi *et al* (2002), a extensão da eutrofização de lagos, rios e represas baseia-se nas concentrações de nitrogênio, fósforo e clorofila *a*, sendo esta um indicativo do grau de eutrofização de um ambiente aquático. De acordo com os parâmetros analisados neste trabalho, observa-se que as concentrações de fosfato, dos compostos nitrogenados estão acima dos limites

estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05 para o reservatório Jacarecica II, indicando que faz-se necessário o monitoramento para proteção da qualidade desse recurso.

Na Tabela 2, observa-se que o modelo com cinco componentes principais foi adequado para representar a estrutura inicial das variáveis retendo, respectivamente, 76,82% da variância total para as variáveis físico-químicas e biológicas, concentrando em cinco dimensões (clorofila *a*, condutividade elétrica, cor e compostos nitrogenados) as informações anteriormente diluídas em doze variáveis. A PC1 explica 30,68% da variância total, sendo a clorofila *a* o parâmetro que mais contribui para essa componente. A condutividade elétrica é a principal variável da PC2, explicando 15,50% da variância total. Na PC3, os maiores pesos estão relacionados à cor desse reservatório (17,80%). A PC 4 (10,38%) e a PC5 (8,32%) representam os compostos nitrogenados, sendo N-NH₄ e N-NO₂ as variáveis que mais influenciam essas componentes, respectivamente.

Tabela 2 – Total de variância explicada.

Componentes	Autovalor	Variabilidade (%)	% acumulada
1	1,9190250	30,68881	30,68881
2	1,3639686	15,50342	46,19223
3	1,1960210	11,92055	58,11278
4	1,1164667	10,38748	68,50026
5	0,99954321	8,325722	76,825986
6	0,96629106	7,780987	84,606973
7	0,77669675	5,027149	89,634121
8	0,67053524	3,746813	93,380934
9	0,51582213	2,217271	95,598205
10	0,47393071	1,871753	97,469957
11	0,42600647	1,512346	98,982303
12	0,34946189	1,017697	100

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para manutenção da vida de ecossistemas aquáticos. Quando em elevadas concentrações, a oxidação de suas espécies pode consumir uma grande quantidade de oxigênio, estimulando o crescimento de algas. O nitrogênio amoniacal é oriundo do processo de decomposição de matéria orgânica e, em grandes quantidades, pode causar a mortandade dos peixes. As substâncias nitrogenadas orgânicas sofrem decomposição até o nitrato, passando pela amônia e, por este motivo, a sua presença indica poluição recente. Essa análise condiz com a avaliação dos parâmetros, uma vez que, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores para nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito estão acima do limite estabelecido, mas a concentração de clorofila *a* – indicativo da presença de cianobactérias – está abaixo do máximo permitido para o Jacarecica II.

De acordo com os valores dos parâmetros analisados e da análise de componentes principais, o reservatório Jacarecica II encontra-se discordante do uso atual e dentro dos limites pertencentes à classificação de corpo de água doce de classe 4, que são águas que podem ser destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística.

Neste cenário, no tocante à gestão ambiental, é imprescindível o monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos para a avaliação do impacto da ação humana sobre este recurso, além de avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e o seu efeito relacionado à proliferação das algas para que se possa ter um histórico do processo de eutrofização. O uso de boas práticas de manejo e redução de carga de nutrientes, através do tratamento dos efluentes domésticos, agrícolas e industriais, também podem contribuir para a melhoria da qualidade desse reservatório como base para um desenvolvimento sustentável da região, bem como do Estado.

5. CONCLUSÃO

Através da análise de componentes principais, é possível observar que cinco componentes foram capazes de explicar 76,82% da variância total das variáveis físico-químicas e biológicas, concentrando em cinco dimensões (clorofila *a*, condutividade elétrica, cor e compostos nitrogendados) as informações anteriormente diluídas em doze variáveis;

De acordo com essa análise, é possível concluir que esses dados de qualidade da água encontram-se fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos classe 2, permitindo classificar as suas águas como corpo hídrico classe 4, utilizadas apenas para navegação e harmonia paisagística;

Este trabalho evidencia que é preciso adotar medidas visando o controle e à redução de nutrientes e cargas orgânicas na água para a contenção do processo de eutrofização desses reservatórios. Neste contexto, é imprescindível o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos para a avaliação dos impactos da ação humana sobre os recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Ao LQA/UFS pela concessão dos dados utilizados e à FAPITEC pela concessão dos recursos financeiros utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

CONAMA. “*Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 357, 2005.*” (2014) Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 12 jun. 2014.

HAIR, J. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. (2005) “*Análise multivariada de dados*”. 5.ed. Porto Alegre: Bookman. 593p.

MANLY, B. J. F. (2005) *Métodos Estatísticos Multivariados: Uma Introdução*. 3.ed. Porto Alegre:Bookman.

R Core Team (2015). “*R: A language and environment for statistical computing.*” R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SOUZA, P.P.C; PINTO, J.E.S.S. (2014) “*Sustentabilidade Socioambiental na Sub-bacia do Rio Jacarecica*” in Anais do VII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe - 19 e 20 de março de 2014, Aracaju-SE.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSAMURA, T., (2002). Lagos e Reservatórios. “*Qualidade de Água: O Impacto de Eutrofização*”. V.3 Disponível em: <<http://www.rimaeditora.com.br/lagos.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2014.