

## IV-105 – QUALIDADE DA ÁGUA DE DOIS AÇUDES NA BACIA BANABUIÚ

**Ana Carolina de Oliveira Nobre Batista** <sup>(1)</sup>

Química pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade (Instituto Prominas). Mestre em Recursos Naturais (UECE). Doutoranda em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Valquíria Melo Souza Correia** <sup>(2)</sup>

Administradora de empresas pela Associação de Ensino Superior de Fortaleza (AESF). Especialista em Gestão Empreendedora pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Logística e Pesquisa Operacional (UFC). Doutora em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental (UFC).

**Marisete Dantas de Aquino** <sup>(3)</sup>

Engenheira de pesca pela Universidade de Fortaleza (UFC). Mestre em Engenharia Civil (UFC) e em Ciências e Técnicas de Meio Ambiente pela Ecolé Nationales des Ponts et Chaussées, na França. Doutora em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Ecolé des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, França.

**Fernando José Araújo da Silva** <sup>(4)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza (UFC). Mestre em Engenharia Civil (UFPB). Doutor em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental (UFC).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Mister Hull, s/n – Pici, Bloco 713, Centro de Tecnologia, Fortaleza, CE - CEP: 60451-970 - Brasil - Tel: +55 (85) 3366-9624 - e-mail: [carolnobre1404@gmail.com](mailto:carolnobre1404@gmail.com)

### RESUMO

Obras de açudagem são essenciais ao cenário nordestino, região assolada pela extrema seca. O controle da qualidade da água através de índices confere uma ferramenta de gerenciamento hídrico e uma tomada de decisão frente ao volume dos açudes, utilizados para abastecimento humano. Dessa forma, esse trabalho pretende avaliar a qualidade da água de dois reservatórios localizados na Bacia Banabuiú, nordeste brasileiro, a fim de assegurar o uso das águas superficiais para consumo humano e do ecossistema. As amostras semestrais foram analisadas conforme os parâmetros descritos por APHA (1998), durante o período entre 2005 e 2017. A coleta das amostras ocorreu em frequência trimestral, na tomada d'água de 30 cm abaixo da superfície. Os parâmetros físico-químicos foram analisados em campo e em laboratório. A partir dos dados coletados, o Índice de Qualidade da Água (IQA) foi calculado para avaliar, a partir das variáveis correspondentes, se os reservatórios estariam ou não qualificados ao abastecimento público. A dureza da água também foi calculada para classificação quanto aos íons dominantes. Para os dois reservatórios, as águas podem ser classificadas como frescas e de baixa salinidade, com elevados teores de sólidos dissolvidos. Dentre os íons analisados, houve maior concentração de cloreto, especialmente para Pedras Brancas. Ambos tiveram classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA) boa, mas com decréscimo no segundo semestre para Banabuiú, devido aos longos períodos de estiagem. O açude BAN possui água superficial classificada como água branda, enquanto que Pedras Brancas, por apresentar maior dureza total, pode ser considerado como tendo água dura. Uma perspectiva para trabalhos futuros consiste em subsidiar pesquisas nesse eixo de monitoramento do IQA, a fim de promover abrangência na tomada de decisão e de gestão dos mananciais cearenses.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estiagem hídrica, Determinação da qualidade, Monitoramento hídrico, Ferramentas de gestão, Semiárido nordestino.

### INTRODUÇÃO

Os reservatórios compreendem sistemas intermediários entre rios e lagos, em constantes mudanças na hidrodinâmica, especialmente ocasionadas por interferências atmosféricas, geológicas e reações aquosas. Tais intervenções refletem em impactos negativos a montante e a jusante do barramento, alterando suas características físicas, químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas (BREDA, 2011).

Regiões assoladas pela seca extrema e com índices de aridez inferiores a 0,5 são iminentes no nordeste brasileiro, necessitando cada vez mais de obras de açudagem para complementar o acesso à água por usos múltiplos, tais como: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura,

preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação e diluição de despejos (VON SPERLING *et al.*, 2004).

Distorções antropogênicas, erosivas e atmosféricas são pertinentes às modificações na qualidade da água, interferindo em seu uso para consumo humano, vegetal e animal. Nesse sentido, torna-se imprescindível o controle por meio de técnicas de gestão hídrica, assegurando a permanência do volume adequado do reservatório, mesmo após longos períodos de estiagem. O monitoramento dos índices de qualidade da água ocorre, inicialmente, pela escolha do manancial, com inspeção sanitária da bacia hidrográfica. São utilizados índices, calculados a fim de retratar, por um número, a situação qualitativa da água a ser utilizada (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) é composto por nove parâmetros, com atribuição de pesos a cada um: oxigênio dissolvido (OD) (17%), coliformes termotolerantes (15%), pH (12%), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (10%), fosfato total (10%), nitrato (10%), temperatura (10%), turbidez (8%) e sólidos totais (8%). A presença de agrotóxicos, metais pesados e elementos tóxicos no curso d'água leva o IQA a um valor nulo, por serem substâncias consideradas prejudiciais aos seres humanos, aos animais e à vida aquática (ZAVALA *et al.*, 2010).

Ao longo dos anos, o cálculo do IQA sofreu algumas modificações, a fim de evitar limitações a parâmetros biológicos e físico-químicos. O IQA-CETESB fez uma substituição de nitrato por nitrogênio total, a partir dos padrões estipulados na Resolução CONAMA n° 357/05 e na Portaria n° 518/04, assim como nos limites da Organização Mundial da Saúde (OMS) (CETESB, 2013).

Assim, a segurança hídrica em regiões definidas pela estiagem depende da determinação dos índices, por convergir em medidas de prevenção e na tomada de decisão frente ao gerenciamento adequado dos recursos hídricos, no cenário do semiárido nordestino. O presente trabalho objetiva avaliar a qualidade da água de dois reservatórios localizados na Bacia Banabuiú, nordeste brasileiro, a fim de assegurar o uso das águas superficiais para consumo humano e do ecossistema.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O estado do Ceará é composto por doze bacias hidrográficas, mapeadas como Bacia do Alto Jaguaribe, Acaraú, Baixo Jaguaribe, Coreau, Curu, Litoral, Médio Jaguaribe, Metropolitana, Sertões do Crateús, Salgado, Banabuiú e da Serra da Ibiapaba. O presente estudo concentrou-se em dois reservatórios existentes na Bacia do Banabuiú, no sertão central (Figura 1).

O açude Banabuiú (BAN), localizado em sua totalidade nos municípios de Banabuiú e Quixeramobim a 180 km de Fortaleza, Ceará, Brasil, é uma barragem do tipo Terra Zoneada, que barra o rio Banabuiú, com latitude ao sul de 5° 18' 35" e longitude a oeste de 38° 55' 14". Ao norte, limita-se com o município de Quixadá; ao sul, com os municípios de Milhã, Solonópole e Jaguaretama; ao leste, com os municípios de Jaguaretama e Morada Nova e, ao oeste, com Quixeramobim. As principais atividades antrópicas na região são agropecuária, comércio e serviços em geral.

A barragem do açude Pedras Brancas (PB) está localizada no município de Quixadá, distante cerca de 195 km da capital de Fortaleza, Ceará, Brasil. A latitude do município ao sul é 4° 58' 17" e a longitude a oeste é 39° 00' 55". O açude Pedras Brancas barra o rio Sitiá, afluente do rio Banabuiú, com o objetivo de perenizar o próprio rio e irrigar as áreas aluvionares de jusante, reforçando a capacidade de irrigação do açude Banabuiú.

### **CÁLCULO DO IQA**

As amostras semestrais foram analisadas conforme os parâmetros descritos por APHA (1998), durante o período entre 2005 e 2017. O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi calculado para avaliar, a partir das variáveis correspondentes, se os reservatórios estariam ou não qualificados ao abastecimento público. O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (*w*), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. Assim, o peso máximo (5) foi atribuído para



nitrito e SDT, 4 para pH, CE e SO<sub>4</sub>; 3 para HCO<sub>3</sub>, Cl; 2 para Ca, Na e K e 1 para Mg (VASANTHAVIGAR et al., 2010). Para calcular o peso relativo, usa-se a seguinte equação:

$$W_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i$$

Onde:

W<sub>i</sub> é o peso relativo;

w<sub>i</sub> é o peso de cada parâmetro;

n é o número de parâmetros.

Para encontrar o IQA final de cada amostra de água, é necessário primeiro calcular a classificação de qualidade para cada parâmetro e relacioná-la com o peso relativo previamente calculado:

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} * 100 \quad \text{e} \quad Sb_i = W_i * q_i$$

Então:

$$IQA = \sum Sb_i$$

Em que:

q<sub>i</sub> é a classificação baseada na concentração do parâmetro;

C<sub>i</sub> é a concentração de cada parâmetro químico (mg/L);

S<sub>i</sub> é o valor padrão para cada concentração, conforme a OMS, 2011, (mg/L);

Sb<sub>i</sub> é o sub-índice de cada parâmetro.

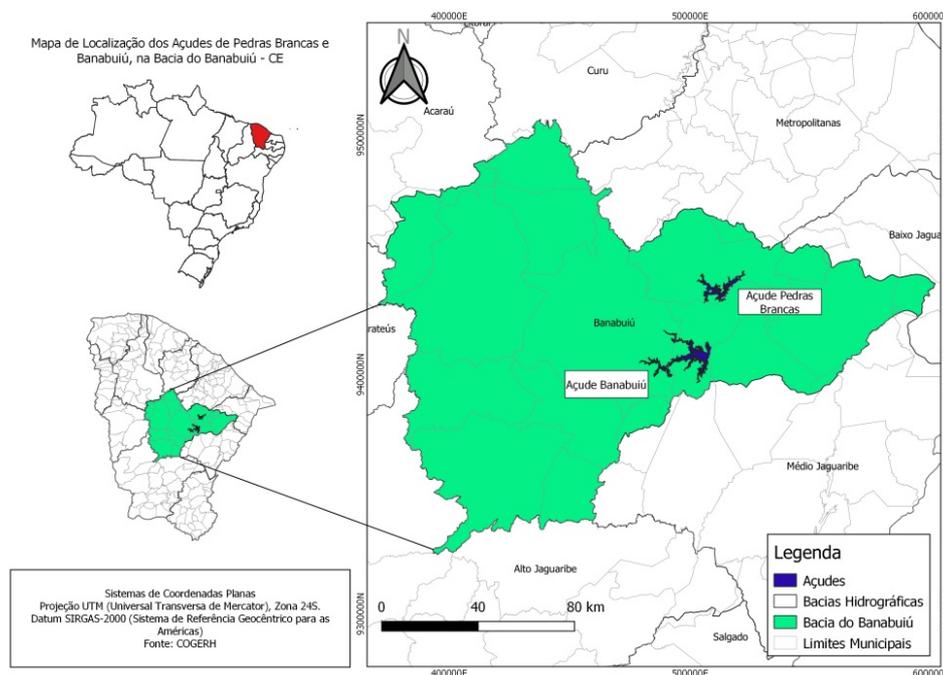


Figura 1: Localização geográfica dos açúdes Banabuiú e Pedras Brancas.

## RESULTADOS OBTIDOS

Os parâmetros avaliados foram representados em termos de concentrações mínimas, máximas e médias das análises físico-químicas e dos íons observados para cada reservatório, durante um período de doze anos, descritos na Tabela 1. Foi observado que não houve diferença significativa entre os resultados do primeiro e segundo semestres de cada ano. Ambos os reservatórios apresentaram médias semelhantes de temperatura, na

faixa de 28°C. Os valores médios de pH corroboram com o comportamento espacial e sazonal da bacia estudada por Liu e Chan (2016), quando obtiveram pH máximo de 8.80 – por ocorrência de hidrólise do carbonato e bicarbonato, com liberação de hidroxila no meio aquoso.

**Tabela 1. Concentrações dos parâmetros físico-químicos avaliados, em termos de valores mínimos, máximos e médios, para os dois reservatórios em estudo.**

Parâmetros <sup>a</sup>	Banabuiú				Pedras Brancas			
	$\mu$	$\sigma$	Min	Max	$\mu$	$\sigma$	Min	Max
Temp.	28,7	1,0	26,7	31,1	28,7	1,1	26,6	30,4
pH	8,08	0,38	7,26	8,97	8,37	0,31	7,73	8,96
CE	513	262	290	1203	1254	845	275	3421
STD	336	164	197	771	806	522	195	2120
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	134,3	14,0	112,8	181,8	93,4	26,8	60,8	157,3
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	9,8	2,6	5,4	16,0	26,7	22,2	0,0	78,0
Cl <sup>-</sup>	80,8	36,7	31,7	168,5	330,7	252,3	38,2	1007,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10,9	5,5	4,6	24,6	3,3	2,9	0,3	7,7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,55	0,39	0,06	1,50	0,41	0,11	0,09	0,64
Na <sup>+</sup>	52,8	19	25	88,4	156,0	98,5	29,0	395,0
K <sup>+</sup>	11,5	3,4	6,2	18,2	25,7	11,1	5,6	49,0
Ca <sup>2+</sup>	26,7	6,3	19,2	48,2	31,5	8,0	16,5	47,7
Mg <sup>2+</sup>	20,4	8,4	13,1	41,6	38,7	28,2	10,0	115,7
DT	150,5	47,7	119,9	291,1	237,8	127,9	94,2	577,9

<sup>a</sup>Unidades: mg/L, exceto temperatura (°C), pH (adimensional), CE ( $\mu$ S/cm) e dureza total (mg CaCO<sub>3</sub>/L).

Para ambos os reservatórios, mesmo os valores máximos de condutividade elétrica (CE) foram menores que 1500  $\mu$ S/cm, classificando essas águas como do tipo I, com baixos níveis de salinidade. Os resultados corroboram com os de Montenegro *et al.*, 2006, quando avaliaram a condutividade elétrica de íons previamente selecionados da água subterrânea na planície costeira em Recife, Pernambuco. Os autores viram que houve pouca incidência de cátions, principalmente pela troca dessas espécies químicas por salinização, o que também indicou baixos níveis de CE.

Os dois reservatórios apresentaram altos teores de sólidos dissolvidos, devido às fontes antropogênicas, como esgoto doméstico e atividades agrícolas. Além de causar assoreamento ambiental, a dissolução de sólidos é bem maior com a influência antrópica, prejudicando a qualidade das águas em estudo (REGINATO *et al.*, 2012). Analisando-se dados encontrados, ambos os açudes encontram-se na média, com 101,31 e 116,47 mg/L, para Banabuiú e Pedras Brancas, respectivamente.

Os resultados de bicarbonato são determinantes das características hidrogeológicas. O Pedras Brancas não ultrapassou o limite estabelecido para sódio, mesmo chegando próximo. BAN manteve-se dentro dos padrões. É notável que o sódio seja o cátion mais encontrado naturalmente, devido ao intemperismo ou dissolução do silicato das rochas, além da elevada evaporação ocorrida nos meses secos no Ceará, bem como de atividades de drenagem e agrícolas (COSTA e DA SILVA, 2017).

Os padrões de classificação e os pesos de cada parâmetro seguiram as faixas características da CESTESB, 2013, expostos na Tabela 2. O Índice de Qualidade da Água (IQA) fornece uma indicação relativa da qualidade da água, permitindo uma comparação espaço-temporal de pontos distribuídos entre distintas coleções hídricas. Os níveis de qualidade são representados por uma escala de 0 a 100, pelos quais é possível verificar as condições da água bruta, através da contaminação ou não pelo lançamento indiscriminado de esgotos industriais ou domésticos. Os padrões de classificação e os pesos de cada parâmetro seguiram as faixas características da CESTESB, 2013.

Conforme observado na Tabela 2, ambos os reservatórios apresentaram boa qualidade da água, sendo que o de Banabuiú teve uma queda considerável no segundo semestre do ano, em média. Tal fato está relacionado à redução do índice pluviométrico, especialmente entre os anos de 2011 a 2016, considerados de seca extrema no estado do Ceará, ocasionando em aumento da DBO e turbidez da água. Além disso, elevada concentração de cianobactérias liberam substâncias tóxicas aos peixes e, assim, reduzem o IQA nesse período.

**Tabela 2. Média dos valores de IQA classificados conforme a CETESB (2013), distribuídos por semestre, para cada reservatório.**

Banabuiú 1° semestre	Banabuiú 2° semestre	Pedras Brancas 1° semestre	Pedras Brancas 2° semestre	Faixas CETESB	Classif. CETESB
-	-	-	-	$80 \leq IQA \leq 100$	ótimo
77	64	74	72	$52 \leq IQA \leq 80$	bom
-	-	-	-	$37 \leq IQA < 52$	aceitável
-	-	-	-	$20 \leq IQA < 37$	ruim
-	-	-	-	$0 \leq IQA < 20$	péssima

Fonte: CETESB, 2013.

A dureza da água está associada à presença, principalmente, de sais de cálcio, magnésio e bicarbonato, mas conta também com a contribuição de íons polivalentes como ferro e manganês (LIMA, 2015). De acordo com a concentração de  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ , a água recebe uma classificação do estado de sua dureza, proposta por Macêdo (2002) e exposta em comparação com os resultados obtidos nos reservatórios estudados nesse trabalho (Tabela 3).

**Tabela 3. Concentrações dos parâmetros físico-químicos avaliados, em termos de valores mínimos, máximos e médios, para os dois reservatórios em estudo.**

Banabuiú mg de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$	Pedras Brancas mg de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$	Classificação	mg de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$
-	-	Água mole	< 50
111,97	-	Água branda	50 a 150
-	161,16	Água dura	150 a 300
-	-	Água muito dura	> 300

Fonte: Macêdo, 2002.

Conforme descrito na Tabela 2, o açude BAN possui água superficial classificada como água branda, enquanto que Pedras Brancas, por apresentar maior dureza total, pode ser considerado como tendo água dura. Os maiores valores de cálcio e magnésio descritos por PB (Tabela 1) confirmam essa informação, de que há contribuição efetiva desses íons para a dureza total da água. A alcalinidade em termos de bicarbonato também mostrou média superior ao açude Banabuiú, indicando que a água de PB encontra-se em piores condições físico-químicas, conforme representado numericamente.

## CONCLUSÕES

A análise dos parâmetros gerais obtidos, o cálculo do IQA e da dureza foram indispensáveis para concluir que:

Ambos os açudes mantiveram médias semelhantes de temperatura e dentro da faixa permitida.

Para os dois reservatórios, as águas podem ser classificadas como frescas e de baixa salinidade, com elevados teores de sólidos dissolvidos.

Dentre os íons analisados, houve maior concentração de cloreto, especialmente para Pedras Brancas.

Ambos tiveram classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA) boa, mas com decréscimo no segundo semestre para Banabuiú, devido aos longos períodos de estiagem.

Através da concentração de  $\text{CaCO}_3\text{-L-1}$ , as águas do reservatório Banabuiú foram definidas como brandas, enquanto que a de Pedras Brancas foram duras.

Uma perspectiva para trabalhos futuros consiste em subsidiar pesquisas nesse eixo de monitoramento do IQA, a fim de promover abrangência na tomada de decisão e de gestão dos mananciais cearenses.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA (1998). Standard Methods for the examination of water and wastewater, 20<sup>th</sup> ed., American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Washington, 937pp.
2. BREDA, L. S. Avaliação Espaço-Temporal da Qualidade da Água do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil – Região Sul de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG, 2011. Tese de doutorado – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
3. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental no Estado de São Paulo. IQA – Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>. Acesso em: 15/02/2019.
4. COSTA, J. A.; DA SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. Revista Brasileira de Geografia Física, n.4, n.10, p. 1002-1013, 2017.
5. LIMA, R. S. D. E. Qualidade da Água dos Reservatórios Situados na Bacia Hidrográfica dos Rios Piauí. p. 100, 2015.
6. LIU, W-C.; CHAN, W-T. Assessment of Climate Change Impacts on Water Quality in a Tidal Estuarine System Using a Three-Dimensional Model. Journal Water, v. 8, n.60, p. 2-22, 2016.
7. MACÊDO, J. A. B. Introdução à química ambiental. Química & Ambiente & Sociedade. Minas Gerais, CRQ-MG. 2002.
8. MONTENEGRO, S. M. G.; MONTENEGRO, A. A.; CABRAL, J. J. S. P.; CAVALCANTI, G. Intensive exploitation and groundwater salinity in Recife coastal plain (Brazil): monitoring and management perspectives. Proceedings 1st SWIM-SWICA Joint Saltwater Intrusion Conference, Cagliari-Chia Laguna, Italy - September 24-29, 2006.
9. OLIVEIRA, M. D.; REZENDE, O. L. T.; OLIVEIRA, S. M. A. C.; LIBÂNIO, M. Nova abordagem do Índice de Qualidade de água bruta utilizando a lógica Fuzzy. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 19, n. 4, p. 361-372, dez. 2014.
10. REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S.; GILIOLI, K. C.; CEMIN, G. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero livre do manto de alteração da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Revista Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 1, 2012.
11. VASANTHAVIGAR M.; SRINIVASAMOORTHY K.; VIJAYARAGAVAN K.; RAJIV GANTHI R.; CHIDAMBARAM S.; ANANDHAN P.; MANIVANNAN R.; VASUDEVAN S. Application of water quality for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar Sub basin, Tamil Nadu, India. Environ Monit Assess, v. 171, n.4, p.595–609, 2010.
12. VON SPERLING, E.; JARIDM, F. A.; GRANDCHAMP, CESAR A. P. Qualidade da água durante a formação de lagos profundos em cavas de mineração: estudo de caso do lago de águas claras – MG. Revista, Eng. sanit. Ambient, v. 9, n. 3, p. 250-259, Set. 2004.
13. ZAVALA, M.A.L.; ZUNIGA, H.C.; MAHLKNECHT, J. (2010) Application of a Harmonized Water Quality Index. In: World Water Congress. Anais...Canadá: International Water Association (IWA), p. 19-24. CD-ROM.