

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

**ANÁLISE SAZONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO
AÇUDE AYRES DE SOUSA, CEARÁ, BRASIL**

Brenda de Assis Ferreira Carvalho ¹

* Waleska Martins Eloi ¹

Deborah Mithya Barros Alexandre ²

**SEASONAL ANALYSIS OF WATER QUALITY IN THE AYRES DE
SOUSA RESERVOIR, CEARÁ, BRAZIL**

Recibido el 20 de octubre de 2021. Aceptado el 8 de febrero de 2022

Abstract

Water is an indispensable resource for the maintenance of terrestrial life, however this resource has been inadequately treated, compromising the quality and various uses of water bodies. Given this scenario, the objective of this research is to evaluate the effect of seasonality on the water quality of the Ayres de Sousa reservoir, seeking to identify the variables that may be interfering with the natural state of this water body. The data used for analysis belong to the water quality monitoring database of the Water Resources Management Company - COGERH, and the period from 2016 to 2020 was analyzed, with data representative of the rainy (first semester) and dry periods (second half). The parameters used for the characterization of the weir water were: pH, dissolved oxygen (DO), electrical conductivity of water (EC), chlorophyll a, cyanobacteria, Escherichia coli, total nitrogen, total phosphorus, chlorides, color, magnesium, potassium, sodium, total solids and turbidity. To assess the quality of the water body, descriptive statistical analyzes were applied in the construction of box-plot graphs in seasonal periods, in order to represent the behavior of the water quality variables. Most of the values found are within the limits allowed by CONAMA Resolution 357/05 for class 2 fresh waters, the parameters total phosphorus, dissolved oxygen, Escherichia coli, chlorophyll and cyanobacteria did not meet the CONAMA resolution. The results point to possible changes due to seasonality, as well as contamination by anthropogenic interference, since the variables that did not comply with the legislation are indicative of contamination by organic matter.

Keywords: monitoring, water resource, reservoir, seasonal variation.

¹ Programa de Pós-graduação em Tecnologia e gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Fortaleza, Brasil.

² Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, COGERH, Brasil.

* *Autor correspondente:* Programa de Pós-graduação em Tecnologia e gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Fortaleza. Av. Treze de Maio, 2081, Benfica. Fortaleza, CE. CEP: 60040-215. Email: waleska@ifce.edu.br

Resumo

A água é um recurso indispensável para a manutenção da vida terrestre, entretanto este recurso vem sendo tratado de maneira inadequada, comprometendo a qualidade e os diversos usos dos corpos hídricos. Diante deste cenário, o objetivo desta pesquisa é avaliar o efeito da sazonalidade na qualidade da água do reservatório Ayres de Sousa, buscando identificar as variáveis que possam estar interferindo no estado natural deste corpo d'água. Os dados utilizados para análise pertencem ao banco de dados de monitoramento de qualidade da água da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, e foi analisado o período de 2016 a 2020, com dados representativos dos períodos chuvosos (primeiro semestre) e de estiagem (segundo semestre). Os parâmetros utilizados para a caracterização da água do açude foram: pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica da água (CE), clorofila a, cianobactérias, *Escherichia coli*, nitrogênio total, fósforo total, cloretos, cor, magnésio, potássio, sódio, sólidos totais e turbidez. Para avaliar a qualidade do corpo hídrico, foram aplicadas análises estatísticas descritivas na construção de gráficos box-plot nos períodos sazonais, com o intuito de representar o comportamento das variáveis de qualidade da água. A maioria dos valores encontrados estão dentro dos limites permitidos pela Resolução 357/05 CONAMA para águas doces classe 2, os parâmetros fósforo total, o oxigênio dissolvido, *Escherichia coli*, clorofila a e cianobactérias não atenderam a resolução CONAMA. Os resultados apontam possíveis alterações devido a sazonalidade, bem como contaminações por interferência antrópica, já que as variáveis que não atenderam a legislação são indicativas de contaminação por matéria orgânica.

Palavras-chave: monitoramento, recurso hídrico, reservatório, variação sazonal.

Introdução

Nas últimas décadas a preocupação do ser humano com o recurso hídrico cresceu, principalmente em função de atividades impróprias e do uso irracional da água, que causa uma série de prejuízos a sociedade. Segundo Bernardini *et al.*, (2021) a interferência humana influencia de forma direta ou indireta na qualidade da água em um alcance maior, ou seja, os impactos ambientais negativos que acontecem devido a ocupação e atividades antrópicas perto de um rio, dependendo do grau e intensidade, modificam os padrões de qualidade do curso da água como um todo.

Situação que pode se agravar na região semiárida, devido a disponibilidade hídrica ser mais escassa pela pouca incidência e má distribuição de precipitações. Conforme Fernandes *et al.*, (2016) para atenuar a problemática da escassez hídrica na região Nordeste, foram realizadas grandes obras de açudagem pelo poder público com o objetivo de abastecer toda a população, como também prover água para outras finalidades, como a irrigação.

As águas superficiais têm suas demandas aumentadas no tempo e no espaço, em razão dos seus usos múltiplos, principalmente em terras secas do semiárido brasileiro, que sofre com escassez periódicas, e com a distribuição das precipitações acarretando os regimes fluviais temporários e intermitentes (Nascimento, 2012). Segundo Araújo (2003), o abastecimento hídrico da região semiárida depende em grande parte das águas acumuladas em reservatórios. No estado do Ceará, por exemplo, 93% da água ofertada a população vem dos açudes. Sendo de extrema importância

a conservação da qualidade e quantidade da água acumuladas nos reservatórios, para o desenvolvimento sustentável da região.

Segundo Barretos *et al.*, (2007) em reservatórios que são formados por vários afluentes, o monitoramento se torna indispensável, como também complexo, sendo necessário a análise dos parâmetros de qualidade, para se obter o controle e monitoramento da qualidade da água adequado, e identificar as possíveis fontes poluidoras quando ocorrer. Assim, o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos (Trindade *et al.*, 2017).

O monitoramento da qualidade da água é um dos instrumentos essenciais que permite suporte a uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que torna possível o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas. Podendo, também ser definido como o processo de amostragem, de determinação de parâmetros de interesse e de armazenamento de dados contemplando as características físicas, químicas e biológicas das águas de um corpo hídrico. Entretanto, para se conhecer a qualidade real da água de um corpo hídrico é indispensável não somente a avaliação pontual de suas características, mas também o monitoramento de sua variabilidade sazonal (Maia *et al.*, 2019; Guedes *et al.*, 2012; Bertossi *et al.*, 2013).

A chuva é o principal agente regulador dos cursos de água, espera-se também que ela seja uma variável considerável em estudos envolvendo a qualidade da água de rios e tributários (Silva *et al.*, 2008). Além disso, os cursos de águas estão susceptíveis a mudanças, podendo variar de acordo com as épocas do ano, o que faz necessário a periódica verificação de sua qualidade.

O açude Ayres de Sousa foi construído com a finalidade de abastecer a cidade de Sobral -CE e outras localidades, como também para irrigação. Nos dias atuais desenvolve-se outras atividades, como a criação intensiva de peixes (tilápia), agricultura, pecuária, captação de água pela prefeitura de Sobral em carro pipa. É relevante destacar que as margens do açude sofrem por contaminação por efluentes de origem doméstica e disposição inadequada de resíduos sólidos produzidos pelo distrito Jaibaras (Gomes *et al.*, 2015).

O período de chuvas escassas desde o ano de 2009 possibilitou o surgimento de áreas propícias para construção civil, que associado ao crescimento do distrito de Jaibaras ocasionou a construção de moradias irregulares às margens do açude Ayres de Sousa. Muitas dessas moradias não possuem saneamento básico, o que interfere diretamente na qualidade da água, pois estes efluentes acabam sendo lançados para adentro do reservatório (Herculano *et al.*, 2020).

Mascoli Junior *et al.*, (2020) relatam que as atividades antrópicas suscitam a degradação da qualidade da água dos corpos hídricos, tornando de extrema importância a análise dos parâmetros químicos, físicos e biológicos para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Além de destacarem que ações mitigadoras e programas governamentais devem ser aplicados para melhoria e preservação da qualidade ambiental, além de um monitoramento contínuo desses corpos hídricos.

Diante das informações descritas, nota-se a importância do monitoramento adequado dos corpos hídricos, bem como de se considerar a influência das variações sazonais nos parâmetros de qualidade da água, destarte o objetivo da pesquisa foi analisar o efeito sazonal da qualidade da água no Açude Ayres de Sousa.

Metodologia

Área de estudo

O açude Ayres de Sousa está inserido na bacia do Acaraú, localizada no oeste do Estado do Ceará (Figura 1). Para a delimitação da bacia hidrográfica, utilizou-se o programa ArcGIS versão 10.2, MDE da SRTM com pixel de 30 m, baixados gratuitamente do sítio EarthExplorer do United States Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

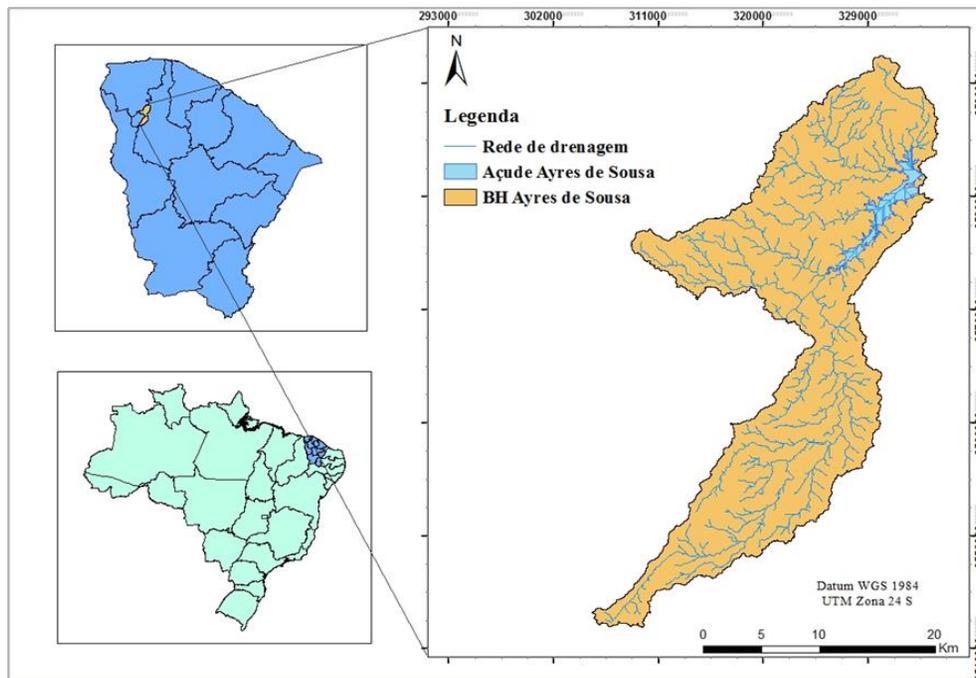


Figura 1. Açude em estudo na bacia do Acaraú, Ceará, Brasil.

Na região predominam os sertões, com topografia plana e levemente ondulada, clima semiárido e domínio fisiográfico das caatingas (Figueirêdo *et al.*, 2006). De acordo com Köppen (1918), a classificação do clima na área estudada é do tipo Aw', tropical chuvoso, com chuvas de verão-outono, apresentando temperatura média anual de 28.1°C, mínima de 22.8°C e máxima de 34.7°C. A região apresenta precipitação anual média de 960 mm, com precipitações concentradas entre os meses de janeiro a julho e evaporação potencial de aproximadamente 1600 mm anuais, com umidade relativa média anual de 70% (Carvalho *et al.*, 2020).

O açude Ayres de Sousa, mais comumente chamado de Jaibaras, barra o rio Jaibaras, estando localizado em Sobral, foi construído em 1936 (SRH, 2006). Suas águas são utilizadas na irrigação, criação de tilápia em gaiolas e no abastecimento de vários municípios, dentre eles Sobral, o maior município da região.

Análise dos dados

Os dados utilizados para análise pertencem ao banco de dados de monitoramento de qualidade da água da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH. Foi considerado o período de 2016 a 2020, com dados representativos dos períodos chuvosos (primeiro semestre) e de estiagem (segundo semestre) de cada ano do estudo

Para caracterização qualitativa das águas no açude Ayres de Sousa foram utilizados os seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica da água (CE) e a transparência da água obtida por meio do Disco de Secchi. Já para análise em laboratório, a profundidade de coleta das amostras foi subsuperficial (0.30 m) no ponto próximo à captação do açude Ayres de Sousa (latitude: -03° 42' 00" longitude: -40° 20' 00") os parâmetros analisados foram: clorofila a, cianobactérias, fósforo totais, nitrogênio total, cloretos, cor, magnésio, potássio, sódio, sólidos totais, turbidez e *Escherichia coli*. Os procedimentos laboratoriais foram baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2005).

Análise estatística

A etapa inicial constou na tabulação dos conjuntos de dados das variáveis analisadas, as quais foram tabeladas em planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel para a organização e pré-tratamento dos dados. Após a consolidação do banco de dados, foram realizadas análises estatísticas descritivas.

Nas variáveis que compõe o estudo foram aplicadas análises descritivas juntamente na construção de gráficos box-plot nos períodos sazonais, com o intuito de representar o comportamento das variáveis de qualidade da água. Essas análises foram aplicadas com a finalidade de observar o comportamento dos parâmetros analisados nos períodos sazonais entre os anos de 2016 e 2020, e posteriormente, comparou-se as concentrações de determinadas variáveis analisadas com os valores máximos permitidos (VMPs), conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Resultados e discussões

Análise Sazonal das Variáveis Físico-químicas nos Açudes

A variável condutividade elétrica apresentou diferenças sazonais, em que todas as coletas tiveram um aumento progressivo dos valores no período chuvoso, exceto no ano de 2016 (Figura 2A). Cenário que pode ser justificado pelo aporte de íons nas águas do reservatório por escoamento superficial, em épocas de maiores precipitações. Resultado divergente foi encontrado nos estudos de Feitosa (2011) nos açudes Paus Branco e Mel e de Pacheco (2009) no açude Acarape do Meio do Ceará, em que a condutividade elétrica apresentou maiores valores no período seco, justificado pela maior concentração de sais, devido a redução do volume do reservatório.

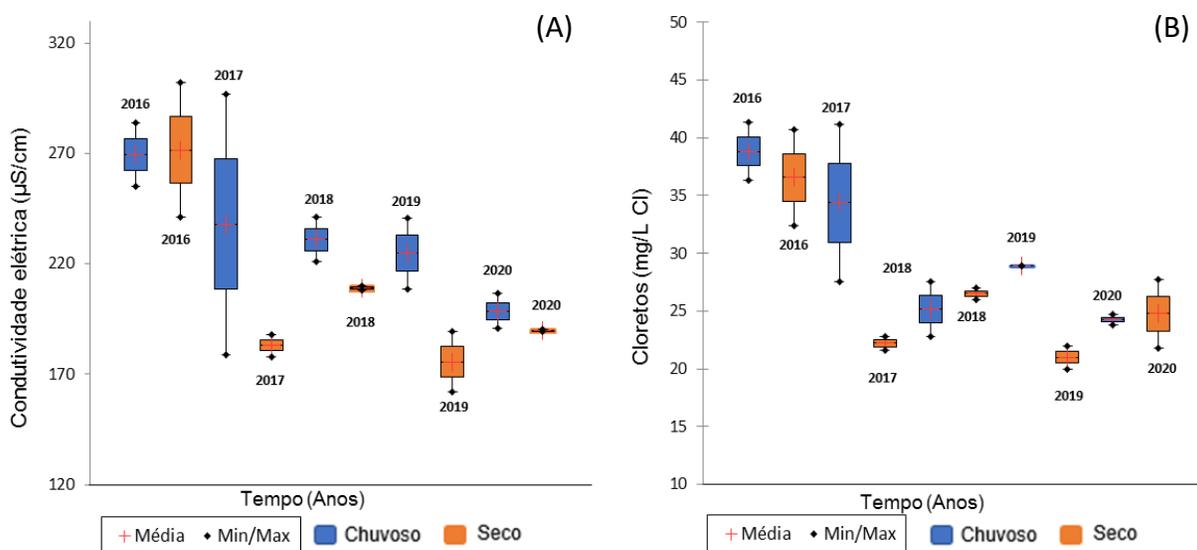


Figura 2. Representação do período sazonal da condutividade elétrica (A) e cloreto (B)

A condutividade elétrica tem correlação com a presença de íons dissolvidos no meio aquoso. Logo, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica (Buzelli *et al.*, 2013). Segundo Cetesb (2009) águas que apresentam concentrações superiores a 100 µS/cm, indicam ambientes impactados por atividades antrópicas. Todas as coletas apresentaram valores superiores a 100 µS/cm, onde supõe-se a existência de atividades antrópicas no entorno do reservatório, que contribuem para o aporte de íons nas águas pela ação do escoamento superficial em períodos chuvosos, indicando possível impacto de atividades antrópicas.

As variações da variável cloreto são observadas na Figura 2B, e as maiores concentrações foram obtidas no período chuvoso. De acordo Piratoba *et al.*, (2017) o cloreto pode ter origem antrópica

e geológica, sendo a lixiviação de rochas, esgotos domésticos e industriais a sua principal origem. Segundo o limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, que é de até 250 mg/L, todas as concentrações de cloreto atenderam o valor máximo permitido.

Na Figura 3A, os sólidos totais apresentaram, em sua maioria, valores maiores no período chuvoso, o que era esperado devido a ação do escoamento superficial, que traz consigo matéria orgânica e sedimentos. Segundo os autores Silva e Souza (2013) os sólidos totais têm relação direta com a sazonalidade, uma vez que os valores de ST são maiores no período chuvoso, o que significa um maior incremento dos teores de sais minerais neste período. Cogerh (2010) apresenta amostras coletadas no ano de 2010 no açude Ayres de Sousa com dados representativos no período chuvoso e seco, com 106.7 mg/L e 96.7 mg/L, respectivamente. Os dados revelam pouca variação entre os períodos, resultado divergente desta pesquisa, como visto na Figura 2A, em que os dados são mais expressivos no período chuvoso.

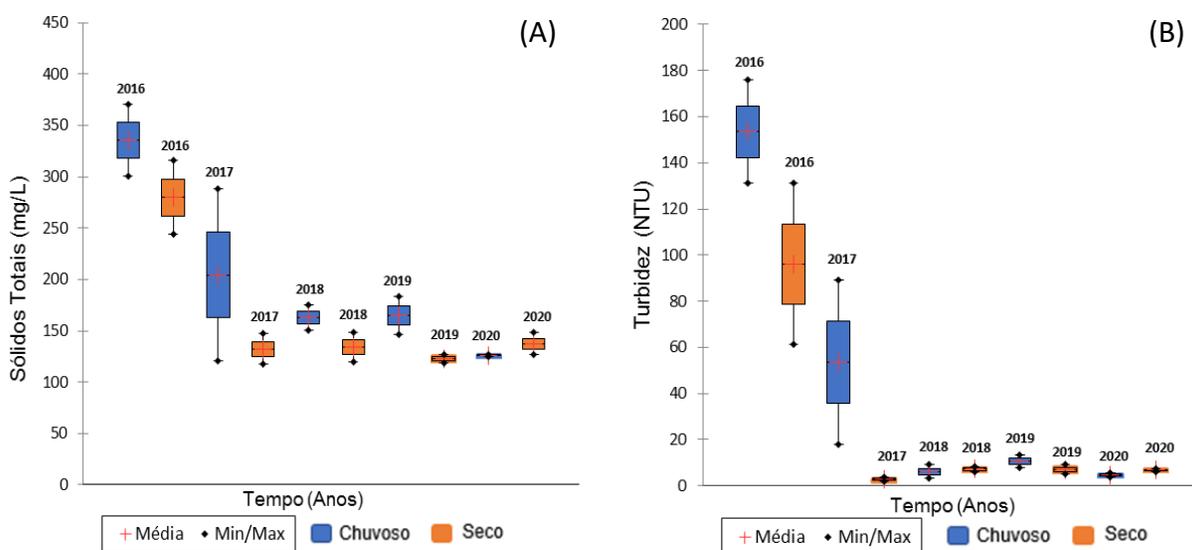


Figura 3. Representação do período sazonal do sólidos totais (A) e turbidez (B).

De acordo com a resolução CONAMA 357/05 os limites aceitos para o parâmetro de sólidos totais para águas doces de Classe 2 devem ser até 500 mg, diante disso, observa-se que os valores obtidos no açude Ayres de Sousa atenderam a legislação.

A variável turbidez, de um modo geral, apresentou maiores concentrações no período chuvoso (Figura 3B); resultado similar foi encontrado no estudo de reservatórios, situados no

estado do Sergipe (Lima, 2015). Cogerh (2010) também apresentou dados representativos do açude Ayres Sousa no período seco e chuvoso, com 2.8 e 7.3 (NTU), respectivamente. É válido ainda ressaltar, que estes dados comparados ao desta pesquisa, como visto na Figura 2B, não foram consideravelmente expressivos.

Segundo Cetesb (2009) o aumento da turbidez em estações chuvosas geralmente acontece devido à movimentação do sedimento em locais rasos, erosão das margens por falta de vegetação ripária, folhagens e galhos de árvores que são levados para dentro do corpo hídrico por ação dos ventos e da correnteza. Destaca-se que todas as concentrações de turbidez atenderam a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece um valor de até 100 UNT para águas doces de classe 2.

A variável cor apresentou maiores concentrações no período seco, exceto nas coletas dos anos de 2016 e 2017, como visto na Figura 4A. Segundo Cetesb (2009), a cor está associada à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Diante disso, valores mais altos no período de estiagem, ocorrem pela diminuição do volume do reservatório e, em consequência disso, as concentrações destes materiais se tornam mais elevadas.

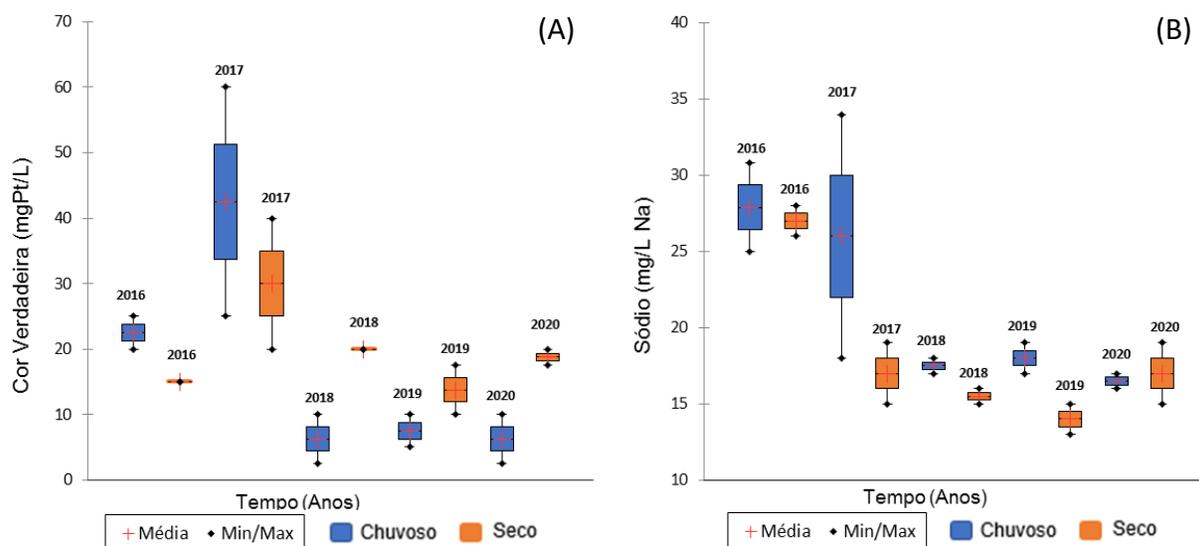


Figura 4. Representação do período sazonal da cor verdadeira (A) e sódio (B).

Segundo o limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, que é de até 75 mg Pt/L, todas as concentrações de cor nos períodos sazonais atenderam à legislação. Segundo Lima (2017) a cor verdadeira pode ser de origem natural, resultante da

presença de substâncias húmicas e/ou compostos inorgânicos de ferro e manganês, como também sofre influências antrópicas, como despejos industriais, como curtumes, tecelagens, tinturarias e esgotos domésticos.

Observa-se na Figura 4B, que maiores concentrações de sódio aconteceram no período chuvoso. Lima (2015) teve resultado semelhante em seu estudo, no qual houve uma elevação na concentração de sódio no período chuvoso. O sódio é um dos elementos mais abundantes na terra e seus sais são muito solúveis, por isso toda água natural contém sódio. Em corpos hídricos superficiais as concentrações de sódio são inferiores à 50 mg/L (Lima e Garcia, 2008), observando a Figura 4B, todas as coletas não ultrapassaram à 50 mg/L. Segundo Piratoba *et al.*, (2017) o sódio pode entrar nos corpos hídricos, por meio da lixiviação das rochas (fontes naturais) e por esgotos sanitários, efluentes industriais e/ou atividades agrícolas (fontes antrópicas).

Como visto na Figura 5A, o potássio apresentou maiores concentrações no período chuvoso. O potássio é um elemento que está em baixas concentrações nas águas naturais, sendo a lixiviação das rochas a sua principal fonte natural, entretanto a fonte antrópica é uma das suas fontes, visto que é um elemento utilizado na indústria e na agricultura (Piratoba *et al.*, 2017). Segundo Lucas *et al.*, (2014) as concentrações de potássio encontradas em corpos hídricos são baixas, pois rochas que contêm potássio são relativamente resistentes ao intemperismo. Segundo Cetesb (2009) as concentrações de potássio em águas naturais são usualmente menores que 10 mg/L. Observando a Figura 5A, verifica-se que as maiores concentrações de potássio obtidas nos anos em estudo, foram menores que 10 mg/L.

O magnésio é um elemento comum em águas naturais, tendo origem de rochas calcárias (Lucas *et al.*, 2014). A variável magnésio apresentou valores mais altos no período chuvoso, exceto no ano de 2020 (Figura 5B). Resultado divergente foi obtido por Lima (2015), onde as maiores concentrações de magnésio ocorreram durante a estiagem em todos os reservatórios, que é explicado pela diminuição do volume do reservatório, o que acarreta a uma concentração maior de sais de magnésio.

Observa-se na Figura 6A o comportamento do pH no período chuvoso e seco; as águas se mostram em sua maioria, tendência ao pH básico no período chuvoso. O aumento das precipitações gera uma tendência crescente do pH, o qual se aproxima da neutralidade. Isto acontece por ter maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido, pois existe o maior volume de água que faz com que a acidez da água diminua (Carvalho *et al.*, 2000). Já no estudo de Almeida *et al.*, (2006) foram coletadas amostras nos períodos sazonais nos anos de 2004 e 2005 no açude Ayres de Sousa, e os valores da variável pH se mantiveram constante em todo o período, tendo pouca variação no período sazonal.

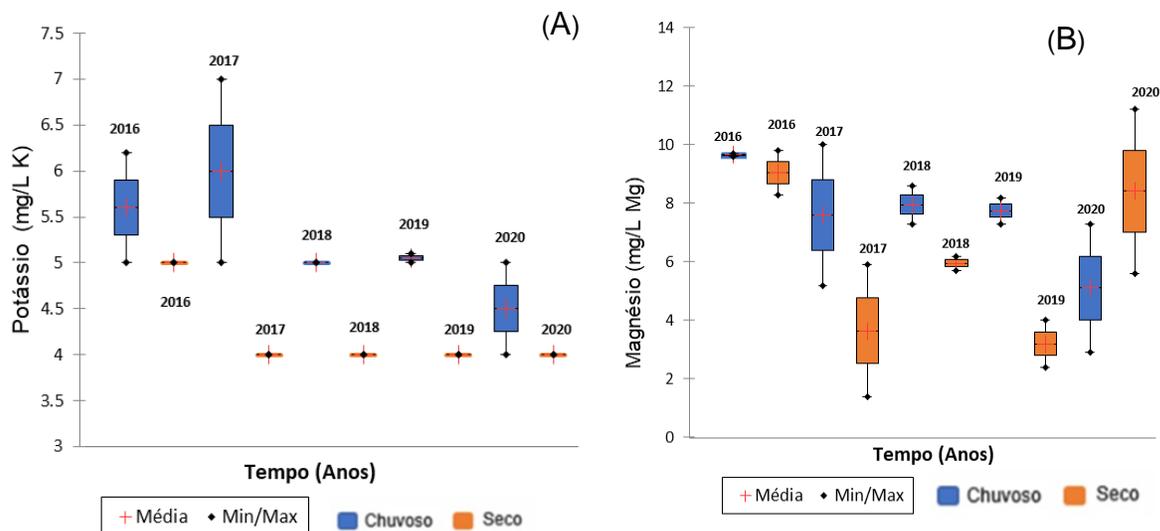


Figura 5. Representação do período sazonal do potássio (A) e magnésio (B).

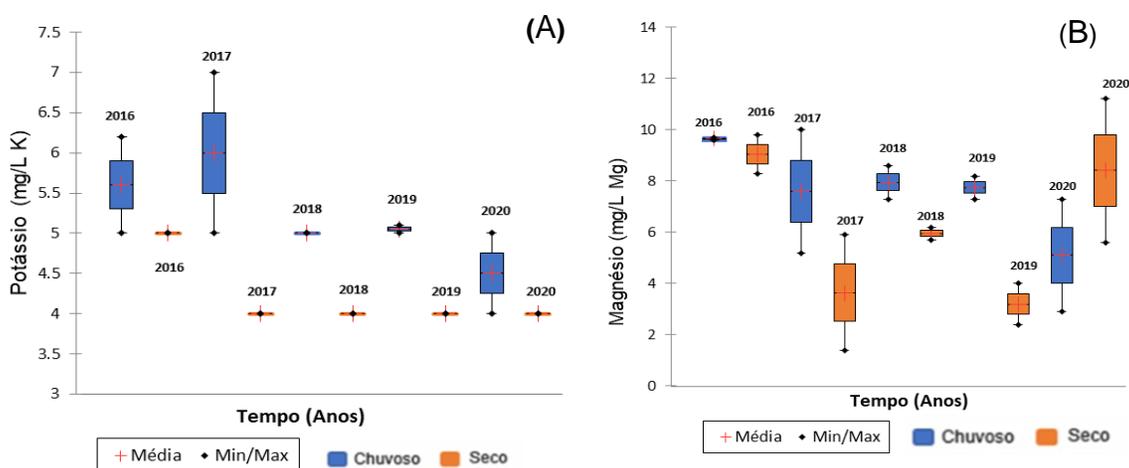


Figura 6. Representação do período sazonal do pH (A) e oxigênio dissolvido (B).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os limites aceitos para o parâmetro de pH para águas doces de Classe 2, devem estar entre 6 e 9. A variação dos valores no açude Ayres de Sousa nos períodos sazonais atendem à legislação.

A variável OD é bastante relevante, pois permite avaliar o nível de poluição por matéria orgânica. O período seco caracterizou-se por concentrações relativamente maiores (Figura 6B), quando comparado a estação chuvosa. Barreto e Garcia (2010) em sua pesquisa no açude do Buri, no estado de Sergipe, observaram que a concentração de oxigênio se elevou no período seco. Resultado similar foi tido por Almeida *et al.*, (2006) em que o Ayres de Sousa teve maiores valores no período de estiagem entre os anos 2004 e 2005, e todos os valores obtidos estiveram em conformidade com os padrões estabelecidos para a classe 2 pela Resolução N°357/2005 do CONAMA.

Conforme a Resolução CONAMA 357/2005, os limites permitidos para o parâmetro de oxigênio dissolvido (OD) para águas doces de Classe 2 não devem ser inferiores a 5 mg/L O₂. No açude Ayres de Sousa no ano de 2017, as concentrações obtidas não atenderam à legislação, com valor de 2.40 e 4.30 mg/L O₂, no período seco e chuvoso, respectivamente. Segundo ANA (2021) águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois este é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica.

Os resultados obtidos para o fósforo total demonstram que de uma forma geral as maiores concentrações foram registradas no período chuvoso (Figura 7A), o que pode ser justificado pela ocorrência de escoamento superficial favorecendo o aporte de matéria orgânica nos açudes. Resultado similar foi obtido por Machado e Silva (2015), que realizou coletas nos anos de 2012 e 2013 no açude Ayres, em que apresentou concentrações médias maiores no período chuvoso. Da mesma maneira, Almeida *et al.*, (2006) encontram em seu estudo valores de fósforo total mais expressivos no período chuvoso, e todos os valores ultrapassaram os limites estabelecidos para fósforo total para ambientes lênticos de águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA N°357/2005.

Segundo Feitosa (2011) concentrações mais altas de fósforo total no período chuvoso, podem ser devido a entrada de matéria orgânica, bem como do fósforo adsorvido no sedimento por meio do escoamento superficial, além destes fatores, outra causa seria a ressuspensão do material do fundo do açude, que contém fósforo e libera para o meio, a partir da turbulência causada pelas precipitações.

Conforme a Resolução CONAMA 357/2005, os limites aceitos para o parâmetro de Fósforo total para águas doces de Classe 2 devem ser menores que 0.030 mg/L P, para ambientes lênticos. O açude Ayres de Sousa apresentou em todos os anos em estudo, concentrações maiores que o valor máximo permitido.

Destaca-se que no Ayres de Sousa são realizadas atividades de piscicultura, os valores mais altos de fósforo total podem ser justificados pelo aporte de ração com altos teores de fósforo e os excrementos dos peixes liberados no reservatório (Marcelo e Silva; 2015)

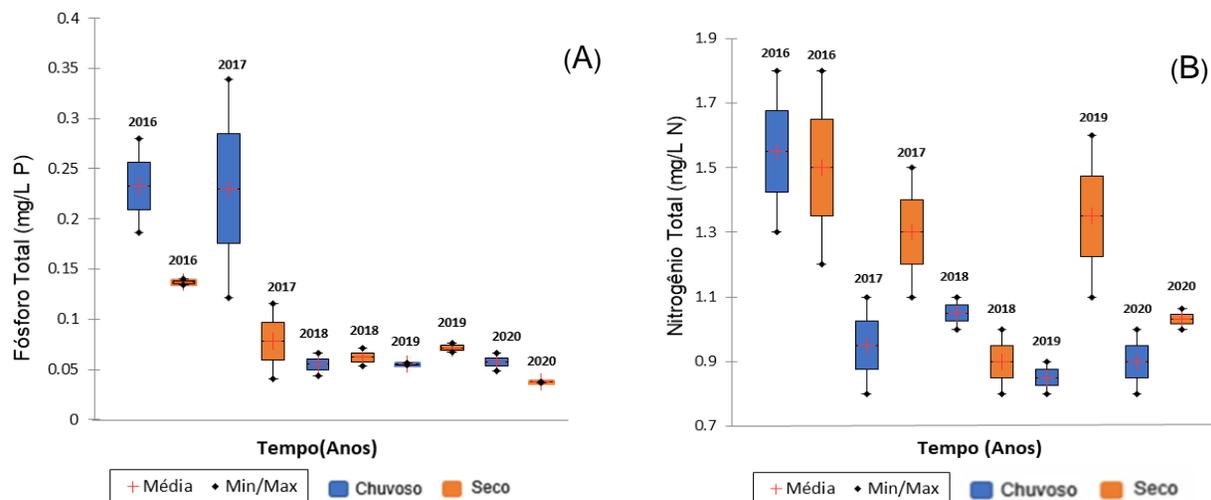


Figura 7. Representação do período sazonal do fósforo total (A) e nitrogênio total (B).

Na figura 7B, observa-se o comportamento no nitrogênio total sobre o efeito da sazonalidade. O nitrogênio total, de um modo geral, apresentou concentrações maiores na estação de estiagem. Resultado semelhante foi obtido pela Cogerh (2010) no açude Ayres de Sousa, em que no período de estiagem foi obtido valor mais alto no período de estiagem. Segundo ANA (2021) as principais fontes de nitrogênio para o ambiente aquático, acontece por lançamento de esgotos sanitários e efluentes indústrias. Em regiões agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas.

Análise Sazonal das Variáveis Biológicas

As variações sazonais das concentrações de clorofila “a” são observadas na Figura 8A, onde as maiores concentrações foram registradas no período seco. Resultado similar foi encontrado por Buzelli *et al.*, (2013), em que concentrações mais altas de clorofila *a* foram tidas no período de estiagem, nas águas do reservatório de Barra Bonita, São Paulo. Segundo Oliveira (2013), a clorofila *a* tem forte correlação com fator climático, onde se têm períodos com maior incidência solar, terá maiores valores de clorofila *a*.

Conforme a Resolução CONAMA 357/2005, os limites aceitos para o parâmetro de clorofila *a* para águas doces de Classe 2 devem ser até 30 µg/L, pode-se observar que os valores do referido parâmetro estão dentro dos padrões estabelecidos, na maioria das análises, com exceção do ano de 2020 no período seco no açude Ayres de Sousa com valor de 78.50 µg/L. Machado e Silva (2015) avaliou a qualidade da água do açude Ayres de Sousa, e observou valores médios de clorofila *a* mais expressivos no período seco, condição semelhante às obtidas neste estudo.

Na figura 8B, observa-se o comportamento das cianobactérias sobre o efeito da sazonalidade. De um modo geral, o período chuvoso caracterizou-se por concentrações relativamente maiores, quando comparado a estação seca.

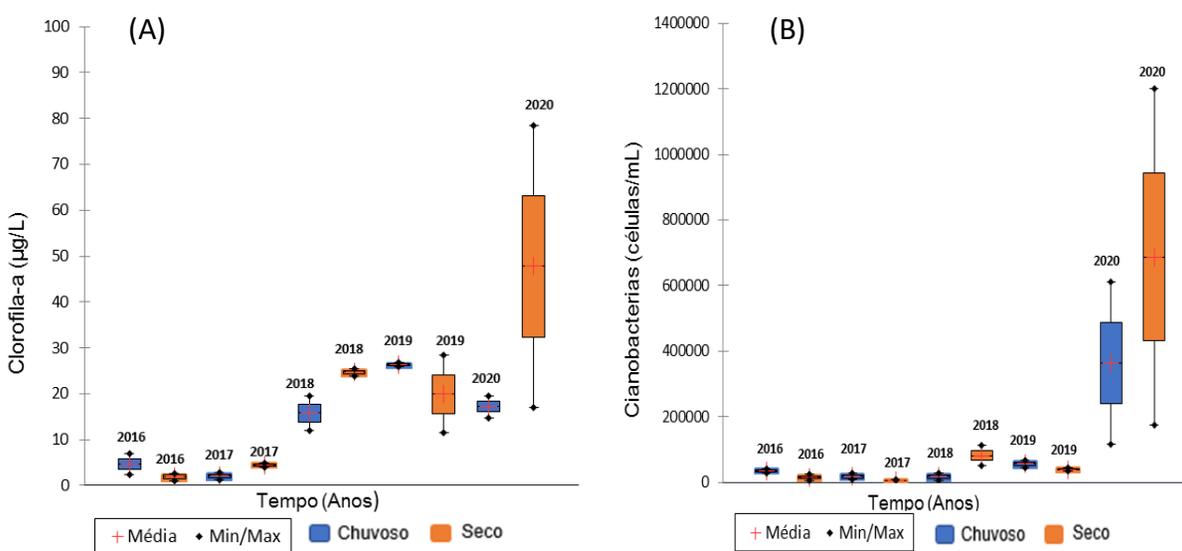


Figura 8. Representação do período sazonal da clorofila a (A) e cianobactérias (B).

Conforme a Resolução CONAMA 357/2005, os limites aceitos para o parâmetro de cianobactérias para águas doces de Classe 2 devem ser até 50000 cel/mL. Verifica-se que algumas coletas não atenderam a legislação, as quais ocorreram nos seguintes períodos: (2018-seco, 2019-chuvoso e 2020-seco e chuvoso).

Segundo Buzelli *et al.*, (2013) a concentração elevada de nutrientes no meio aquático, provenientes de lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, de efluentes agrícolas (defensivos e fertilizantes), bem como dos processos naturais, favorecem o desenvolvimento e proliferação de algas. O aumento das concentrações de cianobactérias em corpos hídricos, utilizados para abastecimento público se torna preocupante pela capacidade desses microorganismos produzirem e liberarem toxinas (cianotoxinas), as quais podem afetar a saúde humana, caso o tratamento da água não seja eficiente na remoção dessas toxinas.

Na figura 9, observa-se o comportamento da *E. coli* sobre o efeito da sazonalidade. A *E. coli*, de um modo geral, apresentou concentrações maiores na estação chuvosa. Os coliformes termotolerantes são representados principalmente pela *Escherichia coli*, e com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 o valor máximo permitido é de 1000 NMP para 100 mL.

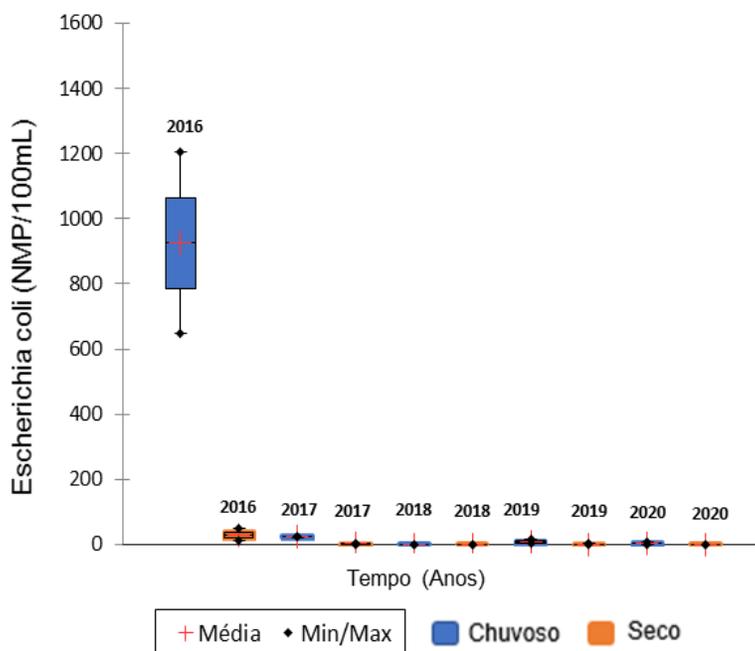


Figura 9. Representação do período sazonal da *E.coli*.

Durante o período analisado para os açudes, as concentrações atenderam a resolução, exceto no ano de 2016, onde teve um valor bem expressivo, que indica um provável lançamento de efluentes domésticos. Segundo Cetesb (2008) a presença de *E. coli* em corpos hídricos, indica contaminação de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH), pelo fornecimento dos dados do seu banco de dados de monitoramento qualitativo-quantitativo.

Conclusão

A qualidade da água do açude Ayres Sousa relativa a seus parâmetros físicos, químicos e biológicos, no período avaliado para a maioria dos parâmetros estão dentro dos limites permitidos pela Resolução 357/05 do CONAMA para águas doces classe 2.

Os parâmetros fósforo total, oxigênio dissolvido, *Escherichia coli*, clorofila a e cianobactérias não atenderam a resolução CONAMA, resultados apontam possíveis contaminações por interferência antrópica.

Nota-se durante o período analisado uma interferência da sazonalidade nos valores dos parâmetros avaliados.

Referências bibliográficas

- ANA, Agência Nacional de Águas (2021) *Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA)*. Acesso em 13 de maio de 2021, disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>.
- Almeida, M. M. M., Alexandre, A. M. B., Araújo, L. F. P., Figueiredo, M. C.B., Rosa, M. F. (2006) Influência da sazonalidade na qualidade da água dos reservatórios da Bacia do Acaraú. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, setembro, 1-11. Acesso em 21 de janeiro de 2022, disponível em: https://abrh.s3.saeast1.amazonaws.com/Sumarios/19/3b03ca80d8b7e132daf5867c18be71a8_63fa802f8c72fc193469eb414ca5b143.pdf
- Araújo, J. C. de. Assoreamento em reservatórios do semiárido: modelagem e validação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, (8 2), 39-56, 2003. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v8n2.p39-56>
- Barreto, W. J., Scarmínio, I., Solci., M. C., Ishikawa, D. N., Ogasawara., M. T., Nomi., S. N., Barreto., S. R. C. (2007) Analysis of Physical and Chemical Parameters for Discrimination of Water Origin in a Hydroelectric Reservoir. *CLEAN – Soil, Air, Water*, (35, n.3, p.239-245. <https://doi.org/10.1002/clen.200700015>
- Bernardini, C. S. M., Silva, F. J. A., Farrapeira Neto, C. de A., Albuquerque, G. de L. S., Alencar. I. F. de O., Sales, R. J. de M., Toniolli, L. de S. (2021) Qualidade da água como retrato da vulnerabilidade socioambiental: o caso do rio cocó-Fortaleza/Ce. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, (14)1. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.1.70470>
- Bertossi, A. P. A., Menezes, J. P. C., Cecílio, R. A., Garcia, G. O., Neves, M. A. (2013) Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. *Semina: Ciências Agrárias*, (34)5, 2025-2036. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2025>
- Buzelli, G. M., Cunha-Santino, M. B. da. (2013) Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Revista Ambiente & Água*, (8)1, 186-205. <https://doi.org/10.4136/ambiente-agua.930>
- Carvalho, A. R., Schlittler, F. H. M., Tornisielo, L. (2000) Relação da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. *Química Nova*, (23)5, 618-622. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000500009>
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2009) *Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 44. Acesso em 08 de outubro de 2021, disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>

- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2008) *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo*. Apêndice D. Índice de qualidade das águas. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 32. Acesso em 15 de outubro de 2021, disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wpcontent/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>
- COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. (2010). *Inventário Ambiental do açude Ayres de Souza: Fatores condicionantes da qualidade da água*. COGERH, Fortaleza – CE, 2010, 35 p. Acesso em 20 de janeiro de 2022, disponível em: http://cdn.funceme.br/hidroce/data/arquivos/inventarios_synced_201605/Inventario%20Ambiental%20do%20Acude%20Ayres%20de%20Souza-dez%202010.pdf
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União n. 53, 18 mar. 2005, 58-63.
- Feitosa, L. S. (2011) *Aspectos limnológicos da pequena açudagem no semiárido: estudo de caso dos açudes do assentamento 25 de Maio*, Madalena-CE. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará, 130 pp.
- Fernandes, W. S., Filho, F. A. S., Studart, T. M., Silveira, CL. S. (2016) Avaliação do impacto das mudanças climáticas no balanço hídrico na bacia do Orós usando os modelos de mudanças climáticas do IPCC-AR4 para o cenário A1B. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, (9)1,28-48. <https://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2016.9.1.49791>
- Figueiredo, M.C.B., Vieira, (P. P. B., Mota, S., Rosa, M. F., Araújo, L. F. P., Girão, Ê., Ducan, B. L. (2008) Monitoramento comunitário da qualidade da água: uma ferramenta para a gestão participativa dos recursos hídricos no semi-árido. *Revista de Gestão de Água da América Latina*. Porto Alegre, (5), n.1, p.51-60.
- Garcia, C. A. B., Barreto, R. (2010) Caracterização da qualidade da água do açude Buri–Frei Paulo/SE. *Scientia Plena*, (6)9.
- Guedes, H. A. S., Silva, D. D., Elesbon, A. A. A., Ribeiro, C. B. M., Matos, A. T. de, Soares, J. H. P. (2012) Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, (16)5,558-563. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500012>
- Gomes, F. B. M., Clemente, T. M. de P., Santiago, R. D.B., Pessoa, E. ((2015) VI-112–avaliação da qualidade da água e conformidades com a legislação ambiental do açude Ayres de Sousa, Sobral-Ceará. 28° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil.
- Herculano, J. W. do N., Sousa, I. M. I., Araújo, F. E. R., Sales, J. S. (2020) Construções às margens do açude Ayres de Sousa e os riscos que elas acarretam para seus habitantes e para o próprio açude. *Ciências da saúde no Brasil [recurso eletrônico]: impasses e desafios 9*, Editora Atena, Paraná, Brasil, 1-388–416. <https://doi.org/10.22533/at.ed.23820280922>
- Lima, R. S., Foncesa, L. C., Macedo, L. C. B., Alves, J. P. H. (2015) Qualidade da água dos reservatórios situados na bacia hidrográfica dos rios Piauí–Real: uma avaliação com base em técnicas estatísticas multivariadas e razões iônicas. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; 2015 Nov 17 –22; Brasília (DF)
- Lima, W.S., Garcia, C.A.B. (2008) Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: o Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira. *Scientia Plena*, (4)12,1-24.
- Lucas, A. A. T., Moura, A. S. A., Netto, A de O. A., Facciol, G. G., Sousa, I. F. (2014) Qualidade da água no riacho Jacaré, Sergipe e Brasil usada para irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, (8)2,98-105. <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V8N200228>

- Machado, F. N. A., Silva, M. E. (2015) IV-067- Avaliação do grau de trofia dos três maiores reservatórios da bacia do Acaraú-Ce através do Índice de Estado Trófico (IET). *28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Maia, K. P., Silva, G. A., Libânio, Marcelo. (2019) Aplicação de análise multivariada no estudo da frequência de amostragem e do número de estações de monitoramento de qualidade da água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, (24)5,1013-1025. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019175743>
- Mascoli Junior, R., Anjos, R. C. dos, Sousa, Y. de L., Ribeiro, M. L. (2020) Análise temporal da qualidade da água de corpos hídricos urbanos. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, (13)2,263-272. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.64563>
- Nascimento, F. R. do. (2012) Os recursos hídricos e o trópico semiárido no Brasil. *GEOgraphia*, (14)28,82-109. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2012.v14i28.a13644>
- Oliveira, A. C. B. de. (2013) *Avaliação da qualidade das águas do açude Santo Anastácio*. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Ceará, 124 f.
- Piratoba, A. R. A., Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P., Gonçalves, W. G. (2017) Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, (12)3,435-456. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>
- Silva, A. E. P., Angelis, C. F., Machado, L. A. T., Waichaman, A. (2008) Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazônica*, (38)4,733-742. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>
- Trindade, A. L. C., Almeida, K. C. B., Barbosa, E., Oliveira, S. M. A. C. (2017) Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, (22)1,13-24. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016131457>