

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE POLUIÇÃO INTEGRADO (IPI) EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (SAB)

*Laisa Daiana Alcântara Costa¹; Maria Aparecida Pereira Santos² & John Elton de Brito Leite
Cunha³*

RESUMO – O Índice de Poluição Integrado (IPI) foi aplicado à onze reservatórios usados no abastecimento humano, pertencentes à sub-bacia do rio Salgado, inseridos no Semiárido brasileiro, com o objetivo de analisar a qualidade de suas águas. Para tanto, utilizou-se doze parâmetros físico-químicos e biológicos, referentes ao período de 2015 a 2021, disponibilizados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará, assim como foram obtidos os volumes disponíveis nos reservatórios e suas classificações tróficas (FUNCEME; COGERH, 2022). Empregou-se no cálculo do IPI a metodologia apresentada por Wang *et al.* (2008), considerando os padrões de qualidade para águas doces de classe 2 (BRASIL, 2005). Os resultados mostraram que todos os reservatórios estudados, com exceção apenas do Cachoeira, apresentaram indícios de degradação na qualidade das suas águas ($IPI > 1$), corroboraram com as classes tróficas da maioria dos mananciais estudados. O Lima Campos foi o corpo hídrico que exibiu o maior grau de deterioração, seguido do Junco e do Jenipapeiro II. Nesta região, a qualidade da água pode estar condicionada ao volume dos reservatórios e ao uso solo.

ABSTRACT – The Integrated Pollution Index (IPI) was applied to eleven reservoirs used for human supply belonging to the Salgado River Sub-basin, located in the Brazilian semiarid region, to analyze the quality of its waters. Therefore, twelve physical-chemical and biological parameters were used, referring to the period from 2015 to 2021, made available by the Ceará Water Resources Management Company and the available volumes in the reservoirs and their trophic classifications (FUNCEME; COGERH, 2022). The methodology presented by Wang *et al.* (2008) considers the quality standards for class 2 fresh waters (BRASIL, 2005). The results showed that all reservoirs studied, except for Cachoeira, showed signs of degradation in the quality of their waters ($IPI > 1$), which corroborated the trophic classes of most of the sources studied. Lima Campos was the water body with the highest degree of deterioration, followed by Junco and Jenipapeiro II. In this region, water quality may be conditioned to the volume of reservoirs and land use.

Palavras-chave – Qualidade de água. Eutrofização. Uso e ocupação do solo.

1) Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, nº 882, Universitário, Campina Grande, Paraíba, CEP 58429-900. Fone: (83) 2101-1000. E-mail: laisa.daiana@estudante.ufcg.edu.br

2) Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, nº 882, Universitário, Campina Grande, Paraíba, CEP 58429-900. Fone: (83) 2101-1000. E-mail: aparecida.pereira@estudante.ufcg.edu.br

3) Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Rua Luiz Grande, S/N, Frei Damião, Sumé, Paraíba, CEP 58540-000. Fone: (83) 3353-1850. E-mail: john.brito@ufcg.edu.br

1 - INTRODUÇÃO

A região Semiárida Brasileira (SAB) abrange uma área de 1,13 milhão de km² (cerca de 12% do território nacional), que se estende por 1.262 municípios pertencentes aos estados do Nordeste e do norte de Minas Gerais, abrigando uma população de aproximadamente 27,9 milhões de habitantes (SUDENE, 2017). As chuvas que incidem sobre o SAB possuem uma distribuição irregular, com precipitações intensas em um curto período de tempo, o que aliado à predominância de solos rasos localizados sobre formações do tipo cristalino, e às altas taxas de evaporação, tem-se uma má penetração de água no subsolo e um rápido escoamento superficial (SILVA *et al.*, 2017). Esses fatores contribuem para uma rede de drenagem com hegemonia de rios intermitentes, que não servem de garantia hídrica para a poluição local, e um reduzido número de aquíferos (GHEYI *et al.*, 2012).

Diante desta realidade, a política de acúmulo de água em grandes reservatórios superficiais, com capacidade plurianual, tem sido historicamente implementada no SAB, como medida mitigadora dos impactos recorrentes das secas (SILVA *et al.*, 2017). Contudo, além da indisponibilidade hídrica em quantidade, nas regiões semiáridas também é comum a depreciação da qualidade de alguns reservatórios durante os períodos de estiagem prolongada, estimulando o processo de eutrofização dos mesmos (CORTEZ *et al.*, 2022). A eutrofização afeta a saúde das bacias hidrográficas, podendo ser ocasionada pelo carreamento de nutrientes para dentro dos corpos hídricos (TSAI; LIN; CHEN, 2021).

Estima-se que devido às mudanças climáticas, os eventos extremos de seca ocorrerão com maior frequência e intensidade, aumentando o tempo de retenção hidráulica dos corpos d'água e a concentração de nutrientes (JEPPESEN *et al.*, 2015), agravando o problema da eutrofização nesses ambientes. Salienta-se que a qualidade da água é função tanto de condições naturais, quanto do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, sendo que a composição da água pode ser alterada pela infiltração no solo e pelo escoamento superficial resultantes da precipitação atmosférica, mesmo com a bacia hidrográfica preservada na sua condição natural (VON SPERLING, 2005).

Diante disto, uma importante ferramenta de gerenciamento das águas mundialmente difundidas são os índices, que surgem como uma metodologia integradora de análise por dispor de várias informações em um único resultado numérico (SETTA *et al.*, 2014), facilitando o processo de informação à população e orientando ações de planejamento e gestão da qualidade dos corpos hídricos (ANA, 2022). No contexto ambiental, os indicadores são parâmetros concisos, representativos e fáceis de interpretar que servem para exprimir as características de uma região (MATTAR NETO; KRÜGER; DZIEDZIC, 2009).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade das águas dos reservatórios com abastecimento humano, pertencentes à Sub-bacia do rio Salgado no estado do Ceará, por meio da aplicação do Índice de Poluição Integrado (IPI). Em comum a outros estados da região SAB, as reservas hídricas superficiais do Ceará representam a principal fonte para atendimento aos múltiplos usos (LIMA; MAMEDE; LIMA NETO, 2018), portanto, a avaliação dos aspectos inerentes à qualidade das águas nessa região, principalmente das destinadas ao abastecimento humano, são instrumentos norteadores para direcionar ações com o intuito de preservar esses ambientes aquáticos.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

A Sub-bacia do rio Salgado está localizada no sul do estado do Ceará, na região SAB, compondo a Bacia do rio Jaguaribe e drenando uma área de 12.865 km² (COGERH, 2020). O principal rio desta Sub-bacia é o Salgado, que é formado pela confluência do riacho dos Porcos e do rio Batateiras, cujo trajeto dá-se no sentido sul-norte, totalizando um curso de 308 km (CEARÁ, 2009). A capacidade de acumulação de águas superficiais da Sub-bacia do rio Salgado é de 447,45 milhões de m³ (FUNCEME; COGERH 2022), em um total de 15 reservatórios públicos gerenciados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (Cogerh). Neste estudo, trabalhou-se com os reservatórios da Sub-bacia cujas águas têm entre os seus usos múltiplos o abastecimento humano, os quais estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Capacidade e localização dos reservatórios da Sub-bacia do rio Salgado com abastecimento humano

| Reservatório | Capacidade (hm ³) | Município | Coordenadas | |
|-----------------|-------------------------------|----------------------|--------------|---------------|
| | | | Latitude | Longitude |
| Cachoeira | 34,33 | Aurora | 6°59'28,1" S | 39°1'2,1" O |
| Jenipapeiro II | 41,40 | Baixio | 6°40'22,6" S | 38°45'14,1" O |
| Junco | 2,03 | Granjeiro | 6°53'31,8" S | 39°12'55,7" O |
| Lima Campos | 51,17 | Icó | 6°24'5,5" S | 38°57'25,4" O |
| Manoel Balbino | 37,18 | Juazeiro do Norte | 7°6'24,4" S | 39°19'41,6" O |
| Olho d'Água | 19,00 | Várzea Alegre | 6°47'19,1" S | 39°22'23,9" O |
| Prazeres | 32,50 | Barro | 7°6'31,2" S | 38°41'1,4" O |
| Rosário | 47,22 | Lavras da Mangabeira | 6°52'55,3" S | 39°4'37,6" O |
| São Domingos II | 2,25 | Caririaçu | 7°1'46,3" S | 39°16'58,4" O |
| Tatajuba | 2,72 | Icó | 6°24'57,2" S | 39°4'54,7" O |
| Ubalzinho | 42,14 | Cedro | 6°35'0,5" S | 39°14'20,5" O |

Fonte: Funceme e Cogerh (2022). Elaborado pelas Autores (2022).

2.2 - Amostragem

A Cogerh realiza anualmente quatro campanhas de qualidade de água, uma por trimestre, em cada um dos reservatórios monitorados. Dessa forma, para este estudo foram selecionados doze parâmetros de qualidade, compreendidos entre os anos de 2015 e 2021: Cloretos (Cl⁻); Clorofila-a (Cl_a); Contagem de Cianobactérias; Cor Verdadeira (CV); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅); Fósforo Total (PT); Nitrogênio Total (NT); Oxigênio Dissolvido (OD); pH; Sólidos Dissolvidos Totais (SDT); Sulfatos (SO₄²⁻); e Turbidez (TB). Salienta-se que as coletas ocorreram a uma profundidade de 0,3 m e que, com exceção do pH e do OD que foram obtidos *in loco* com o uso de uma sonda multiparamétrica e a cont. de cianobactérias que foi analisada usando a técnica de Utermöhl, os demais parâmetros seguiram as metodologias laboratoriais de análises apresentadas por APHA (2017).

No Portal Hidrológico do Ceará (FUNCEME; COGERH, 2022), foram obtidos os Volumes Disponíveis (VD) dos reservatórios, em percentual, durante o período de coleta selecionado, bem como, as suas respectivas classes tróficas (oligotrófica, mesotrófica, eutrófica e hipereutrófica). A metodologia empregada pela Cogerh para a realização da classificação trófica dos reservatórios por ela monitorados, segue a descrita por Paulino, Oliveira e Avelino (2013), a qual utiliza do Índice de Estado Trófico associado a outros aspectos ambientais.

2.3 - Índice de Poluição Integrado (IPI)

O Índice de Poluição Integrado (IPI) proposto por Wang *et al.* (2008), foi empregado com o objetivo de avaliar a qualidade das águas dos reservatórios selecionados da Sub-bacia do rio Salgado (ver Equação 1).

$$IPI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

Em que: **IPI** é o Índice de Poluição Integrado; **C_i** e **C₀** são as concentrações reais e padrão dos parâmetros de qualidade de águas superficiais, respectivamente; e **n** é o número de parâmetros monitorados.

Este índice se baseia nas concentrações padrão de parâmetros de qualidade de águas superficiais, sendo que para valores de IPI: menor que um, a água é considerada não poluída; igual a um, a qualidade da água corresponde ao valor padrão; e maior que um a água monitorada é considerada poluída (BARBOSA *et al.*, 2021). Quanto maior o valor do IPI mais degradado está o corpo hídrico.

A Resolução Conama nº 357/2005 classifica as águas doces superficiais brasileiras em cinco classes de qualidade, estabelecendo para cada uma um conjunto de padrões e condições necessários ao atendimento dos usos preponderantes de cada classe. Dessa forma, neste estudo enquadraram-se os reservatórios nas águas doces de classe 2, que são aquelas destinadas: ao abastecimento humano, após tratamento convencional; à preservação das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de plantas frutíferas, hortaliças, parques, jardins, campos de esporte e lazer, onde a população possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e pesca (BRASIL, 2005). Portanto, considerando os parâmetros de qualidade de água selecionados para a aplicação no IPI, os seus respectivos padrões, segundo a Resolução *op. cit.* para águas doces de classe 2, estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Padrões de qualidade de água para os parâmetros selecionados, de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005 (águas doces de classe 2)

| Parâmetro | Valor padrão | Parâmetro | Valor padrão |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Cl ⁻ | ≤ 250 mg.L ⁻¹ | NT | ≤ 1,27 mg.L ⁻¹ |
| Cl _a | ≤ 30 µg.L ⁻¹ | OD | ≥ 5 mg.L ⁻¹ |
| Cont. Cianobactérias | ≤ 50.000 cel.mL ⁻¹ | pH | 6,0 a 9,0 |
| CV | ≤ 75 mg.L ⁻¹ | SDT | ≤ 500 mg.L ⁻¹ |
| DBO ₅ | ≤ 5 mg.L ⁻¹ | SO ₄ ²⁻ | ≤ 250 mg.L ⁻¹ |
| PT | ≤ 0,030 mg.L ⁻¹ | TB | ≤ 100 UNT |

Fonte: Brasil (2005). Elaborado pelas Autores (2022).

Uma vez que o valor máximo permitido para NT (1,27 mg.L⁻¹) é condicionado a este ser um fator restritivo para a eutrofização em ambientes lênticos, esse parâmetro somente foi inserido no cálculo do IPI nos casos em que este requisito foi satisfeito através dos cálculos das razões molares NT:PT estequiométricas. A Cogerh tem considerado para os reservatórios do Ceará as seguintes razões de NT:PT: abaixo de 10:1 ocorre a limitação por nitrogênio; acima de 22:1 existe a restrição por fósforo; e no intervalo entre 10:1 e 22:1 pode acontecer de ambos os nutrientes estarem em concentrações limitantes, ou de outros fatores (como a temperatura ou radiação solar) estarem restringindo a produção primária (PAULINO; OLIVEIRA; AVELINO, 2013).

O padrão de OD corresponde ao valor mínimo permitido, ao contrário dos demais parâmetros que representam o valor máximo permitido (conforme verificado no Quadro 2), portanto, para o emprego dessa variável no cálculo do IPI foi efetuado um reajuste na Equação 1, ao substituir a relação C_i/C_0 de OD por C_0/C_i de OD. Para o pH utilizou-se o valor padrão de 9 na equação do IPI, uma vez que as águas dos reservatórios superficiais em estudo tendem a apresentar características levemente alcalinas.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados dos IPIs calculados para os onze reservatórios selecionados da Sub-bacia do rio Salgado com uso para abastecimento humano. Observa-se que o manancial que demonstrou a melhor qualidade das águas quanto a aplicação do IPI foi o Cachoeira (Figura 1-A), cujo valor variou de 0,24 a 0,71, estando sempre abaixo do valor padrão de 1 em todas as coletas realizadas, sendo condizente com as suas classificações tróficas, quase sempre oligotróficas ou mesotróficas durante o período de estudo.

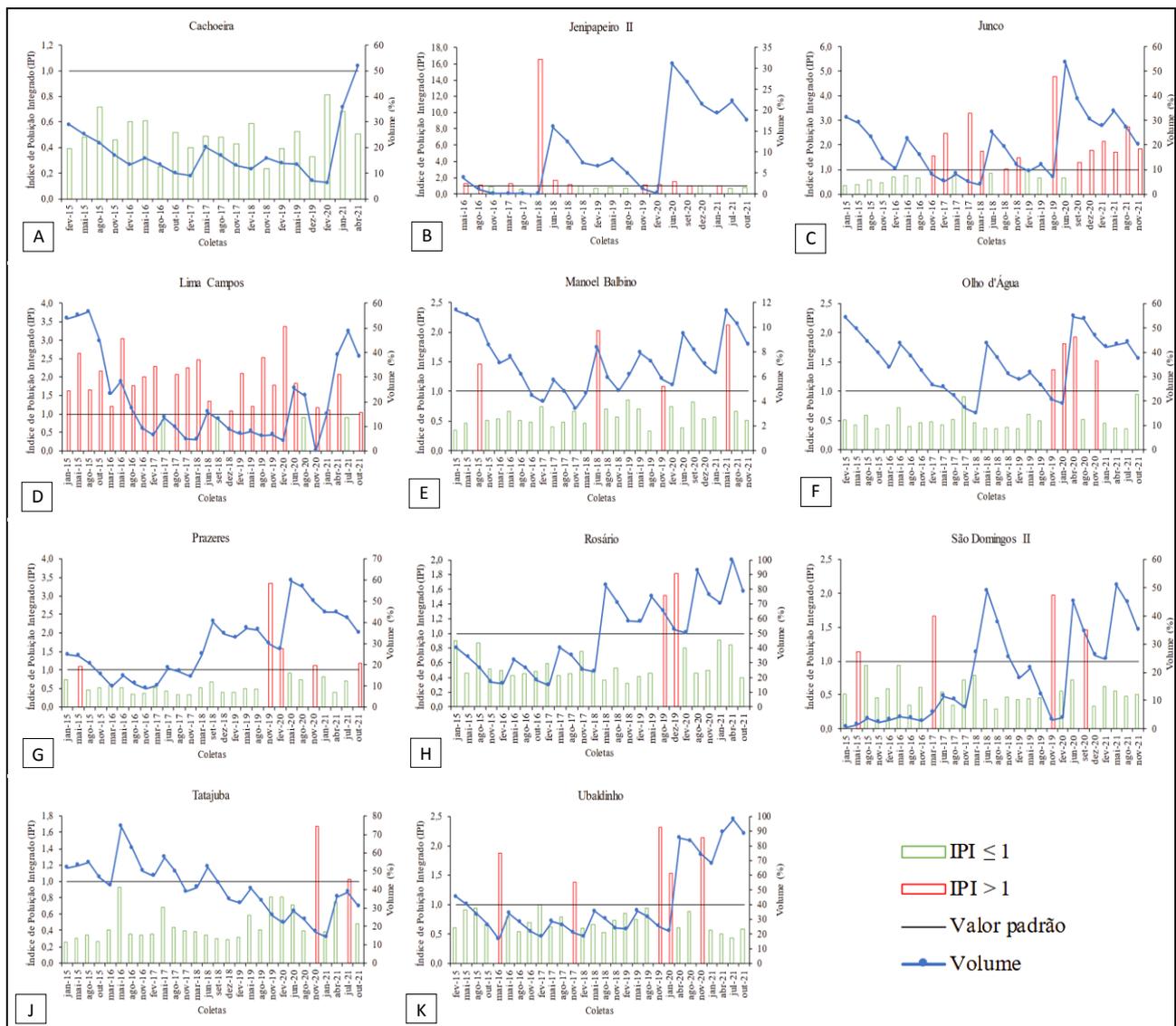


Figura 1 - Índices de Poluição Integrada dos reservatórios da Sub-bacia do rio Salgado com abastecimento humano.

Fonte: Autores (2022).

Já o reservatório que apresentou o maior número de coletas com valores de IPI > 1 foi o Lima Campos (em vinte e três coletas), seguido do Junco (em treze coletas) e do Jenipapeiro II (em onze coletas). Os demais mananciais estudados tiveram de duas a cinco coletas com valores de IPI acima

do padrão. O Lima Campos exibiu valores de IPI que variaram de 0,85 a 3,38 (Figura 1-D), sendo que somente em quatro coletas, de todo o período estudado, foram obtidos valores de $IPI \leq 1$. Este manancial esteve sempre classificado como eutrófico ou hipereutrófico durante as campanhas amostrais, apresentando também o pior estado trófico entre os demais corpos hídricos analisados. Esses resultados condizem com o fato de que, em quase todas as campanhas, o Lima Campos apresentou concentrações de *Cl_a*, contagem de cianobactérias, DBO₅, PT e NT acima dos padrões exigidos pela Resolução Conama n° 357/2005 para águas doces de classe 2, chegando em alguns casos a apresentar valores de OD menores que 5 mg.L⁻¹, que é o mínimo permitido para que ocorra a preservação da vida aquática.

O Junco teve valores de IPI variando de 0,34 a 4,79 (Figura 1-C), o que associado as classificações tróficas a ele atribuídas, em sua maioria eutróficas ou hipereutróficas, evidenciou o processo de deterioração deste ambiente hídrico segundo o método da análise empregada.

O Jenipapeiro II (Figura 1-B) apresentou IPIs entre 0,62 e 16,52, sendo também notório o processo de degradação da qualidade das suas águas, confirmado pelos dados de eutrofização desse ambiente em quase todas as campanhas realizadas. O pico do valor do IPI do Jenipapeiro II (16,52), está relacionado com as elevadas concentrações de *Cl_a* (42,17 µg.L⁻¹), contagem de cianobactérias (65.576 cel.mL⁻¹), CV (350 mg.L⁻¹), DBO₅ (42,58 mg.L⁻¹), PT (2,33 mg.L⁻¹) e NT (3,56 mg.L⁻¹), bem como, com o baixo teor de OD (0,05 mg.L⁻¹), estando todos esses parâmetros em desacordo com a Resolução Conama n° 357/2005 para águas doces de classe 2. Nesta respectiva coleta, o reservatório foi classificado pela Cogerh como eutrófico e o seu volume estava próximo a zero.

Sendo a qualidade das águas superficiais fortemente condicionada às atividades de uso e ocupação do solo desenvolvidas em sua bacia de drenagem (VREBOS; BEAUCHARD; MEIRE, 2017), os valores de IPIs apresentados podem estar relacionados a diversos fatores, mas acredita-se que as atividades antrópicas desenvolvidas no entorno dos mananciais estudados apresentam grande influência nos índices encontrados.

De acordo com estudo desenvolvido pela empresa Nippon Koei Lac (2017) durante o processo de elaboração dos Inventários Ambientais do Junco, Lima Campos, Manoel Balbino, Ubaldinho e Tatajuba, visualizou-se em campo as atividades humanas que exercem pressões nestes reservatórios e que podem interferir na qualidade das suas águas, sendo estas: despejo de efluentes urbanos; práticas agropecuárias desenvolvidas na área de influência; construção de balneários nas margens; e retirada da mata ciliar.

Segundo o autor *op. cit.*, entre os mananciais por ele estudados, a pior qualidade observada com a aplicação do Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR) foi para o Lima Campos e a melhor foi para o Tatajuba, corroborando com os achados da presente pesquisa. Os baixos valores de IPI para o reservatório Tatajuba (Figura 1-J) pode ser consequência do seu volume elevado nos

primeiros anos da série temporal estudada, que quando tende a cair (entre 2020 e 2021) ocorre um aumento do IPI.

Percebeu-se que os volumes médios percentuais dos reservatórios apresentaram valores bem abaixo das suas capacidades máximas e que isso está associado a um grande período de seca na região, iniciado no ano de 2011 de acordo com Cunha *et al.* (2019), e que até a data de publicação do seu trabalho ainda perdurava. Salienta-se que durante o período da pesquisa somente o Rosário e o Ubaldinho atingiram a sua capacidade máxima, ambos no ano de 2021.

Outros estudos desenvolvidos em reservatórios do SAB constataram uma redução na qualidade da água com a diminuição do nível do reservatório (FIGUEIREDO; BECKER, 2018; MENDONÇA JÚNIOR *et al.*, 2018), já que a medida que o volume armazenado aumenta, maior é a renovação da massa de água e melhor os aspectos relacionados à sua qualidade (PAULINO; OLIVEIRA; AVELINO, 2013).

4 - CONCLUSÕES

A aplicação do Índice de Poluição Integrado (IPI) revelou que todos os onze reservatórios selecionados da Sub-bacia do rio Salgado, com exceção apenas do Cachoeira, apresentaram indícios de degradação na qualidade das suas águas com valores de IPI > 1, cujos resultados foram condizentes com as classificações tróficas destes mananciais. Destaca-se o Lima Campos como o corpo hídrico que exibiu o maior grau de deterioração entre os demais, seguido do Junco e do Jenipapeiro II.

Todos os onze reservatórios analisados são destinados para o abastecimento humano, então um cenário com IPI muito acima do recomendado, além de apontar uma resposta geral sobre a qualidade das suas águas, também demonstra que os reservatórios estão com seus usos preponderantes comprometidos. Ações para proteção e controle destes reservatórios são necessárias, principalmente durante os períodos de secas severas, já que a saúde da população que depende dessas águas também pode vir a ser afetada, uma vez que as estações de tratamento de água da região geralmente só contam com o tratamento convencional, não sendo suficiente para a redução significativa da concentração de alguns dos parâmetros utilizados na construção do IPI.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2022). “Portal da qualidade das águas: indicadores de qualidade – introdução”. Brasília (DF). Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>. Acesso em: 7 maio 2022.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2017). “Standard methods for the examination of water and wastewater”. 23. ed. American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF) - Washington DC.

BARBOSA, J. E. L.; SEVERIANO, J. S.; CAVALCANTE, H.; SILVA, D. L.; MENDES, C. F.; BARBOSA, V. V.; SILVA, R. D. S.; OLIVEIRA, D. A.; MOLOZZI, J. (2021). “Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region”. *Hydrobiologia* 848, pp. 651-673. DOI 10.1007/s10750-020-04471-z.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 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: seção 1, Brasília (DF), n. 53, pp. 58-63.

CEARÁ. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. Assembleia Legislativa do Estado do Ceará (2009). “Caderno regional da sub-bacia do Salgado”. INESP - Fortaleza (CE). 131 p. ISBN 978-85-87764-99-7 (coleção). ISBN 978-85-7973-010-8 (v.).

COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (2020). “A Sub-bacia do Salgado”. Fortaleza (CE). Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/salgado/>. Acesso em: 10 maio 2022.

CORTEZ, F.; MONICELLI, F.; CAVALCANTE, H.; BECKER, V. (2022). “Effects of prolonged drought on water quality after drying of a Semiarid tropical reservoir, Brazil”. *Limnologia* 93. ISSN 0075-9511. DOI 10.1016/j.limno.2022.125959.

CUNHA, A. P. M. A.; ZERI, M.; LEAL, K. D.; COSTA, L.; CUARTAS, L. A.; MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; VIEIRA, R. M.; BARBOSA, A. A.; CUNNINGHAM, C.; GARCIA, J. V. C.; BROEDEL, E.; ALVALÁ, R.; RIBEIRO NETO, G. (2019). “Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019”. *Atmosphere* 10(11). DOI 10.3390/atmos10110642.

FIGUEIREDO, A. V.; BECKER, V. (2018). “Influence of extreme hydrological events in the quality of water reservoirs in the semi-arid tropical region”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 23(53). DOI 10.1590/2318-0331.231820180088.

FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS; COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (2022). “Portal hidrológico do Ceará”. Fortaleza (CE). Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em: 10 maio 2022.

GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (ed.) (2012). *Recursos hídricos em regiões semiáridas*. Instituto Nacional do Semiárido - Campina Grande (PB); Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Cruz das Almas (BA). 258 p. ISBN 978-85-64265-03-5.

JEPPESEN, E.; BRUCET, S.; NASELLI-FLORES, L.; PAPASTERGIADOU, E.; STEFANIDIS, K.; NÖGES, T.; NÖGES, P.; ATTAYDE, J. L.; ZOHARY, T.; COPPENS, J.; BUCAK, T.; MENEZES, R. F.; FREITAS, F. R. S.; KERNAN, M.; SØNDERGAARD, M.; BEKLIOĞLU, M. (2015). “Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity”. *Hydrobiologia* 750(1), pp. 201-227. DOI 10.1007/s10750-014-2169-x.

- LIMA, B. P.; MAMEDE, G. L.; LIMA NETO, I. E. (2018). “*Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida*”. Engenharia Sanitária e Ambiental 23(1), pp. 125-135. DOI 10.1590/s1413-41522018167115.
- MATTAR NETO, J.; KRÜGER, C. M.; DZIEDZIC, M. (2009). “*Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna*”. Engenharia Sanitária e Ambiental 14(2), pp. 205-213. DOI 10.1590/S1413-41522009000200008.
- MENDONÇA JÚNIOR, J. R.; AMADO, A. M.; VIDAL, L. O.; MATTOS, A.; BECKER, V. (2018). “*Extreme droughts drive tropical semi-arid eutrophic reservoirs towards CO₂ sub-saturation*”. Acta Limnologica Brasiliensia 30(101). DOI 10.1590/S2179-975X1517.
- NIPPON KOEI LAC. (2017). *Inventários ambientais de açudes da Sub-bacia do Salgado*. Nippon Koei Lac. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/hidro-ce-zend/mi/midia/show/150>. Acesso em: 10 maio 2022.
- PAULINO, W. D.; OLIVEIRA, R. R. A.; AVELINO, F. F. (2013). “*Classificação do estado trófico para o gerenciamento de reservatórios no semiárido: a experiência da Cogerh no estado Ceará*” in Anais do X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves (RS), 2013.
- SETTA, B. R. S.; CANESIN, F. P.; SILVA, J. G. P.; VILAS-BOAS, M. D. (2014). “*Estudo Comparativo da Qualidade das Águas na Bacia Experimental e Representativa do Rio Piabanha – região serrana do Rio de Janeiro – RJ, com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA)*” in Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal (RN), 2014.
- SILVA, B. L. O.; SILVA, H. C.; CORDEIRO, I. O.; MIRANDA, R. A.; EGITO, R. H. T.; VASCONCELOS, M. E. G. (2017). “*Water Resources Policy for the Brazilian Semiarid Region*” in Anais do XVI World Water Congress, Cancun (México), 2017.
- SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (2017). “*Delimitação do Semiárido: confira a delimitação do Semiárido brasileiro. Inclui os critérios técnicos utilizados, além de mapas e infográficos elaborados pela Sudene*”. Recife (PE). Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 10 maio 2022.
- TSAI, Y. W.; LIN, J. Y.; CHEN, Y. C. (2021). “*Establishment of the watershed health indicators and health check of reservoirs*”. Ecological Indicators 127. DOI 10.1016/j.ecolind.2021.107779.
- VON SPERLING, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte (MG). 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias)
- VREBOS, D.; BEAUCHARD, O.; MEIRE, P. (2017). “*The impact of land use and spatial mediated processes on the water quality in a river system*”. Science of The Total Environment 601-602(1), pp. 365-373. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.05.217.
- WANG, J.; DA, L.; SONG, K.; LI, B. (2008). “*Temporal variations of surface water quality in urban, suburban and rural areas during rapid urbanization in Shanghai, China*”. Environmental Pollution 152(2), pp. 387-393. DOI 10.1016/j.envpol.2007.06.050.