

ESTIAGEM PROLONGADA E O COLAPSO DE ABASTECIMENTO HÍDRICO EM CURRAIS NOVOS – RIO GRANDE DO NORTE

Jurandir Rodrigues de Mendonça **JÚNIOR**

Doutorando do programa de pós-graduação em geografia da Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: jurandir.rodriguesmjr@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-2319-3752>

Juliana Felipe **FARIAS**

Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: juliana.farias@ufrn.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0185-2411>

Maria da Conceição de Souza **MENDONÇA**

Professora EBTT do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará
Ubajara, Ceará, Brasil

E-mail: conceicao.souza@ifce.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-6949-1877>

Joana Darc **MEDEIROS**

Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do
Norte

Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: joanadarc.medeiros@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7497-3698>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Novembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: Longos períodos de estiagem podem trazer desafios para a gestão dos recursos hídricos, sobretudo em regiões semiáridas. O período de seca aliado à poluição hídrica pode desencadear a eutrofização, reduzindo a qualidade da água e alterando o metabolismo do ecossistema, além de comprometer o abastecimento público e outras demandas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os impactos ambientais e sociais causados por um longo período de estiagem (2011-2021) no município de Currais Novos, no estado do Rio Grande do Norte. Dados de volume, precipitação e dados da literatura retratam o cenário ambiental de seca do

reservatório que abastece a cidade. Além disso, dados do total populacional, volume consumido per capita durante o período de estudo nos oferece o panorama de como se deu o serviço de abastecimento de água no município. Os resultados mostram que a seca severa impactou na qualidade da água em função do baixo volume, alto nível de eutrofização e assoreamento. Consequentemente, este cenário trouxe colapso no abastecimento público, já que o desenvolvimento populacional não acompanhou a disponibilidade de água do reservatório. Alerta-se para a necessidade de estudos integrados que possam avaliar os aspectos ambientais e sociais para auxiliar na melhor gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: estiagem; recursos hídricos; abastecimento de água.

PROLONGED DROUGHT AND THE COLLAPSE OF WATER SUPPLY IN CURRAIS NOVOS - RIO GRANDE DO NORTE

Abstract: Prolonged droughts can pose a challenge to water resource management, particularly in semi-arid regions. Drought combined with water pollution can trigger eutrophication, which reduces water quality, alters ecosystem metabolism, and affects public water supply and other demands. The objective of this study was to assess the environmental and social impacts of a prolonged drought (2011-2021) in the municipality of Currais Novos, in the state of Rio Grande do Norte. Data on volume, rainfall and literature describe the environmental scenario of the drought in the reservoir that supplies the city. In addition, data on the total population and per capita consumption during the study period provide an overview of the functioning of the water supply service in the municipality. The results show that the severe drought had an impact on water quality due to low volumes, high levels of eutrophication and siltation. As a result, this scenario has led to a collapse in public water supply, as population growth has not kept pace with the availability of water from the reservoir. We highlight the need for integrated studies that can assess environmental and social aspects to improve water resources management.

Keywords: drought; water resources; water supply.

SEQUÍA PROLONGADA Y COLAPSO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN CURRAIS NOVOS - RIO GRANDE DO NORTE

Resumen: Las sequías prolongadas pueden suponer un reto para la gestión de los recursos hídricos, sobre todo en las regiones semiáridas. La combinación de sequía y contaminación del agua puede desencadenar la eutrofización, que reduce la calidad del agua, altera el metabolismo de los ecosistemas y afecta al abastecimiento público y otras demandas. El objetivo de este estudio fue evaluar los impactos ambientales y sociales de una sequía prolongada (2011-2021) en el municipio de Currais Novos, en el estado de Rio Grande do Norte. Los datos sobre el volumen, las precipitaciones y la literatura describen el escenario ambiental de la sequía en el embalse que abastece a la ciudad. Además, los datos sobre la población total y el consumo per cápita durante el período de estudio proporcionan una visión general del funcionamiento del servicio de abastecimiento de agua en el municipio. Los resultados muestran que la grave sequía repercutió en la calidad del agua debido a los bajos volúmenes, los altos niveles de eutrofización y la sedimentación. Como resultado, este escenario ha provocado un colapso en el suministro público, ya que el crecimiento de la población no ha seguido el ritmo de la disponibilidad de agua del embalse. Se destaca la necesidad de realizar estudios integrados que permitan evaluar los aspectos ambientales y sociales para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: sequía; recursos hídricos; abastecimiento de agua.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas sobre a água é um problema global (Bijay-Singh; Craswell, 2021; Blöschl; Chaffe, 2023). Os recursos hídricos possuem papel fundamental na manutenção da vida, além de impactar os processos econômicos e sociais (Sander; Zhao, 2015). Porém, tais recursos merecem atenção nos esforços de sustentabilidade no mundo todo (Engel *et al.* 2013), uma vez que grande parte da população mundial vive sob a escassez de água (Oki *et al.*, 2006).

Como estratégia de gestão e para assegurar que as demandas hídricas sejam atendidas diante das mudanças climáticas e a escassez de água, a construção de reservatórios artificiais se faz necessária. Esses sistemas são gerados pelo impedimento do fluxo de águas correntes, especialmente em regiões semiáridas pelo fato de que em tais regiões existe um regime de secas e cheias de rios intermitentes. Tais reservatórios podem ser usados para geração de energia, bem como para a agricultura e abastecimento. No Brasil, os reservatórios e poços do nordeste brasileiro foram construídos visando principalmente o abastecimento das populações e dos rebanhos (Rebouças, 1997). Para melhor uso e adequação das demandas hídricas, é necessário entender o contexto regional no qual esses sistemas se encontram. Portanto, a nível regional é importante analisar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental (Bernardi *et al.*, 2013; Carvalho, 2014) a fim de determinar medidas de monitoramento e ações de mitigação de impactos (Kennedy *et al.*, 2016). O crescimento populacional tende a aumentar as demandas pelos recursos hídricos, o que reflete na necessidade de construir mais reservatórios (Chen *et al.*, 2016). Dados revelam que, entre 1960 e 2010, o crescimento da população global provocou aumento expressivo no número de barragens, na capacidade de suporte dos reservatórios, nos consumos de água, alimento e de energia (Chen *et al.*, 2016).

Em consequência da construção desses reservatórios, diversos problemas ambientais são deflagrados aliados ao longo período de estiagem em função das mudanças climáticas, o que pode gerar problemas no abastecimento público. Além disso, as condições climáticas ambientais e a poluição hídrica podem levar ao processo de eutrofização (Moal *et al.*, 2019; Vitousek *et al.*, 1997), o qual pode trazer consequências para a saúde pública. Em um sistema eutrofizado é comum o surgimento de plantas e microalgas oportunistas, organismos adaptados a ambientes em estresse ambiental. Essa comunidade de organismos é capaz de alterar toda a estrutura da cadeia alimentar, colaborando para a diminuição de oxigênio na coluna d'água (hipoxia ou anoxia), além de haver o potencial aumento de toxinas por cianobactérias (Moal *et al.*, 2019). As cianotoxinas podem desestruturar não só a comunidade aquática, bem como a

população humana, gerando graves problemas de saúde pública (Eskinazi *et al.*, 2006; Sanches *et al.*, 2012; Grandíssimo *et al.*, 2020; Jesus *et al.*, 2016; Siqueira; Oliveira-Filho, 2008; Cheung *et al.*, 2013). Além disso, contribui para problemas de ordem social e demanda hídrica, o que necessariamente envolve tomadores de decisão no cenário político com diferentes interesses.

O semiárido brasileiro é caracterizado por um regime hidrológico único, apresentando longos períodos de estiagem, velocidade do vento relativamente baixa a moderada, elevada evaporação e, conseqüentemente, tempo de retenção hidráulica longo (Chellappa *et al.*, 2009; Barbosa *et al.*, 2012), o que também favorece às condições de eutrofização nos reservatórios. Além disso, nos períodos de secas há significativas perdas de água por evaporação, tornando a disponibilidade hídrica um fator crítico para o desenvolvimento econômico da região (Freitas *et al.*, 2011).

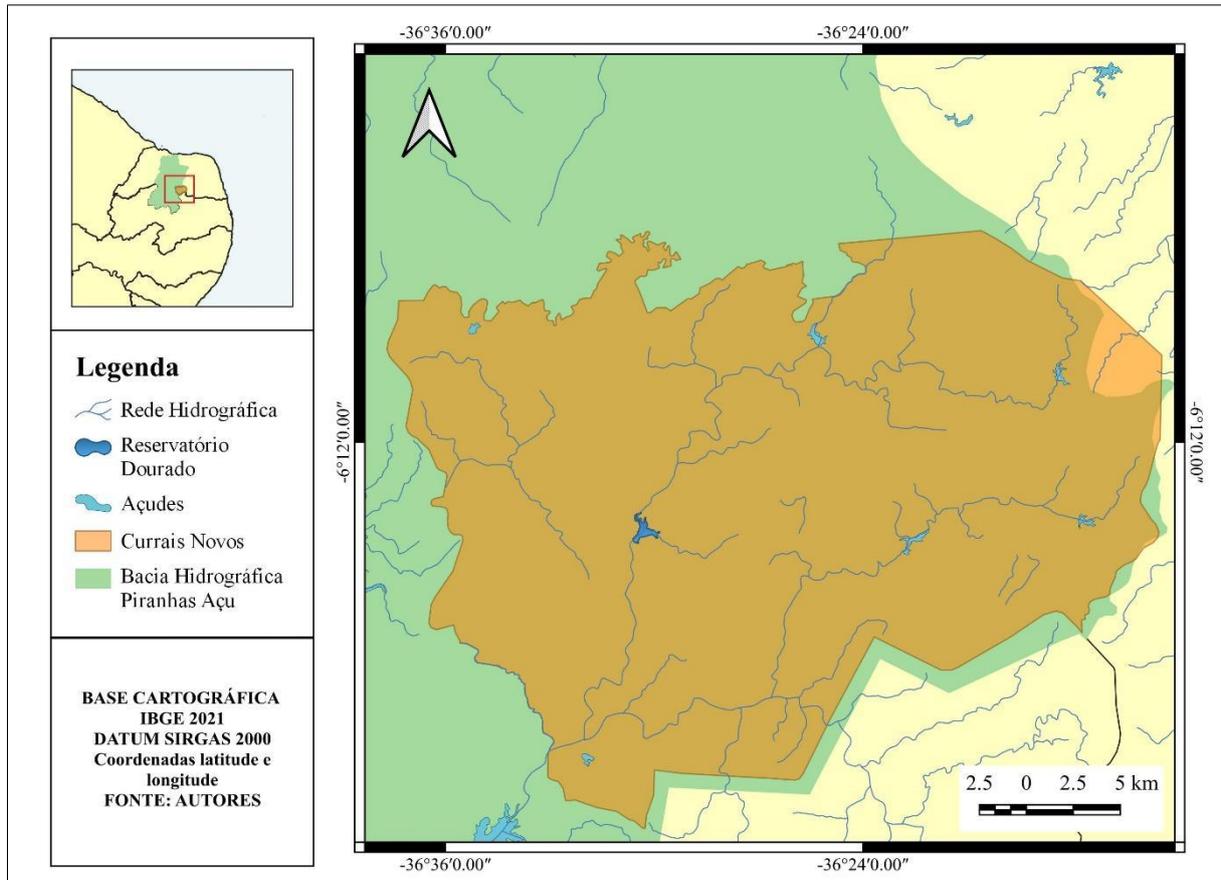
A região semiárida sofre com períodos de seca prolongados, e vários reservatórios, além de apresentarem níveis elevados de eutrofização, chegaram ao colapso de abastecimento nos últimos anos. A questão hídrica nessa região levanta questionamentos importantes sobre a interação da distribuição e demandas hídricas, construção de reservatórios, crescimento populacional e o desenvolvimento socioeconômico das cidades. Diante da problemática, faz-se necessário o manejo eficiente dos recursos hídricos por parte do poder público e da população, sobretudo quem está inserido no semiárido. A gestão envolve o processo de distribuição de água nas residências e nas economias locais.

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o colapso de abastecimento em um período de estiagem de 10 anos (2011-2021) no município de Currais Novos. Tal pesquisa visa alertar as autoridades e a sociedade sobre as condições de manejo e gestão que os recursos hídricos enfrentam, indicando medidas mitigadoras para contornar as questões ambientais.

METODOLOGIA

O estudo considerou o município de Currais Novos, localizado na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. O município possui um reservatório de abastecimento monitorado pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SEMARH) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Currais Novos - Rio Grande do Norte



Fonte: IBGE (2021). Organização: Os autores (2023). Elaboração: Jurandir Rodrigues de Mendonça Júnior (2023).

O clima é predominantemente muito quente e semiárido, com período chuvoso tipo BSw'h' (Kottek, 2006), concentrando-se em um período curto de 3 a 5 meses, logo, a região caracteriza-se por um balanço hídrico negativo (Sampaio, 1995). A região apresenta rochas metamórficas e ígneas do embasamento cristalino, solos rasos e medianamente profundos, rochosos e pedregosos com presença de vegetação Caatinga em relevo ondulado e de superfície inclinada (Oliveira, 2012). Esses elementos caracterizam o ambiente de semiaridez e estão suscetíveis às ações de erosão e intemperismo.

Os corpos hídricos presentes no semiárido são intermitentes, ou seja, em períodos de estiagem perdem vazão e somem na paisagem. Como estratégia de fornecer água para a população residente na bacia é necessário o barramento dos rios.

O reservatório Dourado encontra-se na microbacia do rio Seridó, situado na bacia do rio Piranhas-Açu (Figura 1). Tal bacia compreende uma superfície de 17.498,5 Km², cerca de 32,8% do território do estado. O reservatório foi primeiramente construído em 1982 pelo Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS). O rio barrado é o Currais Novos,

cujo reservatório localiza-se a 1 km ao norte do centro administrativo do município de Currais Novos. O reservatório apresenta volume máximo de 10.321,600 m³, com profundidade máxima de 10 m e área superficial de 3,16 km² e destina-se a múltiplos usos, desde a pesca local, agricultura, recreação e abastecimento público (SEMARH, 2015). Dados quantitativos de volume do reservatório foram obtidos a partir do relatório de monitoramento hídrico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu e da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). Para esta pesquisa considerou-se os dados registrados de volume do reservatório a partir do ano de 2011 até 2021. A precipitação média mensal foi adquirida a partir dos dados da Empresa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), para facilitar o entendimento sobre o comportamento da pluviosidade mensal entre os períodos de 2011 a 2021. Para apontar a eutrofização no reservatório Dourado durante o período de estudo, consultou-se dados da literatura em Braga *et al.* (2015), Mendonça-Júnior *et al.* (2018) e Leite e Becker (2019).

Para entender o atendimento às demandas hídricas, discutiu-se os dados do Instituto Água e Saneamento, considerando o período de 2011-2021 para apresentar o retrato do volume consumido nas residências por ano e o volume consumido *per capita*, bem como o índice de perda na distribuição de água. A partir dessa avaliação, é possível compreender o cenário tanto de déficit hídrico no reservatório que abastece a cidade, como as consequências para a população no consumo de água

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes aquáticos no semiárido sofrem com períodos de seca ou período de estiagem prolongado e a persistente taxa de evapotranspiração elevada. Esses fatores favorecem o estresse hídrico, diminuindo, dessa forma, o volume de água em reservatórios de abastecimento. O baixo volume, por consequência, afeta a qualidade da água, aumentando a sua turbidez e a concentração de matéria orgânica (Braga *et al.*, 2015). Aliado a isso, as demandas para abastecimento humano colaboram para o colapso do sistema em períodos de seca. Dados mostram que ambientes como o reservatório Dourado são susceptíveis a uma maior concentração de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, o que proporciona a sua má qualidade da água (Naselli-Flores, 2003; Braga *et al.*, 2015).

Considerando a evolução volumétrica do período de estudo, identificou-se que o reservatório apresentou estresse hídrico considerável (Figura 2). O período de seca prolongado tem início em 2011 com perda significativa de volume (Figura 2a). Os dados dos anos de 2015

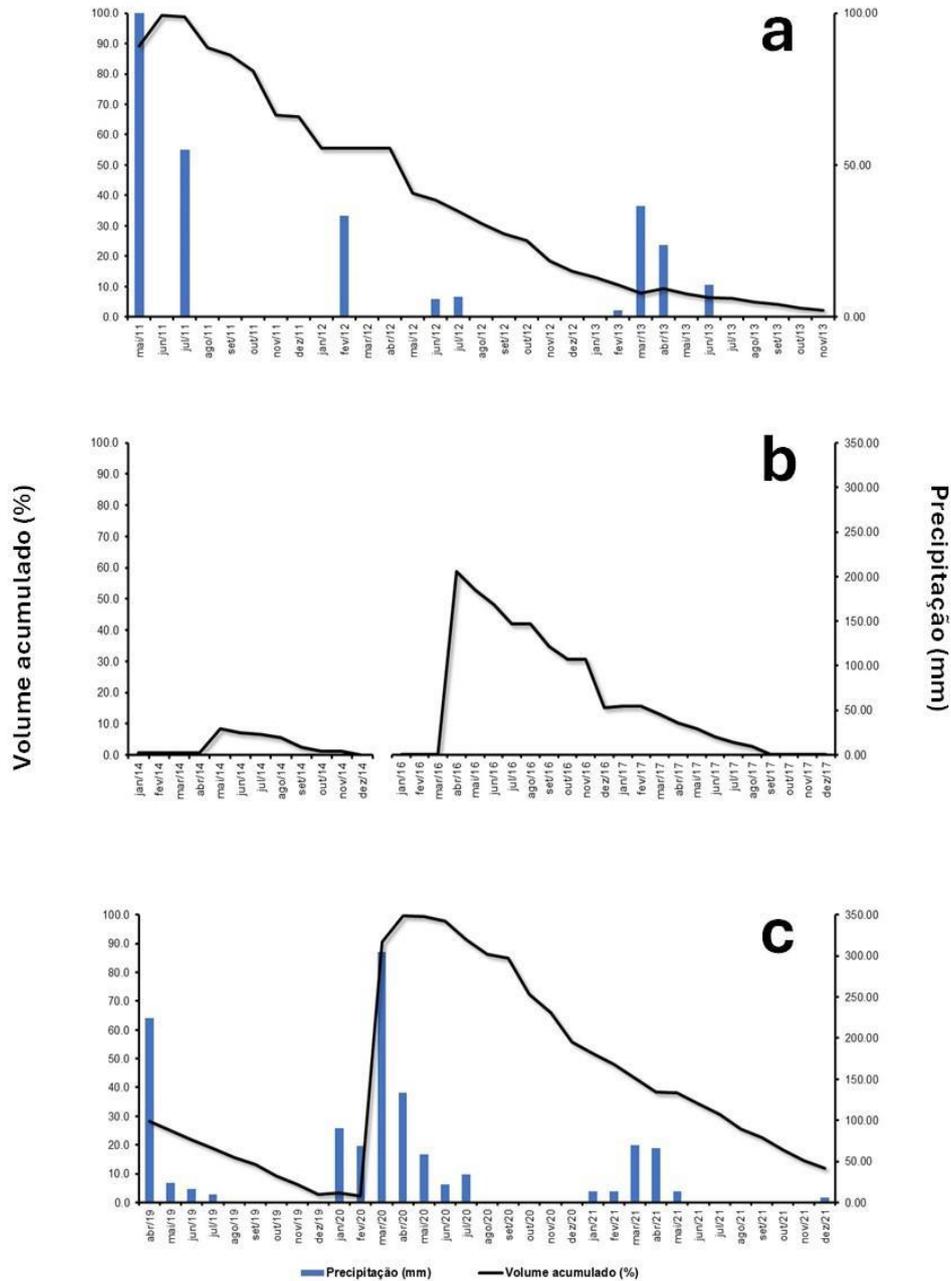
e 2018 não foram fornecidos/coletados pelas agências responsáveis. A ausência de chuvas e as altas taxas de evapotranspiração características da região semiárida colaboram para tal cenário. Os primeiros meses do ano de 2011 foi marcado pelo intenso regime de chuva nos meses de maio, junho e julho seguido por uma estiagem. Em 2013, os dados mostram que a seca prevaleceu e o volume do reservatório diminuiu drasticamente apresentando volume hídrico de menos de 20% da capacidade do reservatório.

No período entre 2014 e 2017 (Figura 2b) verifica-se a continuação do estresse hídrico em 2014 e em 2016 há aumento de volume, chegando a aproximadamente 60% do volume acumulado. Logo em seguida, houve uma drástica diminuição deste quantitativo, o que definiu a um aumento no estresse hídrico local. Em 2015 não houve dados de volume monitorado. Esse cenário exprime a prevalência da seca nos anos de 2013 e 2014. Nestes anos, o reservatório secou quase completamente e o colapso de abastecimento foi deflagrado e as consequências para a população local foram críticas. Diante da natureza de baixa profundidade do reservatório, o tempo de residência da água pode intensificar o processo de eutrofização. Anos posteriores mostram episódios de chuva, e o reservatório alcança quase 70% da sua capacidade, porém, o período de seca permanece ao ponto de o reservatório apresentar sua capacidade volumétrica abaixo de 20% em 2017.

Em um terceiro momento (Figura 2c), em 2019, verificou-se que houve pouco aumento do volume, chegando a aproximadamente 30% do acumulado. Em 2020, com a incidência de chuvas, há contribuição para o aumento do volume do reservatório, alcançando sua capacidade máxima no primeiro trimestre do ano. Em março de 2020, o estado do Rio Grande do Norte registrou 28,2% de chuvas acima do esperado, sendo que o município de Currais Novos registrou 304 mm de chuva acumulados (SEMARH, 2020). Considerando o período de análise, em 2021 o volume começa a diminuir, chegando a aproximadamente 50% de volume acumulado.

A região semiárida, marcada por longos períodos de estiagem, destaca um desafio para a gestão desses sistemas, bem como o atendimento de demandas. Alguns estudos apontam outras problemáticas relacionadas ao estresse hídrico deflagrado no reservatório Dourado, como a concentração de sedimentos, eutrofização e a vulnerabilidade a eventos extremos devido à baixa profundidade do sistema (Braga *et al.*, 2015; Mendonça-Júnior *et al.*, 2018; Leite; Becker, 2019).

Figura 2 - Evolução volumétrica do reservatório Dourado a partir de dados da literatura

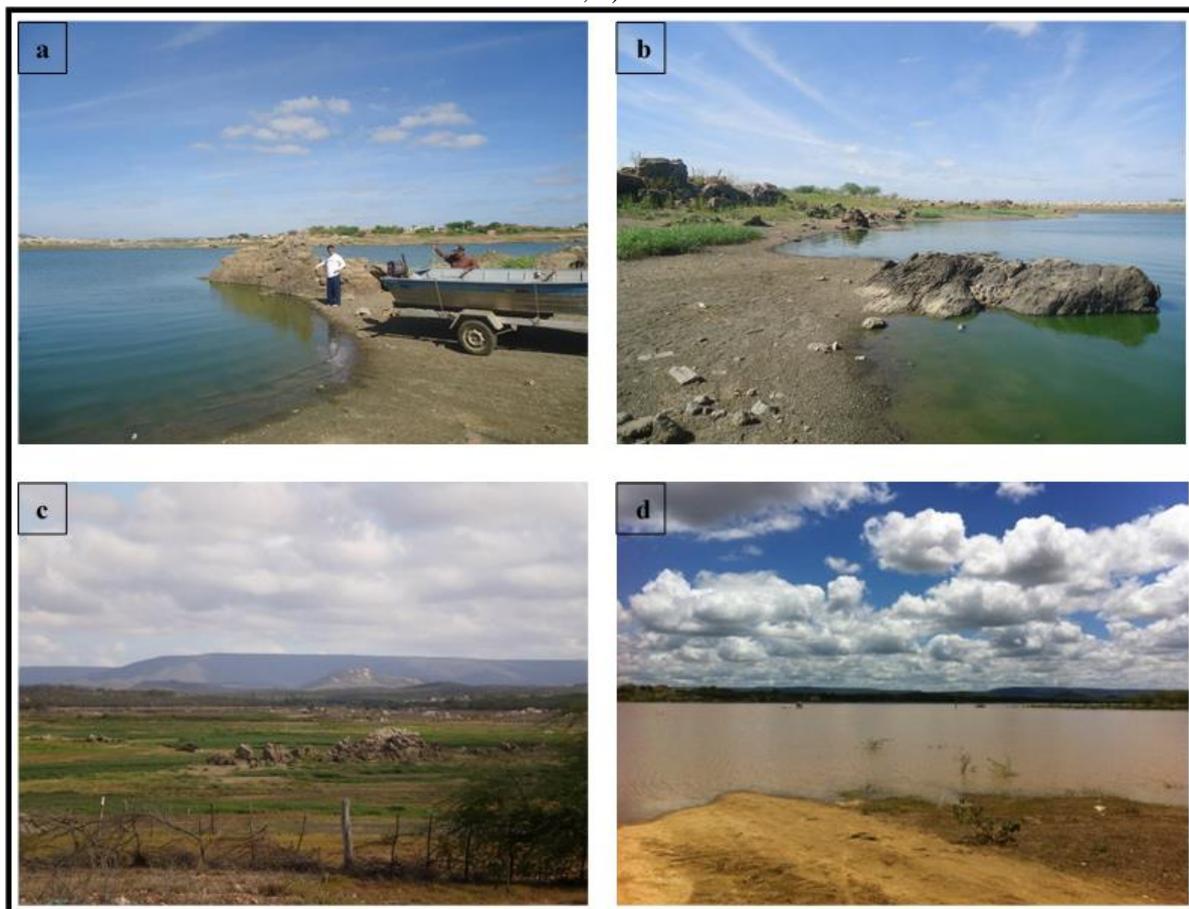


a) 2011-2013; b) 2014, 2016-2017; c) 2019-2021.

Fonte: a) Braga *et al.* (2015); b) Mendonça-Júnior *et al.*, (2018); c) Leite e Becker (2019).

No registro fotográfico realizado durante o período de estudo, o reservatório apresenta baixo volume (Figura 3a) já inserido em momento de estiagem em 2013. Deflagra-se o processo de eutrofização em função do baixo volume e concentração de microalgas, o que determina a coloração verde da água (Figura 3b) no mesmo ano. Com a diminuição progressiva do volume d'água, o município de Currais Novos chega ao colapso de abastecimento em 2014 (Figura 3c). Em 2016, um breve período chuvoso é presenciado, o que leva a uma quantidade significativa de sedimentos (Figura 3d) para o reservatório.

Figura 3 - Registro fotográfico do reservatório Dourado em diferentes anos: a e b) 2013; c) 2014; d) 2016



Fonte: Mendonça Júnior (2013; 2014; 2016).

Os impactos causados por um longo período de estiagem têm impacto significativo na disponibilização de recursos a nível de bacia. Considerando o planejamento regional, várias cidades dependem de recursos naturais que promovem o desenvolvimento de atividades na agricultura, o que na região semiárida corresponde a uma das principais atividades econômicas para o desenvolvimento humano.

O baixo volume do reservatório Dourado, durante o período de estudo, favoreceu o processo de eutrofização (Braga *et al.*, 2015; Mendonça-Júnior *et al.*, 2018; Leite; Becker, 2019) e acompanhou o período de estiagem, apresentando má qualidade da água no sistema. Para classificar o reservatório Dourado como ambiente aquático eutrofizado, os estudos consideram a metodologia de Torton e Rast (1993) que avalia o nível de trofia de ambientes aquáticos inseridos nas regiões semiáridas. Os valores usados para categorizar os ambientes são principalmente as concentrações de clorofila-*a* (Chl-*a*) e fósforo total (PT): ambientes mesotróficos (PT < 50 µg.L⁻¹ e Chl-*a* < 15 µg.L⁻¹) e ambientes eutrofizados (TP > 50 µg.L⁻¹ e Chl-*a* > 15 µg.L⁻¹). As concentrações de clorofila-*a* e fósforo total permaneceram elevadas no

maior tempo do estudo, o que caracterizou o reservatório Dourado como eutrofizado (Braga *et al.*, 2015; Mendonça-Júnior *et al.*, 2018; Leite; Becker, 2019).

Além do baixo volume do reservatório, a má qualidade da água apresentada em todo esse período comprometeu a distribuição do uso, principalmente para consumo humano.

O impacto sobre os recursos ambientais é notável e reflete no sistema econômico. Reservatórios que sofrem altos níveis de eutrofização podem causar colapso no abastecimento por vários dias. Em regiões semiáridas o volume de água é muito reduzido em épocas de secas prolongadas, o que direciona para altos níveis de eutrofização, contribuindo para a interrupção do abastecimento por tempo indeterminado (Romstad, 2014; Smith *et al.*, 2015).

Com o crescimento populacional e o desenvolvimento urbano, o aumento nas concentrações de nutrientes também tendem a aumentar (Smith; Schindler, 2009). Estudos mostram que a agricultura corresponde à maior fonte de nutrientes, com aumento de 20% a 50% de nitrogênio e de 35% a 55% de fósforo (Beusen *et al.*, 2016). Em países industrializados, o nitrogênio corresponde ao nutriente com maior liberação advindo da agricultura (Dupas *et al.*, 2015; Garnier *et al.*, 2015).

As condições ambientais aliadas ao processo de estresse hídrico têm profundas mudanças na dinâmica social e econômica de diversas cidades que se encontram em regiões semiáridas. O município de Currais Novos, por exemplo, apresenta um problema comum sobre a gestão hídrica, uma vez que o reservatório Dourado mostrou no período estudado mais uma evolução hídrica negativa. Portanto, é importante a tomada de decisões que direcione a segurança hídrica para que haja abastecimento adequado em cenários de longa estiagem.

Segundo Oliveira e Cestaro (2018), o reservatório Dourado possui diversidade paisagística considerável e diversas atividades econômicas como pecuária, agricultura de subsistência, extração de lenha como matriz energética, extração de solos para a construção civil e mineração associada à exploração da scheelita, ouro e pegmatitos.

Essas atividades impactam o meio de forma significativa, e pelo fato do município estar inserido no bioma caatinga, a exploração da vegetação e dos recursos minerais podem, por consequência, gerar erosão do solo, acarretando na poluição hídrica através do carreamento de sedimentos para os mananciais, como o reservatório Dourado que é monitorado e tem por principal finalidade o abastecimento humano.

Trabalhos mostram que o entorno do reservatório Dourado tem diversas contribuições de atividades agropastoris (Oliveira; Mattos, 2014). O estudo sobre uso e ocupação do solo classificou áreas de mata degradada, produção agrícola, pastagem, indústria e mata nativa.

Além disso, 71,77% da área compreende mata degradada, corroborando para processos erosivos, como o transporte de sedimentos (Oliveira; Mattos, 2014). Assim, ao diagnosticar a saúde do reservatório, é importante considerar o seu entorno, monitorar as atividades que ali ocorrem e tomar medidas protetivas, como implantar sistema de tratamento de efluente domésticos e industriais; proteger a mata ciliar, considerando a distância entre a margem do reservatório e as atividades em seu entorno, bem como a urbanização, como previsto no Código Florestal. Medidas protetivas com relação à vegetação são desafiadoras, porém, necessárias para a conservação dos recursos naturais, cuidado esse muitas vezes ignorado pela própria população. A importância da aplicação do Código Florestal deve buscar a participação dos pequenos produtores rurais, bem como de toda a comunidade local. No caso dos pequenos produtores, incentivos financeiros podem reforçar a importância da proteção da mata nativa (Soares-Filho *et al.*, 2014).

Além disso, sugere-se também a gestão integrada como outra forma de aliar os recursos naturais e as atividades socioeconômicas de forma equilibrada. Nesse contexto, sugere-se algumas atividades importantes, tais como: manutenção de reservas hídricas, sobretudo em períodos prolongados de estiagem; reflorestamento auxiliando na restauração de ecossistemas com o solo exposto; melhor manejo do solo para não comprometer a sua fertilidade; introdução de sistemas agroflorestais que combinam práticas agrícolas e agropecuárias sustentáveis; produção agroecológica; delimitação de Áreas de Preservação Permanente; fortalecimento da sociedade civil através de campanhas educativas sobre os sistemas ambientais e proteção do meio ambiente.

Quanto ao colapso do abastecimento, discutiu-se aqui a configuração da população de Currais Novos. Conforme os dados do IBGE (IBGE, 2021), o município compreende um total populacional de 45.022 habitantes, sendo 39.876 (88,57%) habitantes em área urbana e 5.146 (11,43%) habitantes em área rural. Quanto ao acesso aos serviços de abastecimento público de água (Saneamento, 2024), 77,21% da população total do município tem acesso a esses serviços, correspondendo a um total de 34.761 habitantes. Considerando apenas a população residente na área urbana, 88,19% é atendida (34.371 habitantes), enquanto 7,58% da população rural tem acesso a água (390 habitantes). Por outro lado, do total populacional, 10.261 pessoas não têm acesso a água, o que equivale a 22,79%.

Dados atuais mostram que o município de Currais Novos possui consumo médio de água per capita de 86,5 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Essa média é menor que o consumo médio do país de

98,32 L.hab⁻¹.dia⁻¹ (Saneamento, 2024). Quanto à eficiência, destaca-se que há 44,92% de perdas na distribuição e o índice de hidrometração é de 96,87%.

Considerando o período de estudo de 2011-2021, é possível ver o comportamento do abastecimento para a população por ano, bem como o volume distribuído e o coeficiente de perdas na distribuição (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados de volume consumido pela população total anual e o volume consumido (m³) per capita (L.hab⁻¹.dia⁻¹) no período de 2011-2021 no município de Currais Novos -RN

Ano	População total atendida com abastecimento de água (habitantes)	Volume consumido (1000 m ³ .ano ⁻¹)	Volume consumido per capita (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)	Índice de perdas na distribuição (%)
2011	34.788	1.147,55	90,5	54,82
2012	36.380	1.258,86	96,9	30,80
2013	38.448	1.362,54	99,8	35,38
2014	38.759	1.242,40	88,2	34,71
2015	37.929	923,09	66,0	20,52
2016	35.126	716,36	53,7	29,91
2017	29.482	861,18	73,0	24,12
2018	32.817	657,68	57,9	24,07
2019	33.003	793,25	66,0	35,20
2020	34.124	995,76	81,3	47,65
2021	34.761	1.087,09	86,5	44,92

Fonte: Saneamento (2024). Adaptado pelos autores (2024).

De acordo com os dados da Tabela 1, é possível observar que entre 2011 até 2014, nos anos iniciais do período de estiagem o número de habitantes aumenta, levando a um consequente aumento no volume consumido per capita. Esse dado contrasta com o fato de que no ano de 2014 o reservatório secou completamente. Essa foi a fase mais crítica do abastecimento público do município de Currais Novos, pois necessitou de novas estratégias para garantir a segurança hídrica da população. Somente em 2015, um ano após o total colapso do sistema do reservatório de Dourado, que o número de habitantes atendidos com abastecimento de água começa a dar sinais de queda.

Os dados mostram ainda que em 2016 houve o volume consumido per capita mais baixo ($53,7 \text{ l.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) em função das questões ambientais da estiagem que reflete no colapso de abastecimento. Nesse momento, 35.126 pessoas são atendidas pelo abastecimento de água, porém, com 29,91% de perda de distribuição. Em 2017, o total da população atendida pelo abastecimento foi menor (29.482 habitantes), com volume consumido per capita de $73,0 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

No ano de 2021, a população total atendida com abastecimento de água e o volume consumido apresenta valores próximos aos de 2011, mas o índice de perdas na distribuição ainda mantém valores abaixo do início do estudo, possivelmente em função de investimentos para evitar o desperdício de água.

Considerando o cenário de 2011 a 2021 do abastecimento público do município de Currais Novos, o que se conclui é que o acompanhamento dos índices de número de habitantes, volume de água consumido, volume *per capita* e índices de perdas na distribuição, associados a evolução do volume acumulado do reservatório, são dados importantes para o monitoramento do abastecimento público e relevantes para auxiliar as questões de planejamento urbano e ambiental de uma região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa mostra as consequências profundas do longo período de estiagem sobre os recursos hídricos. Entender os sistemas ambientais torna-se premissa para uma gestão efetiva desses recursos, sobretudo em períodos desfavoráveis para que as demandas sejam atendidas.

Os estudos ambientais na região semiárida apontam que o fenômeno da eutrofização antrópica precisa ser avaliado e remediado para garantir melhor qualidade e distribuição da água, sobretudo para o abastecimento da população que vive nesse contexto dramático do semiárido. Trata-se de estudos com complexidade única, pois não só devem envolver o reservatório de abastecimento em si, mas as atividades que se encontram no seu entorno e que também contribuem significativamente para a sua qualidade.

Sugerimos aqui algumas medidas protetivas que envolvem políticas públicas e estratégias de monitoramento e gestão, como o levantamento das potencialidades no entorno do reservatório, da gestão e das atividades antrópicas que influenciam o manancial.

Para uma gestão efetiva dos recursos hídricos da região, é necessário entender o sistema da bacia hidrográfica no qual o reservatório está inserido, conhecer e simular a disponibilidade

hídrica e aplicar alternativas emergenciais de distribuição e disponibilidade para o abastecimento como a ligação de adutoras.

O presente estudo demonstra que a crise e a qualidade hídrica no longo prazo têm fortes impactos sobre a população local. Considerando os dados levantados e os direcionamentos brevemente colocados, é possível aplicar a mesma avaliação em outros reservatórios de abastecimento. No contexto do semiárido aliado às mudanças climáticas, nossos resultados tornam-se ainda mais relevantes para que haja interesse na construção de reservatórios e a proteção do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. E. de L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. da S.; CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. da. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [S.l.], v. 24, n. 1, p. 103-118, 4 set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x2012005000030>.

BERNARDI, E. C. S. [et al.] Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p.159-168, 25 set. 2013.

BEUSEN, A. H.; BOUWMAN, A. F.; VAN BEEK, L. P.; MOGOLLÓN, J. M.; MIDDELBURG, J. J. Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. **Biogeosciences**, [S.l.], v.13, n. 8, p. 2441-2451, abr. 2016.

BIJAY-SINGH; CRASWELL, E. Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. **Sn Applied Sciences**, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 1-24, mar. 2021. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42452-021-04521-8>.

BLÖSCHL, G.; CHAFFE, P.L. B. Water scarcity is exacerbated in the south. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 382, n. 6670, p. 512-513, nov. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.adk8164>.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P. de; MENDONÇA JUNIOR, J. R. de; BEZERRA, A. F. de M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, Â. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, FapUNIFESP (SciELO), [S.l.], v. 27, n. 1, p. 15-23, mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x2214>.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL [SNSA]. **SNIS - Série Histórica Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 2024. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

CARPENTER, S. R., CARACO, N. E., CORREL, D. L., HOWARTH, R. W., SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. **Ecological Applications**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 559-568, jan. 1998.

CARVALHO, R. G. de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 36, p.26-43, 2014.

CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, T.; CÂMARA, F. R.A.; ROCHA, O.; CHELLAPPA, S. Impact of stress and disturbance factors on the phytoplankton communities in Northeastern Brazil reservoir. **Limnologica**, Elsevier BV, [S.l.], v. 39, n. 4, p. 273-282, dez. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.limno.2009.06.006>.

CHEN, J. [et al.] Population, water, food, energy and dams. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, Elsevier BV. [S.l.], v. 56, p.18-28, abr. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.043>.

CHEUNG, M. Y.; LIANG, S.; LEE, J. Toxin-producing cyanobacteria in freshwater: a review of the problems, impact on drinking water safety, and efforts for protecting public health. **Journal Of Microbiology**, Springer Science and Business Media LLC, [S.l.], v. 51, n. 1, p. 1-10, fev. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12275-013-2549-3>.

DUPAS, R.; DELMAS, M.; DORIOZ, J.; GARNIER, J.; MOATAR, F.a; GASCUEL-ODOUX, C. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, Elsevier BV, [S.l.], v. 48, p. 396-407, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.007>.

ENGEL, S.; SCHAEFER, M. Ecosystem services—a useful concept for addressing water challenges? **Current Opinion In Environmental Sustainability**, Elsevier BV, [S.l.], v. 5, n. 6, p. 696-707, dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.010>.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. [et al.]. Águas potiguares: oásis ameaçados. **Ciência Hoje**. v. 39, n. 233, p. 68-71, dez. 2006.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos em Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FOLEY, J. A. Global Consequences of Land Use. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 309, n. 5734, p. 570-574, 22 jul. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1111772>.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de Fósforo Total e Material em Suspensão em um Reservatório do Semi-Árido Brasileiro. **Oecologia Australis**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 655-665, set. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2011.1503.16>.

GARNIER, J.; LASSALETTA, L.; BILLEN, G.; ROMERO, E.; GRIZZETTI, B.; NÉMERY, J.; LE, T. P. Q.; PISTOCCHI, C.; AISSA-GROUZ, N.; LUU, T. N. M. Phosphorus budget in the water-agro-food system at nested scales in two contrasted regions of the world (ASEAN-8 and EU-27). **Global Biogeochemical Cycles**, American Geophysical Union (AGU), [S.l.], v. 29, n. 9, p. 1348-1368, set. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2015gb005147>.

GRADÍSSIMO, D. G.; MOURÃO, M. M.; SANTOS, A. V. Importância do Monitoramento de Cianobactérias e Suas Toxinas em Águas Para Consumo Humano. **Revista Brasileira de Criminalística**, Associação Brasileira de Criminalística – ABC, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 15-21, 8 jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v9i2.276>.

GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J. M. Global Change and the Ecology of Cities. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 319, n. 5864, p. 756-760, 8 fev. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1150195>.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 1, n. 2, p. 1-9, mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1500052>.

JESUS, G. P. de *et al.* Principais problemas gerados durante a terapia de hemodiálise associados à qualidade da água. **Rev. Eletrôn. Atualiza Saúde**, Salvador, v. 3, n. 3, p. 41-52, jul. 2016.

KENNEDY, C. M.; MITEVA, D. A.; BAUMGARTEN, L.; HAWTHORNE, P. L.; SOCHI, K.; POLASKY, S.; OAKLEAF, J. R.; UHLHORN, E. M.; KIESECKER, J. Bigger is better: improved nature conservation and economic returns from landscape-level mitigation. **Science Advances**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 2, n. 7, p. 1-9, jul. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1501021>.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Schweizerbart, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 259-263, 10 jul. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.

LEITE, J. N. de C.; BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. **Acta Limnologica Brasiliensia**, FapUNIFESP (SciELO), [S.l.], v. 31, n. 15, p. 1-9, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x6918>.

MENDONÇA JÚNIOR, J. R. de; AMADO, A. M.; VIDAL, L. de O.; MATTOS, A.; BECKER, V. Extreme droughts drive tropical semi-arid eutrophic reservoirs towards CO₂ sub-saturation. **Acta Limnologica Brasiliensia**, FapUNIFESP (SciELO), [S.l.], v. 30, p. 1-11, 5 abr. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x1517>.

MOAL, M. L.; GASCUEL-ODOUX, C.; MÉNESGUEN, A.; SOUCHON, Y.; ÉTRILLARD, C.; LEVAIN, A.; MOATAR, F.; PANNARD, A.; SOUCHU, P.; LEFEBVRE, A. Eutrophication: a new wine in an old bottle? **Science Of the Total Environment**, Elsevier BV, [S.l.], v. 651, p. 1-11, fev. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139>.

NASELLI-FLORES, L. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: the strange case of deep lake and shallow lake. **Hydrobiologia**, Springer Science and Business Media LLC, [S.l.], v. 506-509, n. 1-3, p. 13-21, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/b:hydr.0000008550.34409.06>.

OKI, T. Global Hydrological Cycles and World Water Resources. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 313, n. 5790, p. 1068-1072, 25 ago. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1128845>.

OLIVEIRA, A. V. L. C. de; CESTARO, L. A. Caracterização do meio físico para subsidiar um zoneamento geoambiental do município de Currais Novos – RN - Brasil. **Revista Geonorte**, [S.l.], v. 3, n. 4, Edição Especial, p. 1419-1432, 2012.

OLIVEIRA, A. V. L. C. de; CESTARO, L. A. Proposta de zoneamento geoambiental do município de Currais Novos/RN - Brasil. **Geoambiente On-Line: Revista Eletrônica do Curso de Geografia - UFG/REJ**, Jataí, n. 32, p. 38-56, dez. 2018.

OLIVEIRA, H. A. de; MATTOS, A. Caracterização do uso do solo das margens de um reservatório tropical. In: MATTOS, Arthur. **Projeto MEVEMUC: monitoramento da evaporação e as mudanças climáticas**. João Pessoa: Moura Ramos, 2014. p. 341-360.

REBOUÇAS, A. da C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, v. 11, n. 29, 1997.

ROMSTAD, E. The economics of eutrophication. *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. **Springer**, p. 45–53, 2014.

SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian caatinga. **Seasonally Dry Tropical Forests**, Cambridge University Press, [S.l.], p. 35-63, nov. 1995. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511753398.003>.

SANEAMENTO, Instituto Água e Saneamento. **Municípios e Saneamento**, 2024. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rn/currais-novos>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SANDER, H. A.; ZHAO, C. Urban green and blue: who values what and where? Who values what and where?. **Land Use Policy**, Elsevier BV, [S.l.], v. 42, p. 194-209, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.07.021>.

SANCHES, S. M.; PRADO, E. L.; FERREIRA, I. M.; BRAGA, H. F.; VIEIRA, E. M. Presença da toxina microcistina em água, impactos na saúde pública e medidas de controle. **Rev Ciênc Farm Básica Apl**, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 181-187, 2012.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS - SEMARH. **Monitoramento**, 2021. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=17381&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Servi% E7os>. Acesso em: 04 abr. 2021.

SIQUEIRA, D. B.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Cianobactérias de água doce e saúde pública: uma revisão. **Universitas: Ciências da Saúde**, Centro de Ensino Unificado de Brasília, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 109-128, 1 abr. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5102/ucs.v3i1.549>.

SMITH, V. H., SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends Ecology and Evolution**, v. 24, n. 4, p. 201–207, 2009.

SMITH, D. R.; KING, K. W.; WILLIAMS, M. R. What is causing the harmful algal blooms in Lake Erie? **Journal Of Soil and Water Conservation**, Soil and Water Conservation Society, [S.l.], v. 70, n. 2, p. 27-29, mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.2489/jswc.70.2.27a>.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 344, n. 6182, p. 363-364, 25 abr. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1246663>.

THORNTON, J. A.; RAST, W. A test of hypothesis relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid manmade lakes. *In*: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G.; DUNCAN, A. (ed.). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993, p. 1-24. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-1096-1_1.

VITOUSEK, P. M. Human Domination of Earth's Ecosystems. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.l.], v. 277, n. 5325, p. 494-499, jul. 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.494>