



**ANAIS
2023**



I Simpósio Paraibano de Recursos Hídricos

Semana de Mobilização em Defesa da Água

Copyright© 2023

Todos os direitos reservados para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA. Nenhuma parte desse material pode ser reproduzida ou transformada em nenhuma forma e por nenhum meio mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer sistema de armazenamento de informação, sem autorização expressa dos autores ou da AESA.

PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO

Porfírio Catão Cartaxo Loureiro

Waldemir Fernandes de Azevedo

Joacy Mendes Nóbrega

Beranger Arnaldo de Araújo

PROJETO GRÁFICO DA CAPA

Aline Andrade dos Santos

DIAGRAMAÇÃO

Esther Maria Barros de Albuquerque

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)

A265a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Anais do I Simpósio Paraibano de Recursos Hídricos [Recurso eletrônico]. João Pessoa – Paraíba, 2023.
85 f. : il. color.

Formato e-book

Anual

ISSN

1. Anais-eventos. 2. Recursos Hídricos. 3. Água. I. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. II. Título.

CDU 502

[2023]

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
Av. Duarte da Silveira, S/N, Anexo ao DER – Torre
João Pessoa/PB

ORGANIZAÇÃO

ALINE ANDRADE DOS SANTOS
ANDREA LIRA CARTAXO
CELENE CAVALCANTI DE CARVALHO
DIEGO MAGNO TAVARES DA SILVA
ERIK ANDERSON DE OLIVEIRA
ESTHER MARIA BARROS DE ALBUQUERQUE
GABRIEL ANDY DA SILVA LUCENA
KATIA REGINA DE MEDEIROS SALES
LOVANIA MARIA WERLANG
MARACI DE SOUSA VIRGOLINO
MARIA CÉLIA DA NÓBREGA
ROSA MARIA LINS BONIFÁCIO

APOIO

ANA ALICE DE MEDEIROS ROBERTO
CRISTIELE ARCANJO DA SILVA
JOÃO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES
MAGDA DAYSE FERREIRA RANGEL
MARIA BETANIA SILVA DOS SANTOS
MICHAEL LOPES DA SILVA
NICOLLY GOMES AZEVEDO

SUMÁRIO

A ANTROPIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO NORTE, REGIÃO DO ALTO PARAÍBA E SUB-BACIA DO RIO TAPEROÁ, É SÓ PELA AGROPECUÁRIA?.....	1
AGENTES E CAUSAS DE ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS DE ATERRO NO ANO DE 2021	6
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO UTILIZANDO SONDA MULTIPARÂMETROS	11
ESTRUTURA SAZONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RESERVATÓRIOS RECEPTORES E NÃO RECEPTORES DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO	16
ESTUDO DA PEGADA HÍDRICA DE UMA POPULAÇÃO NO ESTADO DA PARAÍBA.	23
IDENTIFICANDO OS FATORES QUE FAVORECEM AS FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM RESERVATÓRIOS DA PARAÍBA, REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.....	28
INFLUÊNCIA DAS CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS	36
MAPEAMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE BOM SUCESSO PB COM USO DE GEOESTATÍSTICA.....	42
METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA MITIGAÇÃO DO PROBLEMA DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES SECOS EM TERRENOS CRISTALINOS	47
MONITORAMENTO E ANÁLISE DAS ANOMALIAS PRESENTES NA BARRAGEM DE LUCRÉCIA, NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	52
O PROGRAMA RN + ÁGUA E O TRABALHO DE MOBILIZAÇÃO SOCIAL NAS COMUNIDADES RURAIS E URBANAS DO RIO GRANDE DO NORTE.....	57
POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL COM A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	60
QUALIDADE DA ÁGUA DO BARREIRO DA FAZENDA ESPERANÇA, GUARABIRA-PB.....	65
QUALIDADE DE ÁGUA E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: O QUE OS GRANDES RESERVATÓRIOS DA PARAÍBA PODEM NOS DIZER?	70

SEGURANÇA E INFRAESTRUTURA HÍDRICA: INTERFACES DA INTEGRAÇÃO
EM UMA SUB-BACIA PARAIBANA..... 75

SOLUÇÃO INOVADORA DE BASE NATURAL PARA CONTROLE DE
CIANOBACTÉRIAS EM ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO 81

Área: Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

A ANTROPIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO NORTE, REGIÃO DO ALTO PARAÍBA E SUB-BACIA DO RIO TAPEROÁ, É SÓ PELA AGROPECUÁRIA?

Daniel Duarte Pereira¹, Sabrina Alves da Silva², Bianca Marina Costa Nascimento², Andrezza Maddalena²,
Mariana de Melo Silva², Adailson Tulio dos Santos Silva³

1-Professor Associado IV. Tutor PET AgroBio. UFPB. CCA. Campus II. danielduartepereira66@gmail.com

2-Discente. Bolsista PET Agrobio. Ciências Biológicas. UFPB. CCA. Campus II. sabrina.scl2345@gmail.com;
bianca.marina@academico.ufpb.br; andrezamaddalena@gmail.com; mariana.melo@academico.ufpb.br

3- Discente. Bolsista PET Agrobio. Agronomia. UFPB. CCA. Campus II. adailsontulio6@gmail.com

RESUMO: A Região do Alto Paraíba e a Sub-bacia do Rio Taperoá que fazem parte da Bacia do Rio Paraíba do Norte é uma das regiões de ocupação mais antiga do estado da Paraíba. Esta ocupação de cerca de 360 anos tem trazido uma série de consequências negativas representadas pelos processos de antropização relacionados a agriculturização e Pecuarização. Embora alguns estudos reforcem este cenário dados da Plataforma MapBiomias demonstram que o crescimento acelerado do processo de urbanização, incluindo estradas, não está sendo colocado como um fator de estudo mais aprofundado. A urbanização alia-se muitas vezes a efeitos de contaminação de cursos e corpos d'água que, por sua vez, apresentam dados extremamente negativos de redução. Recomenda-se que estudos posteriores envolvam o processo de urbanização e a sua significância no processo de antropização da região.

Palavras-chave: Semiárido; Urbanização; Recursos hídricos

INTRODUÇÃO

Inserida na Diagonal das Secas, Região Semiárida, Segundo Polo Xérico Brasileiro, Bioma Caatinga, Áreas Suscetíveis à Desertificação a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Norte, região do Alto Paraíba e da Sub-bacia do Rio Taperoá, é uma dos espaço de ocupação mais antiga no estado da Paraíba com relatos de presença holandesa já em 1645 e de ocupação efetiva pelos colonizadores de ascendência portuguesa a partir de 1663.

Durante estes 360 anos de ocupação muitos dos recursos naturais da região passaram a ser usados de forma incorreta em especial o solo e a vegetação. Desta, as de degradação mais antigas são as representadas pelas matas ciliares, no mais das vezes formadoras de boa parte

das áreas de preservação permanente (APPs) fluviais. Foi no período considerado o Ciclo do Couro.

A Bacia do Rio Paraíba do Norte apresenta uma área total de cerca de 19.456,73 km² e perímetro de 1.077,98 km e 78 municípios inseridos no todo ou em parte (MARCUIZZO et al, 2012). É a segunda maior Bacia do estado da Paraíba sendo formada pelas Regiões do Alto Paraíba, Médio Paraíba, Baixo Paraíba e Sub-bacia do Rio Taperoá. Para Dornellas et al (2017) a Bacia do Alto Rio Paraíba é estratégica para a gestão dos recursos hídricos no Estado da Paraíba recentemente, começou a receber águas da transposição do Rio São Francisco, gerando a perenização do rio principal.

Alguns estudos realizados no Alto Paraíba trataram sobre perdas de solo, indicadores hidroambientais, degradação ambiental, erodibilidade e vulnerabilidade dos solos, índices de vegetação, mapeamento geomorfológico entre outras pesquisas (CARVALHO et al, 2011]; FRANCISCO et al, 2019; ALVES et al, 2014) entretanto, estão sendo necessários dados mais atualizados sobre o uso e ocupação desta área em um comparativo com um sequência cronológica onde pode ser evidenciada que outra variável pode estar interferindo com maior intensidade na antropização desta área.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada utilizando a Plataforma MapBiomias (2021) estabelecendo-se uma cronologia das décadas de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 como referencial para se verificar os níveis de antropização obtidos e, destes, qual o de maior destaque ou impacto.

Foram obtidos dados relativos a Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada e Corpos D'Água. Os dados foram submetidos a tratamento estatístico em Planilha Excel originando o quadro contidos na pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos permitiram verificar que ao longo de 38 anos houve variações expressivas no que se refere ao processo de antropização.

No intervalo de 1985 a 1995 os valores negativos foram mais representados pela perda da Formação Florestal (-85,91%), seguido de Corpos D'Água (-36,21%). Embora a área de Pastagem apresente um valor positivo (91,34%), na verdade se considera como o principal valor negativo em razão de que, atrelado a ampliação de pastagens, sempre ocorre um supressão da

vegetação nativa, o que pode ser observado para o valor da cobertura Formação Florestal (Quadro 1).

O Mesmo cenário ocorre para o aumento das Áreas Não Vegetadas (67,21%) e Área Urbanizada (192,67) que sempre estão relacionadas ao aumento das malhas urbanas, estradas, entre outras processos urbanos.

Quadro 01 – Antropização do Região do Alto Paraíba do Norte e Sub-bacia do Rio Taperoá no período de 1985 a 2021.

Cobertura	1985 ha	1995 ha	1985-1995 %	2005 ha	1985-2005 %	2015 ha	1985-2015 %	2021 ha	1985-2021 %
Floresta	703.441	643.841	-8,47	691.875	-1,64	696.912	-0,92	668.983	-4,89
Formação Florestal	788	115	-85,41	146	-81,47	122	-84,51	194	-75,38
Formação Savânica	702.653	643.726	-8,39	691.730	-1,55	696.790	-0,83	668.789	-4,81
Formação Natural Não Florestal	6.699	6.540	-2,37	6.462	-3,53	6.513	-2,77	6.650	-0,73
Formação Campestre	6.699	6.540	-2,37	6.462	-3,53	6.512	-2,79	6.649	-0,74
Afloramento Rochoso	-	-	-	-	-	1	-	2	-
Agropecuária	522.943	579.925	10,90	526.155	0,61	528.708	1,10	550.831	5,33
Pastagem	116.401	222.724	91,34	218.614	87,81	189.581	62,86	170.920	46,83
Agricultura	46	46	0,00	200	334,78	473	928,26	466	913,04
Silvicultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mosaico de Usos	406.495	357.155	-12,14	307.341	-24,39	338.654	-16,68	379.445	-6,65
Área Não Vegetada	10.701	17.936	67,61	19.431	81,58	21.392	99,90	24.642	130,27
Área Urbanizada	614	1.797	192,67	2.230	263,19	3.238	427,36	4.563	643,15
Outras Áreas Não Vegetadas	10.087	16.139	60,00	17.201	70,52	18.154	79,97	20.079	99,05
Corpo D'Água	12.314	7.855	-36,21	12.173	-1,14	2.572	-79,11	4.990	-59,47
Rio Lago e Oceano	12.314	7.855	-36,21	12.173	-1,14	2.572	-79,11	4.990	-59,47

Fonte: Adaptado do MapBiomias (2021)

Para o intervalo de 1985 a 2005, o cenário praticamente se repete com algumas variações para a redução de Pastagem e Agropecuária e aumentos expressivos para Agricultura, Mosaico de Usos, Área Não Vegetadas e, dentro destas, Áreas Urbanizadas e Outras Áreas Não Vegetadas. Todas estes aumentos estão associados à redução da vegetação nativa.

Quanto ao intervalo de 1985 a 2015 são observadas reduções nas pressões sobre as Florestas, Formação Savânica e Pastagem. Entretanto, ocorrem aumentos nos valores referentes a Agropecuária, e, nesta Agricultura, Área Não Vegetada, e, nesta, Área Urbanizada. Um valor importante, e observado desde 1985, é a redução seguida dos Corpos D'Água, justamente em uma região periodicamente afetada por estiagens.

No intervalo de 1985 a 2021 podem ser verificadas as continuidades das pressões sobre a Formação Florestal (-75,38%), Formações Savânicas (-4,81%) e Corpos D'Água (-59,47%) e aumentos nas áreas de Agropecuária (5,33%), e nesta Pastagem (46,83%) e Agricultura (913,04%); Área Não Vegetada (130,27%) e nesta Área Urbanizada (643,15%) e Outras Áreas Não Vegetadas (99,05%). Um dado que passa a existir desde 2015 é o referente aos Afloramentos Rochosos.

Um dado que não consta no Quadro 01, se refere a Silvicultura. Entretanto, foi nesta região, na década de 70 do século XX, que foram realizados muitos projetos de reflorestamento representados pela supressão da diversa vegetação nativa de caatinga, pelo monocultivo da algaroba. Portanto, algumas áreas interpretadas como de Formação Florestal ou de Formação Savânica podem, na verdade, corresponderem a áreas de algarobais plantados, ou colonizadores. Em especial os aluviões, várzeas, baixios e margens de rio e riachos onde predomina o Neossolo Flúvico.

CONCLUSÕES

Embora a maioria dos trabalhos sobre a Região do Alto Paraíba e Sub-bacia do Taperoá se refiram sempre a antropização representada por supressão de vegetação nativa e aumentos das áreas de pastagem e agricultura a análise realizada traz uma novidade no que se refere as Áreas Não Vegetadas e, particularmente, as Áreas Urbanizadas que no intervalo de 1985 a 2015 aumentaram em 643%.

Isto significa cada vez mais a produção de efluentes domésticos, industriais e comerciais e contaminação dos corpos e cursos d'água que, por sua vez, apresentam-se cada vez mais reduzidos, provavelmente pelo processo de assoreamento resultante da menor cobertura do solo e por práticas nocivas de agricultura e criação. Isto significa que estudos posteriores devem analisar com maior profundidade o processo de urbanização desta região estudada.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, José Ribamar Marques de et al. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. Sociedade & Natureza, v. 23, p. 295-310, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/RCz9KFkPWgYQJmQDWV5g8WS/abstract/?lang=pt>

DORNELLAS, Patricia da C. et al. Estimativa de perdas de solo na bacia do alto Rio Paraíba, região semiárida do Estado da Paraíba. Revista OKARA: Geografia em debate, v. 11, n. 2, p.

338-350, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vinicius-Seabra/publication/322100929_ESTIMATIVA_DE_PERDAS_DE_SOLO_NA_BACIA_DO_ALTO_RIO_PARAIBA_REGIAO_SEMIARIDA_DO_ESTADO_DA_PARAIBA/links/5a44ff87458515f6b05461b8/ESTIMATIVA-DE-PERDAS-DE-SOLO-NA-BACIA-DO-ALTO-RIO-PARAIBA-REGIAO-SEMIARIDA-DO-ESTADO-DA-PARAIBA.pdf

FRANCISCO, PAULO ROBERTO MEGNA et al. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto Rio Paraíba. In: Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Palmas, Brasil. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Roberto-](https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Roberto-Francisco/publication/335687887_VULNERABILIDADE_DOS_SOLOS_A_DESERTIFICACAO_NA_BACIA_DO_ALTO_RIO_PARAIBA/links/5d7558974585151ee4a8b99b/VULNERABILIDADE-DOS-SOLOS-A-DESERTIFICACAO-NA-BACIA-DO-ALTO-RIO-PARAIBA.pdf)

[Francisco/publication/335687887_VULNERABILIDADE_DOS_SOLOS_A_DESERTIFICACAO_NA_BACIA_DO_ALTO_RIO_PARAIBA/links/5d7558974585151ee4a8b99b/VULNERABILIDADE-DOS-SOLOS-A-DESERTIFICACAO-NA-BACIA-DO-ALTO-RIO-PARAIBA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Roberto-Francisco/publication/335687887_VULNERABILIDADE_DOS_SOLOS_A_DESERTIFICACAO_NA_BACIA_DO_ALTO_RIO_PARAIBA/links/5d7558974585151ee4a8b99b/VULNERABILIDADE-DOS-SOLOS-A-DESERTIFICACAO-NA-BACIA-DO-ALTO-RIO-PARAIBA.pdf)

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha et al. Detalhamento hidromorfológico da bacia do Rio Paraíba. 2012. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/1095>

MAPBIOMAS. Cobertura. Bacia Hidrográfica (PNHR). Paraíba 0. PNRH. Disponível em: [https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

[41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams\[territoryType\]=8&baseParams\[territory\]=5926&baseParams\[territories\]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

[%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

[8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

[35.991271778045224&baseParams\[activeClassesLevelsListItems\]=1%2C7%2C8%2C9%2C](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

[10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

[C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

[%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-8.754795%2C41.451709%2C6&timelineLimitsRange=1985%2C2021&activeLayers=estados&baseParams[territoryType]=8&baseParams[territory]=5926&baseParams[territories]=5926%3BPARA%2C3%20DBA%2001%20-%20PNRH%3B8%3BBacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20%28PNHR%29%3B-8.303560700689538%3B-37.357367756141365%3B-6.846730954086611%3B-35.991271778045224&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

Área: Segurança e Rompimento de Barragens

AGENTES E CAUSAS DE ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS DE ATERRO NO ANO DE 2021

Letícia Rufino Tavares¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus Cajazeiras, Rua José Antônio, Nº 147. ¹leticia.tavares@academico.ifpb.edu.br

RESUMO: É seguro afirmar sobre os impactos que a construção de grandes reservatórios ocasiona nos locais onde estão inseridos. Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo geral, apresentar os principais agentes causadores de acidentes e incidentes em barragens de aterro no ano de 2021, no Brasil. O desenvolvimento desta pesquisa dá-se a partir da revisão bibliográfica da literatura sobre barragens e no Relatório de Segurança de Barragens de 2021. Através das fontes consultadas, foi possível constatar que as alterações meteorológicas locais, estão presentes na maioria dos acidentes notificados em 2021. No que se trata de anomalias, a erosão apresenta-se com maior frequência nos incidentes ocorridos nesse período. Desse modo, é possível concluir a importância das atividades de manutenção e controle de patologias nas estruturas do barramento, a fim de que se obtenha um efetivo gerenciamento do risco em barragens.

Palavras-chave: Segurança de barragens; Inspeções de segurança; Acidentes e incidentes.

INTRODUÇÃO

Para o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, acidente em barragens é definido como o “comprometimento estrutural, com liberação incontrolável de conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou estrutura anexa. (BRASIL, 2012)”. São notáveis, ao longo da história, os prejuízos ambientais, econômicos e humanos, advindos de acidentes envolvendo a ruptura de grandes barramentos.

No que se trata de acidentes em barragens, a relação entre agentes e causa se dá de maneira complexa, visto a alta probabilidade de não ser somente um fato isolado que contribui para a ocorrência de um acidente, mas sim, uma conjunto de fatores que podem ter origens em alterações meteorológicas, na inadequação de projetos e materiais e, ainda, na escassez de recursos financeiros (GUIDICINI; SANDRONI; MELLO, 2021).

No contexto das ações de prevenção, é fundamental a realização de atividades de monitoramento e manutenção nas estruturas dos barramentos. Para tanto, a Lei 12.334 de 2010,

determina que sejam realizadas as Inspeção de Segurança Regular – ISR e Inspeção de Segurança Periódica, sob certa periodicidade. Essas inspeções, têm o objetivo de identificar e reparar anomalias que possam afetar a segurança de um barramento (ANA, 2016).

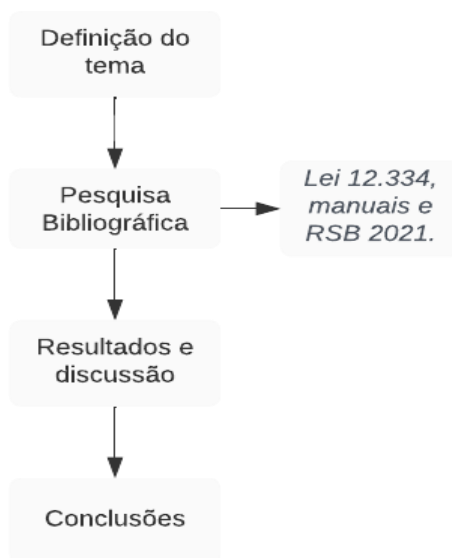
Tomando como base a definição do CNRH, sobre incidentes em barragens, como sendo: “qualquer ocorrência que afete o comportamento da barragem ou estrutura anexa que, se não for controlada, pode causar um acidente (BRASIL, 2012)”, é constatada a importância da identificação e controle de anomalias comuns em barragens de aterro, que possam contribuir de forma significativa para a ocorrência de um acidente.

Dada a importância do tema de segurança de barragens no âmbito da engenharia e dos aspectos legais que a norteiam, este trabalho tem o objetivo de identificar através do Relatório de Segurança de Barragens de 2021 (ANA, 2022), os principais agentes que contribuíram, no período de abrangência deste relatório, para o surgimento de incidentes e acidentes em barragens de aterro, no Brasil.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizado um estudo bibliográfico, com uma abordagem qualitativa, de natureza básica e exploratória, apresentado no fluxograma abaixo (Figura 1).

Figura 1 – Metodologia da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o panorama de acidentes apresentado no Relatório de Segurança de Barragens de 2021, foram notificados acidentes em 10 barragens de aterro, a maioria tendo origem em alterações no regime hidrológico local, provocando cheias, e consequentes galgamentos, como verifica-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Acidentes em barragens de aterro no ano de 2021

Nº do acidente	Tipo de acidente	Agentes	Causas	Possui PAE
Acidente 01	Galgamento	Cheias	Rompimento do dique de contenção de sedimentos	Não
Acidente 02	Galgamento	Cheias	sem informação	Não
Acidente 03	Galgamento	Cheias	Colapso da estrutura de contenção	Não
Acidente 04	Galgamento	Cheias	Alterações no entorno da bacia	Não
Acidente 05	Galgamento	Cheias	Rompimento de barramento localizada a montante	Não
Acidente 06	Galgamento	Cheias	Rompimento de barramento localizada a montante	Não
Acidente 07	Galgamento	Cheias	Rompimento de barramento localizado a montante	Não
Acidente 08	Galgamento	Cheias	Rompimento de barramento localizado a montante	Não
Acidente 09	Ruptura do talude lateral	Sem informação	Sem informação	Não
Acidente 10	Ruptura de comporta	Cheias	Alargamento do canal do rio pela ação da água	Não

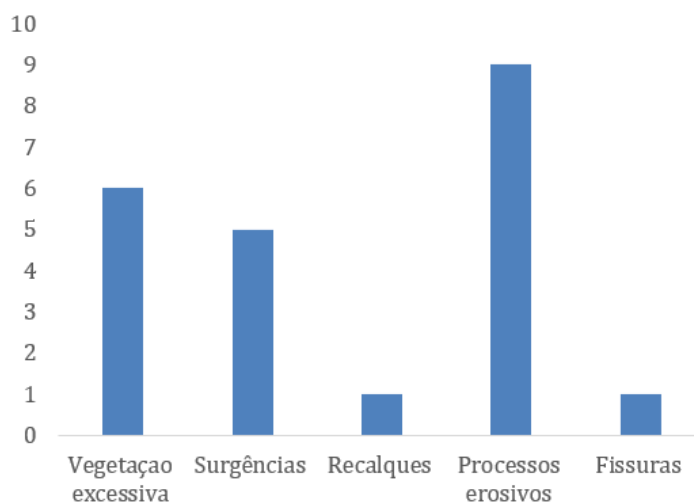
Fonte: Autoria própria (2023).

Observa-se que nenhum dos barramentos possui Plano de Ação de Emergência – PAE, instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens, direcionado aos agentes empreendedores e a comunidade local.

Nos incidentes ocorridos no ano de abrangência do RSB, no caso, 2021, foram identificadas as anomalias apresentadas no gráfico da Figura 2. De acordo com o gráfico abaixo,

foram observadas a presença de processos erosivos em 10 incidentes, vegetação excessiva em 6, surgências de água em 5, recalques e fissuras em 1.

Figura 2 – Anomalias mais recorrentes em barragens de terra no ano de 2021



Fonte: Autoria própria (2023).

CONCLUSÕES

Diante da complexidade em determinar a origem dos fatores no cenário de pós acidente em um barramento, é seguro afirmar que as atividades de monitoramento e reparo de anomalias, contribuem para a redução do nível de perigo de um barramento, através da prática de ações de prevenção. À vista disso, a prévia identificação e o estudo dos problemas que comumente afetam a estruturas de aterro, tem contribuído no traçado de estratégias para o gerenciamento do risco em barragens.

De acordo com os dados sobre acidentes no RSB 2021, é constatado que eventuais cheias causam a insuficiência nos dispositivos hidráulicos, ocasionando galgamentos e, possíveis rupturas.

Para o cenário de incidentes, em 2021, observa-se que os processos erosivos estão presentes na maioria dos casos relatados, que podem ter origem na percolação de água no maciço. A vegetação excessiva indica que não existe uma manutenção com periodicidade correta, além de comprometer a visualização das estruturas, podem indicar também, fugas de água em períodos de estiagem. Portanto, grande parte das anomalias encontradas, podem ser controladas com atividades de reparo, por parte dos agentes empreendedores, tanto no maciço, quanto nos dispositivos hidráulicos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. Manual do empreendedor sobre segurança de barragens: diretrizes para a elaboração do plano de operação, manutenção e instrumentação de barragens. Brasília-DF: ANA, 2016a. v. 7, 136 p. Disponível em:

<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes/relatorios>. Acesso em: 08 de mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. Relatório de segurança de barragens 2021.

Brasília-DF: Cedoc/Biblioteca, 2022. Disponível em:

<https://www.snisb.gov.br/portalsnisb/documentos-e-capacitacoes/rsb>. Acesso: 08 mar. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Brasília-DF, Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 08nov. 2022.

BRASIL. Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório. Brasília-DF. Acesso em: 19 jan. 2023.

GUIDICINI, Guido; SANDRONI, Sandro Salvador; MELLO, Flavio Miguez de. Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragens e obras anexas no Brasil. Rio de Janeiro: Câmara Brasileira do Livro, 2021.

Área: Qualidade da água

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO UTILIZANDO SONDA MULTIPARÂMETROS

Esther Maria Barros de Albuquerque¹; João Pedro Chaves da Silva Rodrigues²; Maria Betânia Silva dos Santos³;
Diego Magno Tavares da Silva⁴; Demilson Lemos de Araújo⁵; Patrícia Silva Cruz⁶

¹Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: esther@aesapb.gov.br

²Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: joaopedro@aesapb.gov.br

³Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: betania@aesapb.gov.br

⁴Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: diegomagno@aesapb.gov.br

⁵Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca, João Pessoa, E-mail: varzeasdesousa@gmail.com

⁶Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, E-mail: patriciacruz_biologa@hotmail.com

E-mail do autor correspondente: esther@aesapb.gov.br

RESUMO: O presente estudo objetivou caracterizar a água de um reservatório utilizado para abastecimento público e confrontar os resultados obtidos com a legislação vigente. Para a análise da qualidade de água, foram coletadas amostras do reservatório Marés, no ponto de captação. Os parâmetros mensurados foram: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos dissolvidos totais (SDT), cujas medições foram realizadas através de sonda multiparâmetros (HORIBA). As variáveis mensuradas serviram para caracterizar a água do reservatório em estudo, porém como esses resultados foram pontuais, sugere-se a realização de novas amostragens (monitoramento) para diagnóstico da qualidade da água do ambiente em estudo.

Palavras-chave: Qualidade de água; Reservatório; Abastecimento.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país cujo potencial hídrico estimula a implantação de reservatórios para suprir as necessidades de abastecimento d'água para fins diversos. Porém, a construção de barragens, com a transformação abrupta de um ambiente lótico (rio) em lântico (lago), provoca alterações nos regimes dos rios e consideráveis desequilíbrios na estrutura físico-química e hidrobiológica do meio aquático, podendo gerar significativos impactos ambientais, muitas vezes negativos, a montante e a jusante do barramento (BASTOS, 1998).

Embora a água seja uma necessidade fundamental para a vida, ela é um dos recursos mais ameaçados do mundo. As atividades antrópicas (industriais, urbanas e agrícolas) causam

deterioração na qualidade das fontes de água e prejudicam seu uso para beber, irrigação, pesca, recreação, fins domésticos e industriais (ŞENER et al., 2017; VAROL, 2020; & REZAEI, 2017). Portanto, muita atenção deve ser dada à proteção da qualidade da água das fontes de água doce (WU et al., 2018).

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS; MEYBECK, 2000). De acordo com Lima (2001), a qualidade da água não se traduz apenas por suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema.

No intuito de garantir o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano, o Ministério da Saúde altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017 através da Portaria nº 888/2021, dispõem sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os estudos de parâmetros físicos e químicos da água são relevantes para o conhecimento do ambiente e identificação dos padrões de variação das condições ambientais dos sistemas aquáticos e de seu entorno. Assim, o presente estudo objetivou caracterizar a água de um reservatório utilizado para abastecimento público e confrontar os resultados obtidos com a legislação vigente.

METODOLOGIA

Para a análise da qualidade de água, foram coletadas amostras do reservatório Marés (Figura 1), localizado na cidade de João Pessoa, no ponto de captação, que fica nas dependências da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA. Os parâmetros mensurados foram: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos dissolvidos totais (SDT), cujas medições foram realizadas através de sonda multiparâmetros (HORIBA) em parceria com o laboratório de Ecologia Aquática – LEAq/UEPB.

Figura 1. Reservatório Marés



Fonte: Autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura é um fator que influencia praticamente todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água. Foi registrado em Marés, temperatura de 30,43 °C (Tabela 1). As variações de temperatura dos cursos d'água são sazonais e acompanham as flutuações do clima durante o ano.

Observou -se que o pH apresentou valor de 8,79 (tabela 1). A medida do pH é um dos testes mais importantes para a caracterização físico-química da água. Segundo Freitas; Brilhante; Almeida (2001), essa característica influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, e como consequência na intensidade da cor, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo também o potencial de toxicidade de vários elementos.

De acordo com a Portaria n.888 de 2021 do Ministério da Saúde que estabelece padrões de potabilidade para consumo humano, preconiza-se que o pH esteja na faixa de 6 a 9,5.

A condutividade elétrica registrada foi de 0,139 mS/cm. Esse parâmetro está diretamente relacionado à concentração de espécies iônicas dissolvidas, principalmente inorgânicas. Para Sawyer et al. (1994), a condutividade elétrica é um parâmetro de extrema importância das características da água, podendo indicar o predomínio da fotossíntese ou da decomposição. De acordo com Moreira et al. (2001), essa variável avalia de forma indireta a quantidade de nutrientes do meio aquático, de forma que quanto maior a taxa de decomposição na água, maior será a quantidade de sais dissolvidos e, conseqüentemente, a sua condutividade.

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros analisados da qualidade de água do reservatório Marés.

Parâmetros	Valor
Temperatura (°C)	30,43
pH	8,79
C.E. (mS/cm)	0,139
Turbidez (UNT)	7,7
OD (mg/L)	8,27
SDT (mg/L)	90

Para a turbidez, observou – se valor de 7,7 NTU. O valor verificado encontra- se acima do estabelecido pela legislação. Esse aumento pode ser causado pela dispersão dos raios luminosos devido à presença de partículas em suspensão, tais como: silte, partículas coloidais, micro-organismos, óleo emulsificado, etc.

De acordo com a Portaria 888/2021, para garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez (expresso no Anexo 2). e devem ser observadas as demais exigências contidas neste Anexo. Assim como expresso na portaria, estudos de Castania (2009), ressaltam que os valores de turbidez devem sempre ser menores que 5,0 UT em processos usuais de desinfecção de água, já que partículas suspensas atuam como “escudos” para os patógenos diminuindo a ação do desinfetante.

Como o oxigênio dissolvido é um fator limitante para a manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos, ao mensurar esse parâmetro, verificou-se que a concentração de O.D. foi de 8,27mg/l (Tabela 1).

Os Sólidos Dissolvidos Totais é parâmetro muito sensível ao lançamento de efluentes, o que facilita avaliar a qualidade do corpo hídrico. Para esse parâmetro o valor obtido esteve dentro do VMP preconizado pela legislação vigente.

CONCLUSÕES

As amostras de água analisadas no presente estudo serviram para caracterizar a água do reservatório e prever as condições ambientais do sistema. No entanto, por se tratar de uma coleta pontual, sugere-se a realização de novas amostragens (monitoramento) para diagnóstico da qualidade da água do ambiente em estudo.

REFERÊNCIAS

BASTOS, R. K. X. Impactos da construção de centrais hidrelétricas relacionados com a água: pressupostos para a avaliação e proposição de medidas mitigadoras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 1., 1998, Poços de Caldas. Anais...São Paulo: CMGB, 1998. p.63-75.

BRASIL. Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União; Poder executivo, Brasília, DF, 07 mai. Ed.85, Seção 1, p.127.

CASTANIA, J. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas públicas municipais de ensino infantil em Ribeirão Preto - SP. 2009. 146 f. Dissertação (Mestrado) - USP, Ribeirão Preto, 2009.

FREITAS, M.B.; BRILHANTE, O.M.; ALMEIDA, L.M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, Mai\Jun, 2001.

MOREIRA, M. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. Fundamentos da Moderna Aquicultura, Canoas, ULBRA, 2001, 200p.

PETERS, N. E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on fresh water availability: impacts to human activities. Water international Urbana v. 25; n. 2, 2000.

SAWYER, C. N.; Mc-CARTY, P.L.; PARKIN, G.F. Chemistry for environmental engineering. 4 ed. New York: McGraw-Hill Inc.,1994. 641p.

SENER, S.; SENER, E.; DAVRAZ, A. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). Science of The Total Environment, v. 584, 2017.

VAROL, M. Use of water quality index and multivariate statistical methods for the evaluation of water quality of a stream affected by multiple stressor: a case study. Environmental Pollution, v. 266, p. 1- 10, 2020.

WU, Z.; WANG, X.; CHEN, Y.; CAI, Y.; DENG, J. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. Science of The Total Environment, v. 612, 2018.

ZEINALZADEH, K.; REZAEI, E. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. Journal of Hydrology: Regional Studies, v. 13, 2017.

Área: Qualidade da Água

ESTRUTURA SAZONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RESERVATÓRIOS RECEPTORES E NÃO RECEPTORES DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

Klisman José Santos Dantas^{1,2}, Gustavo de Oliveira Porto¹, Alice da Silva Barros¹, Sylvia Yasmin Lustosa Costa^{1,2}, Juliana dos Santos Severiano^{1,2}, José Etham de Lucena Barbosa^{1,2}

¹ Laboratório de ecologia aquática, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, campus I, rua das Baraúnas, 351, bairro universitário, Campina Grande, Paraíba 58429-000.

² Programa de pós-graduação em ecologia e conservação (PPGEC), Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, campus I, rua das Baraúnas, 351, bairro universitário, Campina Grande, Paraíba 58429-000.

RESUMO: As transposições são empreendimentos caracterizados como sendo desvios hídricos entre bacias geograficamente distintas. Apesar de possuir a capacidade de melhorar a condição hídrica das regiões receptoras, as transposições ocasionam uma série de problemas ecológicas a exemplo da redução das barreiras biogeográficas, invasão biológica e a disseminação de doenças e parasitos. A partir disso, as comunidades biológicas a exemplo das assembleias de peixes podem reestruturadas no tempo e no espaço. Portanto, esse trabalho objetiva avaliar a estrutura das assembleias de peixes em reservatórios receptores e não receptores da transposição do rio São Francisco no eixo leste, na bacia do rio Paraíba, estado da Paraíba. O estudo foi realizado nos reservatórios Poções, Camalaú, Boqueirão (receptores), Sumé, Cordeiro e Taperoá (não receptores). As coletas se deram a partir do uso de redes de arrasto, espera e tarrafa. A estrutura das assembleias de peixes foi avaliada a partir da riqueza, abundância, diversidade de Shannon das espécies e Similaridade de Jaccard. Houve variação sazonal das assembleias de peixes nos reservatórios receptores e não receptores da transposição do rio São Francisco, de modo que de maneira geral, a maior abundância, riqueza e diversidade foi observada na seca e a maior similaridade na chuva. As assembleias e peixes estavam estruturadas de forma distinta entre os reservatórios receptores e não receptores de modo que, os não receptores foram mais similares sobretudo na chuva. Desse modo, há diferenças sazonais significativas entre as assembleias de peixes dos reservatórios receptores e não receptores da transposição. A transposição pode estar atuando para que haja diferenças, porém, outros fatores também podem estar atuando para este fato. Assim, é preciso que haja monitoramentos a longo para entender se este de fato é um impacto da transposição é uma resposta natural das comunidades a essas variações.

Palavras-chave: Transferências de água interbacias. Açudes. Nordeste.

INTRODUÇÃO

Entender como as comunidades biológicas estão estruturadas no espaço e no tempo é um dos grandes desafios da ecologia e conservação (MEDEIROS et al., 2016 e 2020). Nesse sentido, eventos que venham a alterar a estrutura das comunidades devem ser amplamente estudados para entender os impactos causados na reorganização desses organismos. Um exemplo disso são as transferências de água interbacias (IBWT) popularmente conhecidas como transposições, que são desvios hídricos ocasionados entre bacias hidrográficas geograficamente distintas (ZHUANG, 2016; BARBOSA et al., 2021). As transposições podem melhorar a condição hídrica das regiões receptoras, no entanto, pode promover eventos de invasão biológica, perda de fertilidade do solo, disseminação de poluentes e parasitas (LIU et al., 2013; SIBLE et al. 2015; GALLARDO & ALDRIDGE, 2018). Nesse sentido, é preciso que haja o monitoramento dos sistemas receptores para acompanhar esses impactos e propor soluções que beneficiem a biota local.

Um exemplo de transposição é o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) no Brasil que envolve as bacias do Nordeste setentrional. O estado da Paraíba está contemplado no eixo leste onde essas águas chegaram no reservatório Poções em março de 2017 e em abril de 2017 em Camalaú e Boqueirão (BARBOSA et al., 2021). Estudos tem mostrado que o volume hídrico dos reservatórios aumentou substancialmente, contudo, em Camalaú e Boqueirão houve o aumento do estado de trófico e da poluição desses sistemas (BARBOSA et al., 2021). Além disso, já foi relatado na literatura a chegada de uma espécie de alga exótica (SEVERIANO et al., 2021) e duas espécies de peixes (RAMOS et al., 2021; SILVA et al., 2023). Portanto, a transposição representa um perigo a biodiversidade dos sistemas receptores, podendo gerar impactos não somente a nível taxonômico, mas também a nível funcional e filogenético (BERBEL-FILHO et al., 2015; DAGA et al., 2020).

Um dos principais impactos da transposição do rio São Francisco é a perenização das bacias envolvidas, uma vez que, anteriormente estas eram bacias intermitentes, modificando a dinâmica natural dessas bacias (BARBOSA et al., 2021). Desse modo, como a sazonalidade na região nordeste é bem marcada, isto é, com as estações seca e chuvosa ocorrendo em períodos específicos, as comunidades biológicas sobretudo os peixes, são habituados a esses ciclos sazonais (GURGEL-LOURENÇO et al., 2013 e 2015). Assim, é esperado que esses sistemas agora perenizados apresentem uma estrutura de peixes mais semelhante devido a maior conectividade (VITULE et al., 2012; CHENG et al., 2013; HEO et al., 2022). Desse modo, o objetivo desse trabalho é avaliar a estrutura das assembleias de peixes em reservatórios receptores e não receptores da transposição do rio São Francisco no eixo, estado da Paraíba.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido nos reservatórios da bacia do Rio Paraíba do Norte, receptora da transposição do rio São Francisco, são eles: Poções, Camalaú e Boqueirão (receptores da transposição do rio São Francisco) e Cordeiro, Sumé e Taperoá (Não receptores da transposição do rio São Francisco) (Figura 1). As coletas foram realizadas ao longo de três pontos em cada reservatório utilizando redes de arrasto e de espera e tarrafas, padronizadamente em cada ponto por reservatório. A coleta de seca foi realizada em dezembro de 2021 e a coleta de chuva em junho de 2022. Os peixes foram identificados a partir de literatura específica (Britsk et al., (1999), Ramos, (2012) e Ramos et al. (2018)).

Para descrever a estrutura de comunidade de peixes nos reservatórios entre as estações, nós avaliamos a riqueza de espécies, abundância bruta das espécies, índice de diversidade de Shannon-Wiener (SHANNON & WEAVER, 1949). Para avaliar a similaridade da estrutura das assembleias de peixes entre os reservatórios, empregamos a análises de similaridade de Jaccard.

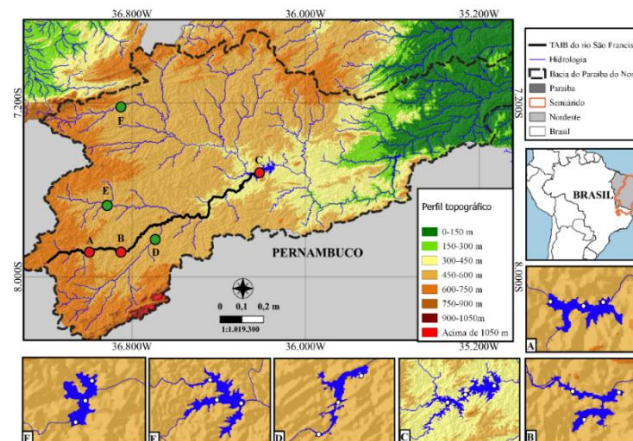


Figura 1: Localização geográfica dos reservatórios Poções (A), Camalaú (B), Boqueirão (C), Cordeiro (D), Sumé (E) e Taperoá (F), na bacia do Rio Paraíba do Norte, Brasil.

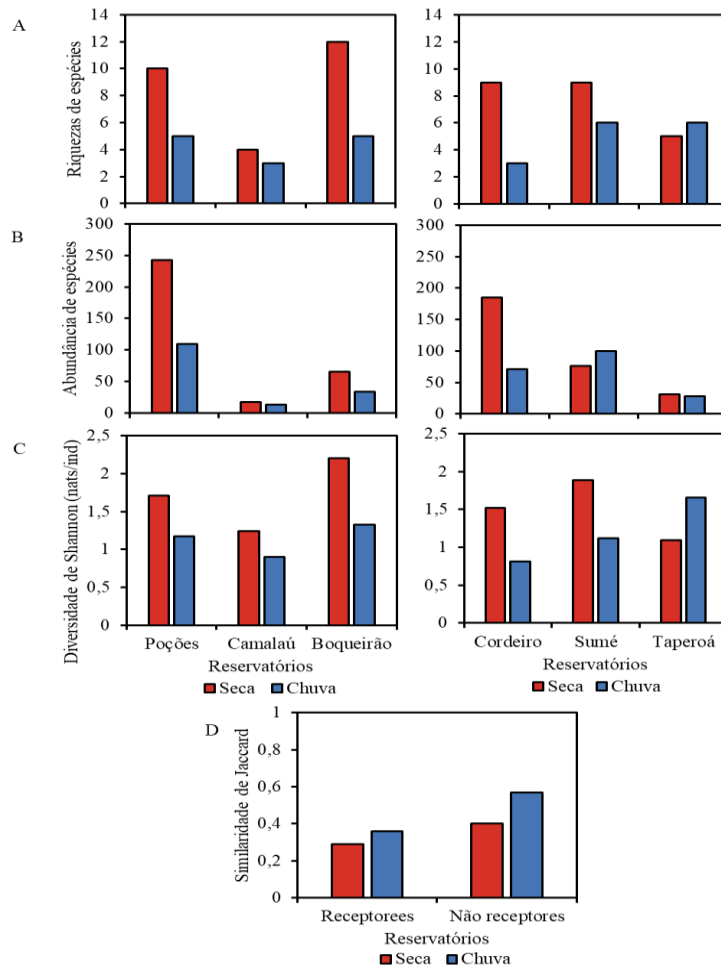
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 975 indivíduos distribuídos em 21 espécies, 6 ordens e 11 famílias. A ordem Characiformes foi a ordem mais rica e mais abundante, de modo que, a piaba *Astyanax bimaculatus* foi a espécie mais abundante com 171 indivíduos. A ordem characiformes é uma das mais diversas da região neotropical (GURGEL-LOURENÇO et al., 2013 e 2015) e são características de reservatórios principalmente devido à presença das piabas que são espécies estacionárias (DAGA et al., 2014; LOURES & POMPEU et al., 2019; DAGA et al., 2020; ORLANDI-NETO et al., 2022). *Astyanax bimaculatus* é uma das espécies mais abundantes em reservatórios no Nordeste (COSTA et al., 2017). Na seca foram coletados 618 indivíduos distribuídos em 20 espécies e na chuva 357 indivíduos distribuídos em 10 espécies. A maior

riqueza e abundância durante a seca pode estar relacionada com a redução do volume hídrico e da área dos reservatórios que facilita a pesca.

Contudo, todos os índices avaliados variaram entre as estações nos reservatórios receptores e não receptores da transposição do rio São Francisco. De modo geral, a seca foi marcada por uma maior riqueza, abundância e diversidade e menor similaridade entre os reservatórios (Figura 1). Houve aumento da riqueza e da diversidade de Shannon na seca nos receptores e na chuva nos não receptores (Figura 1A e C). A abundância diminuiu na seca e na chuva com exceção de Sumé onde a abundância aumentou na chuva (Figura 1B). A redução da abundância nos reservatórios receptores e não receptores pode estar relacionado com o alagamento das áreas de terra que oferta novos habitats e refúgio para os peixes escaparem da pesca (BAUMGARTNER, 2016). A similaridade aumentou na chuva, porém, os reservatórios não receptores foram mais similares (1D). O aumento da conectividade acarreta também no aumento das interações locais intra e interespecíficas (BERBEL-FILHO et al., 2015; DAGA et al., 2019). Dessa forma, a transposição pode estar intensificando essas interações, o que pode explicar a variação brusca de abundância entre esses sistemas (Figura 1B). Outro fato pode ser de que o aumento da poluição e do estado trófico de boqueirão (BARBOSA et al., 2021) pode estar gerando filtros mais intensos para a seleção dos espécimes. Outro fato é que o aumento da similaridade dos reservatórios não receptores pode ser em detrimento do aumento da riqueza de espécies na chuva (Figura 1A).

Apesar disso, houve diferenças marcantes entre os reservatórios. A maior riqueza na seca foi observada em Boqueirão e na chuva em Sumé e Taperoá (Figura 1A). A maior abundância tanto na seca quanto na chuva foi observada em Poções (Figura 1B). A maior diversidade de Shannon na seca foi observada em Boqueirão e na chuva em Taperoá (1C).



CONCLUSÃO

Há diferenças significativas na estrutura das assembleias de peixes dos reservatórios receptores e não receptores da transposição do rio São Francisco. A transposição pode estar atuando para a redução da similaridade das assembleias de peixes dos reservatórios receptores, contudo, é preciso que estudos sejam desenvolvidos a partir de monitoramentos de longo prazo haja vista que, essa baixa similaridade pode ser característica desses sistemas.

REFERÊNCIAS

BAUMGARTNER, Matheus Tenório. O efeito de mudanças drásticas no nível da água sobre a assembleia de peixes: o caso do rompimento da comporta em um reservatório Neotropical. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

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. Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. *HYDROBIOLOGIA*, v. 848, pp.651–673, 2021.

BERBEL-FILHO, W. M.; MARTINEZ, P.A.; RAMOS, T. P. A., TORRES, R. A.; LIMA, S. M. Q.; Inter- and intra-basin phenotypic variation in two riverine cichlids from northeastern Brazil: potential ecoevolutionary damages of São Francisco interbasin water transfer. *Hydrobiologia*, p. 1-14, 2005.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. PEIXES DO PANTANAL - MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO. [S.l: s.n.], 1999.

CHENG, L.; BLANCHET, SIMON.; GERALDINE, P.; VILLÉGER, S.; ZHANG T.; LEK, S.; LEK-ANG, S.; LI, Z. Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. *Diversity and Distributions*, v. 18, n. 2, p. 111-120, 2012.

COSTA, S. Y. L.; BARBOSA, J.E.L.; VIANA, L.G.; RAMOS, T.P.A. Composition of the ichthyofauna in Brazilian semiarid reservoirs. *Biota Neotropica*, v.17, n.3, p.1 – 11. 2017.

DAGA, V. S.; SKÓRA, F.; PADIAL, A. A.; ABILHOA, V.; GUBIANI, É. A.; VITULE, J. R. S.. Homogenization dynamics of the fish assemblages in Neotropical reservoirs: comparing the roles of introduced species and their vectors. *Hydrobiologia*, v.746, n.1, p.327–347.2014.

DAGA, V. S.; OLDEN, J. D.; GUBIANI, É. A.; PIANA, P. A.; PADIAL, A. A.; VITULE, J. R. Scale-dependent patterns of fish faunal homogenization in Neotropical reservoirs. *Hydrobiologia*, v. 847, n. 18, p. 3759-3772, 2020.

GALLARDO, B.; ALDRIDGE, D. C. Inter-basin water transfers and the expansion of aquatic invasive species. *WATER RESEARCH*. v. 143, p. 282-291, 2018.

LIU, J. G.; ZANG, C. F.; TIAN, S. Y.; YANG, H.; JIA, S. F.; YOU, L. Z.; LIU, B.; ZHANG, M. Water conservancy projects in China: achievements, challenges and way forward. *GLOB. ENVIRON. CHANGE*, v.23, p. 633-643, 2013.

GURGEL-LOURENÇO, R.C., SOUSA, W.A., SÁNCHEZ-BOTERO, J.I. & GARCEZ, D.S. Ichthyofauna of two reservoirs in the middle Acaraú River basin, Ceará, Northeastern Brazil. *Check List*. 9(6): 1391–1395.2013.

GURGEL-LOURENÇO, R.C.; RODRIGUES-FILHO, C.A.S.; ANGELINI, R.; GARCEZ, D.S.; SÁNCHEZ-BOTERO, I.J. On the relation amongst limnological factors and fish abundance in reservoirs at semiarid region. *Acta Limnologica Brasiliensis*. 27(1): 24-38.2015.

HEO, J.; JEON, Y. S.; KO, M. H.; WON, Y. J. Anthropogenic habitat interconnection provokes homogenization of allopatric freshwater fish: concordance of genetic and phenotypic evidence. *Hydrobiologia*, p. 1-16, 2022.

LOURES, R. C.; POMPEU, P. S. Temporal changes in fish diversity in lotic and lentic environments along a reservoir cascade. *Freshwater Biology*, v. 64, n. 10, p. 1806-1820, 2019.
MEDEIROS, C. R.; HEPP, L. U.; PATRÍCIO, J.; MOLOZZI, J. Tropical Estuarine Macroinvertebrate Communities Are Structured by Turnover Rather than Nestedness. *PLOS ONE*, v.11, n.9, p.1-14, 2016.

MEDEIROS, C. R.; HEINO, J.; SANTOS, P. J. P.; MOLOZZI, J.; LIGEIRO, R. Spatial scale drives diversity patterns of benthic macroinvertebrate communities in tropical estuaries. *Limnology and Oceanography*, v.9999, p.1-13, 2020.

SEVERIANO, J. S.; OLIVEIRA, E. S.; LUCENA-SILVA, D.; MOURA, G. C.; SILVA, E. A.; BARBOSA, J. E. L. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 in South America: record of the pattern of expansion and persistence in tropical reservoirs in Northeastern Brazil. *BIOLOGICAL INVASIONS*, v. 1, p. 1, 2021.

RAMOS, T. P. A.; LUSTOSA-COSTA, S. Y.; LIMA, R. M. O.; BARBOSA, J. E. L.; MENEZES, R. F. First record of *Moenkhausia costae* (Steindachner 1907) in the Paraíba do Norte basin after the São Francisco River diversion. *BIOTA NEOTROPICA (ONLINE. EDIÇÃO EM INGLÊS)*, v. 21, p. 1-25, 2021.

RAMOS, T. P. A.; LIMA, J. A. S.; COSTA, S. Y. L.; SILVA, M. J.; AVELLAR, R. C.; OLIVEIRA-SILVA, L. Continental ichthyofauna from the Paraíba do Norte River basin pre-transposition of the São Francisco River, Northeastern Brazil. *Biota neotropical*, v.18, n.4, p.1-10. 2018.

RAMOS, T. P. A. Ictiofauna de água doce da bacia do rio Paraíba. Tese (doutorado em ciências biológicas)- Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 216, 2012.

SILVA A. L. B.; GALVÃO, G. A.; ROCHA, A. A. F.; GUTIERRE S. M. M.; SANTOS G. R.; COSTA, B. D. F.; PEREIRA, L. C. M.; NICOLA, P. A. Ichthyofauna on the move: fish colonization and spread through the São Francisco Interbasin Water Transfer Project. *Neotrop Ichthyol.*; 21(1), 2023.

SIBLE, E.; COOPER, A.; MALKI, K.; BRUDER, K.; WATKINS, S. C.; FOFANOV, Y.; PUTONTI, C. Survey of viral populations within Lake Michigan nearshore waters at four Chicago area beaches. *DATA IN BRIEF*. v. 5, p. 9-12, 2015.

VITULE, J.; RICARDO S.; SKÓRA, FELIPE; ABILHOA, V. Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. *Diversity and Distributions*, v. 18, n. 2, p. 111-120, 2012.

ZHUANG, W. Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: a review. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*, v.23, p.12867–12879, 2016.

Área: Sociedade e os Recursos Hídricos

ESTUDO DA PEGADA HÍDRICA DE UMA POPULAÇÃO NO ESTADO DA PARAÍBA.

Julia Mendes de Lima¹; Giselly Batista Landim Dantas¹; Andréza Leite de Araújo¹; Renner Luciano de Souza Ferraz¹.

¹Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), Rua Luiz Grande, s/nº, Frei Damião, Sumé-PB, CEP 58.540-000, Brasil, julia.lima@estudante.ufcg.edu.br; giselly.batista@estudante.ufcg.edu.br; andreza.leite@estudante.ufcg.edu.br; ferragroestat@gmail.com.

RESUMO:

É notável na população atual uma inquietação com assuntos referentes ao meio ambiente. Partindo desse pressuposto vem à tona um tema que tem sido abordado com mais frequência uma vez que este está diretamente relacionado com o consumo de água, o conceito de pegada hídrica (PH), ferramenta que representa sustentabilidade expondo a quantidade de água utilizada nas inúmeras atividades de bens e serviços. A pesquisa, realizada através de formulário *online*, em questão avalia dados da pegada hídrica total, de alimentação, doméstica e industrial de uma parcela da população residente no estado da Paraíba. A mesma apontou a média de consumo por respondente de 1.402,28 m³.ano⁻¹, onde as pessoas que se consideram do gênero masculino, mesmo que o número de respondentes seja igual ao do público feminino, possuem maior consumo de água, e por área, a da alimentação desponta com maior valor na representatividade da pegada hídrica total.

Palavras-chave: Consumo de Água; Pegada Hídrica; Alimentação.

INTRODUÇÃO

A água, ainda que seja um recurso renovável por conta do seu ciclo, tem se tornado assunto de preocupação, já que seu uso em excesso resulta diretamente na sua escassez. Alguns fatores responsáveis por tal problemática são o crescimento populacional e o desenvolvimento urbano, culminando no impulsionamento da atividade industrial, nas suas mais variadas performances (FERRAZ *et al.*, 2020).

De acordo com Silva *et al.*, (2022) diante deste cenário e dentro de um contexto de gestão das águas, existe uma urgência na tomada de decisões, já que a escassez de água tem

tomado proporções críticas, por isso é necessário a utilização de ferramentas que agilizem o uso racional dos recursos hídricos.

O conceito chave de pegada hídrica (PH) pode ser dividido em pegada hídrica doméstica, alimentar e industrial. A doméstica faz referência ao uso da água dentro das residências, a alimentar, revela o consumo da água desde o processo de plantação até às vendas nos estabelecimentos comerciais, e a industrial, representa o volume de água utilizado nos processos fabris.

Esta pesquisa tem como objetivo realizar a análise dos valores das Pegadas Hídricas (PH) total e sua divisão em de alimentação, doméstica e industrial, calculados a partir dos dados fornecidos por uma população residente no Estado da Paraíba. Com essa análise é possível perceber qual gênero mais utiliza a água, qual a média e valor total do volume de água consumido e distinção entre os valores apresentados em cada tipo de PH.

METODOLOGIA

O estudo ocorreu no período de maio/2022 e março/2023 e foi realizado através da aplicação de um formulário *online*, pela plataforma Formulários Google, com questões voltadas para a estimativa da pegada hídrica, segundo metodologia adaptada de Hoekstra *et al.* (2011). As perguntas foram semelhantes às utilizadas na calculadora estendida de pegada hídrica pessoal, desenvolvida por Hoekstra *et al.* (2005), e com o intuito de tornar melhor e mais prática a experiência do respondente, utilizou-se exemplos que traziam uma realidade palpável para as medidas mencionadas nas indagações, a fim de se obter respostas bem fundamentadas.

O público alvo da pesquisa foram pessoas residentes no estado da Paraíba. O total de formulários preenchidos foram 90, por pessoas que ocupam a faixa etária entre 19 e 57 anos, as quais se identificam com os gêneros feminino e masculino.

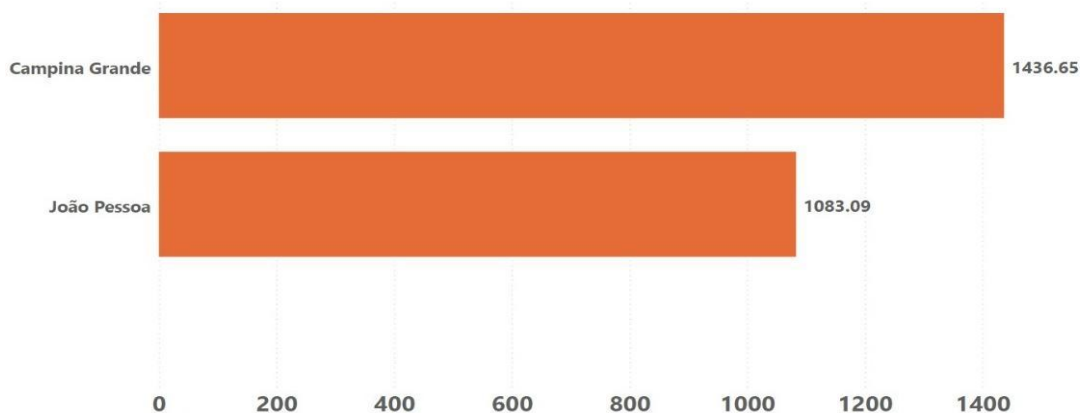
As variáveis tomadas para este estudo foram os valores da pegada hídrica total e seu fracionamento em pegada hídrica doméstica, de alimentos e industrial e a relação destas com a faixa etária e gênero atingido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atestou-se que do total de respondentes (90), a maioria habita nas cidades de Campina Grande (57%), equivalente a 51 pessoas, e João Pessoa (12%), 12 pessoas. A figura 1 ilustra os valores médios das pegadas hídricas de cada uma dessas cidades. A média de idade dos respondentes é de 29, as pessoas que se identificam com o gênero feminino compreendem a 47, e com o gênero masculino, 43. O valor total foi de 126.206 m³.ano⁻¹ e o valor médio da pegada

hídrica total de todos os participantes foi de 1.402,28 m³.ano⁻¹, o qual é bem superior ao dado apresentado por Silva *et al.* (2022), 796 m³.ano⁻¹.

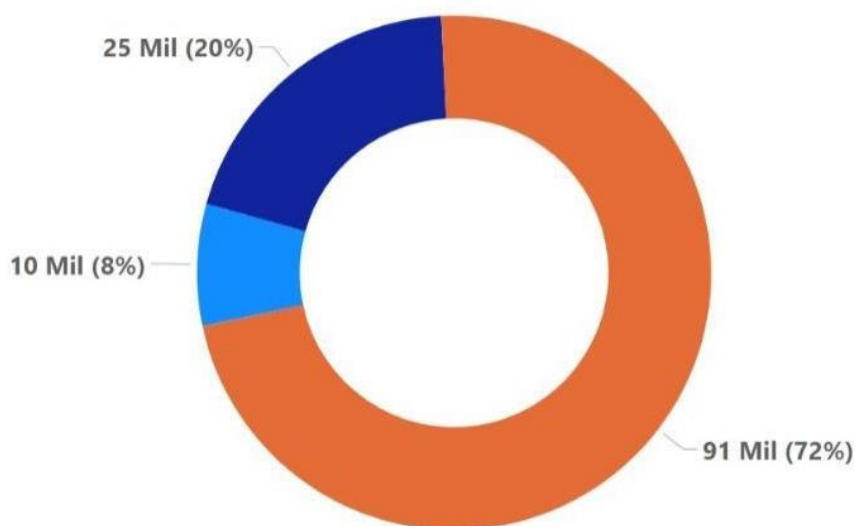
Figura 1. Média da pegada hídrica (m³.ano⁻¹) por cidade.



A pegada hídrica total é dada pela soma das pegadas hídricas da alimentação, industrial e doméstica. A figura 2 mostra, a soma dos valores apresentados por 90 pessoas de cada tipo de pegada hídrica.

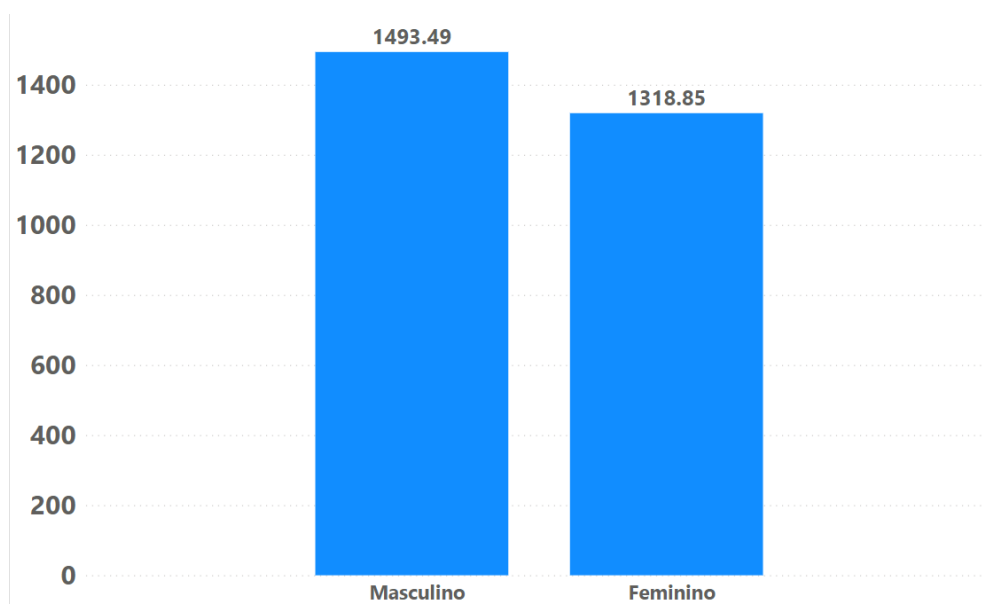
Figura 2. Valor geral da pegada hídrica por setor de todos os respondentes.

● PH Industrial em m³ ● PH Doméstico em m³ ● PH Alimentação em m³



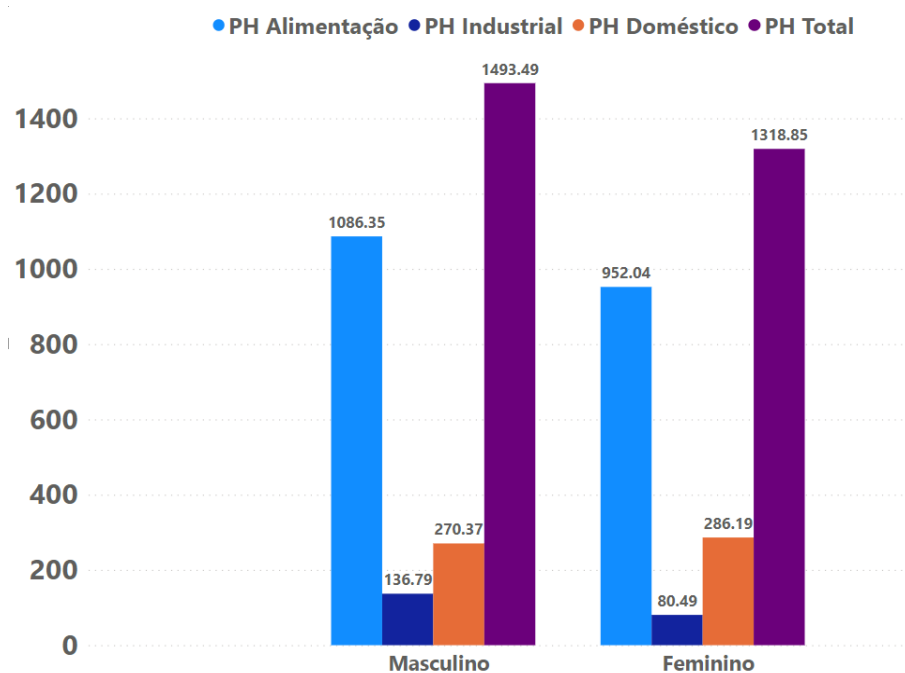
Na Figura 3 é possível observar que a média da pegada hídrica (PH) é maior no gênero masculino, informação reiterada por Clemente *et al.* (2021) e Moreira e Mascarenhas (2019), onde em ambos estudos o público masculino apresenta maior PH, independente do estado civil e da renda.

Figura 3. Média da pegada hídrica por gênero.



Na Figura 4 foram analisadas as médias das pegadas hídricas (PH) conforme seus fracionamentos e apenas no que diz respeito à pegada hídrica doméstica, o gênero feminino apresenta um valor elevado, porém pouco considerável.

Figura 4. Valor médio da pegada hídrica por gênero e tipo.



CONCLUSÃO

Esta pesquisa reiterou o fato de que o consumo virtual do ramo alimentício é o mais elevado, dentre as categorias apresentadas. Os valores de pegada hídrica resultantes do público masculino foram elevados em relação ao feminino, na totalidade das categorias analisadas.

Portanto, conclui-se que há uma necessidade de informar e conscientizar a população sobre como a maneira de se conduzir a alimentação impacta na sustentabilidade dos recursos hídricos, enfatizando a do gênero masculino.

REFERÊNCIAS

Clemente, T. S., Nascimento, M. D. do, Silva, J. M. da, Araújo, L.E.de. (2021). “Pegada hídrica da microrregião do Cariri Ocidental”, Paraíba. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 121-137.

Ferraz, A. S., Gonçalo, C., Serra, D., Carvalhosa, F., Real, H. (2020). “Água: a pegada hídrica no setor alimentar e as potenciais consequências futuras.” *Acta Portuguesa de Nutrição*, Porto, v. 22, p. 42-47.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M. (2005). “Personal calculator - extended.” Disponível em: <<http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/personal-calculator-extended/>>. Acesso em 07 de ago. 2022.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. (2011). “Manual de avaliação da pegada hídrica: estabelecendo o padrão global.” *São Paulo: Instituto de Conservação Ambiental*, p. 47-49.

Moreira, M. N., Mascarenhas, J. M. G. A. (2019). “Pegada hídrica dos soteropolitanos: a influência das variáveis socioeconômicas e demográficas.” *Revista Valore*, Volta Redonda, n. 4, p. 407-414.

SILVA, Marcelo Carlos de Oliveira *et al.* Estudo da Pegada Hídrica Populacional na Região Semiárida. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 15, n. 01, p. 297-311, 2022. Bimensal.

Área: Qualidade da Água

IDENTIFICANDO OS FATORES QUE FAVORECEM AS FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM RESERVATÓRIOS DA PARAÍBA, REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Tatiane Medeiros Queiroz¹; Laissa Lima do Nascimento¹; Maria Eduarda Dantas César¹; Camila Bezerra Amaral¹; Juliana dos Santos Severiano¹; José Etham de Lucena Barbosa¹

¹Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - CEP 58429-500, - Campina Grande-PB.

E-mail do autor correspondente: jsantosseveriano@gmail.com

RESUMO:

As florações de cianobactérias nocivas são uma consequência direta da eutrofização artificial e têm se tornado cada vez mais frequentes nos reservatórios da região Nordeste do Brasil, incluído aqueles utilizados no abastecimento público. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a biomassa de cianobactérias e a sua relação com as variáveis climáticas, físicas e químicas em reservatórios utilizados para abastecimento público do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil. Dos 37 reservatórios que avaliamos, dezenove (19) mostraram dominância de cianobactérias, ou seja, mostraram biomassa de cianobactérias superior a 50% da biomassa total da comunidade fitoplanctônica, o que corresponde a 51,35% dos reservatórios do Estado da Paraíba. A análise de regressão múltipla mostrou que a biomassa de cianobactérias esteve relacionada positivamente com o PT (fósforo total), a turbidez, o pH e a salinidade enquanto estabeleceu uma relação negativa com o volume da água. Assim, essas variáveis devem ser consideradas nos esforços do controle das florações de cianobactérias.

Palavras-chave: Qualidade da água, Semiárido, Algas nocivas

INTRODUÇÃO

Florações de cianobactérias nocivas representam um dos maiores problemas de qualidade da água na atualidade por causarem alterações nas características da água como cor, odor e sabor, depleção de oxigênio e produzirem toxinas que representam riscos à saúde humana (Yan et al., 2016; 2017; Huisman et al., 2018; Griffith e Gobler, 2020). Estudos alertam que as florações de cianobactérias têm aumentado globalmente e tendem a se tornar mais intensas no futuro em decorrência dos efeitos do aumento das temperaturas consequentes das mudanças climáticas e poluição antropogênica (Yang et al., 2016; Ho et al., 2019). Diante disso, tornou-se uma necessidade urgente identificar os fatores que favorecem as florações de cianobactérias.

Dentre os fatores que favorecem as florações de cianobactérias estão as elevadas concentrações de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo (Chia et al., 2017), elevada intensidade luminosa (Kaebernick e Neilan, 2001), altas temperaturas (Cha et al., 2017), baixa transparência da água e altos valores de pH (Dantas et al., 2012). Além disso, outros fatores como a hidrodinâmica (eventos de turbulência e estratificação) (Fortin et al., 2010) e interações bióticas como a competição e pastagem (Goret et al., 2010), podem atuar na formação das florações.

O aquecimento global também é apontado como um fator que causa aumento da biomassa das cianobactérias (Recknagel et al., 2017). Acredita-se que o aumento da temperatura favorece ainda mais o crescimento das cianobactérias (Paerl et al., 2011; Moura et al., 2015), induzindo a liberação de cianotoxinas na coluna d'água (Christoffersen et al., 2002). Em ecossistemas aquáticos de regiões tropicais, especialmente aqueles localizados na zona semiárida, as florações de cianobactérias têm se mostrado intensas e perenes (isto é, mostram dominância durante todo ano) (Moura et al., 2015), o que aumenta o risco de exposição humana às cianobactérias e suas toxinas. Isso é especialmente preocupante porque muitos dos reservatórios da região semiárida são utilizados prioritariamente para abastecimento público e dessedentação animal.

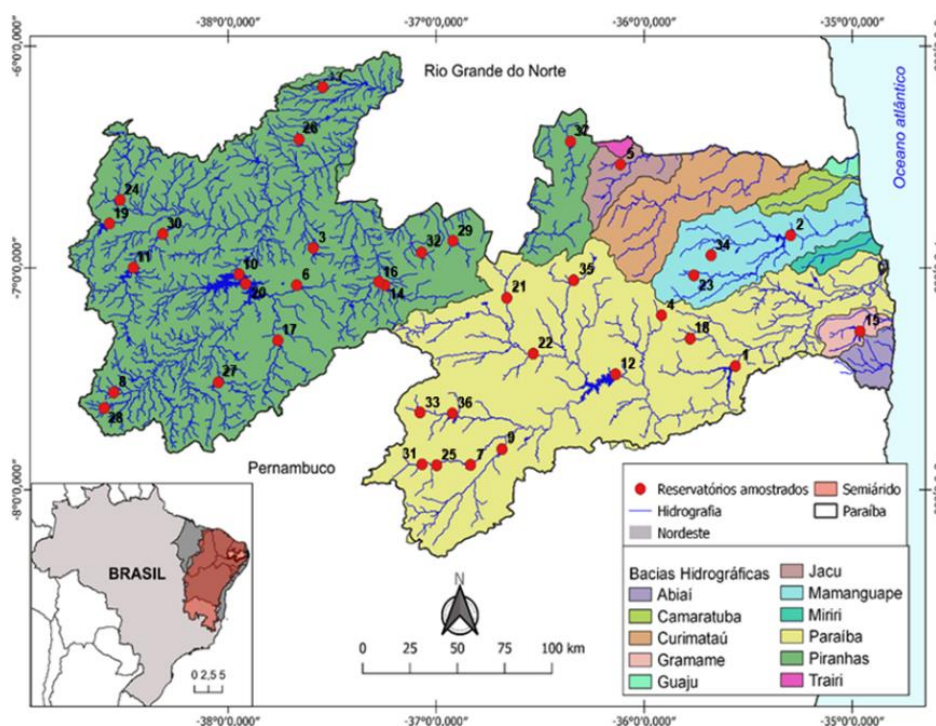
Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a biomassa de cianobactérias e a sua relação com as variáveis climáticas, físicas e químicas em reservatórios utilizados para abastecimento público do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em 37 reservatórios localizados no estado da Paraíba, Brasil (Fig 1). Estes reservatórios estão distribuídos em cinco das onze bacias do estado (Fig. 1). Esses reservatórios têm profundidade média inferior a 25m e são utilizados para abastecimento da população, irrigação e agricultura, além de atividades de pesca e lazer (AES A, 2021).

Figura 3- Localização dos reservatórios estudados, no estado da Paraíba, Brasil. 1, Acauã; 2, Araçagi; 3, Engenheiro Arcoverde; 4, Bodocongó; 5, Boqueirão do Cais; 6, Cachoeira dos Cegos; 7, Camalaú; 8, Condado; 9 cordeiro; 10, Coremas; 11, Engenheiro Ávidos; 12, Boqueirão; 13, Escondido; 14, Farinha; 15, Mamuaba; 16, Jatobá I; 17, Jenipapeiro (Buiú); 18, José Rodrigues; 19, Lagoa do Arroz; 20, Mãe d'água; 21, Mucutu; 22, Namorados; 23, Nova Camará; 24, Pilões; 25, Poções; 26, Riacho dos Cavalos; 27, Saco; 28, Santa Inês; 29, Santa Luzia; 30, São Gonçalo; 31, São José II; 32, São Mamede; 33, São Paulo; 34, Saulo Maia; 35, Soledade; 36, Sumé; 37, Várzea Grande.



Delineamento amostral

A amostragem ocorreu entre fevereiro de 2020 a dezembro de 2021, com frequência trimestral, em um único local dos reservatórios, próximo à captação de água para abastecimento público, na subsuperfície da coluna d'água (~0,5 de profundidade). Assim, foram oito amostragens em cada reservatório, totalizando 296 amostras. Os meses foram considerados réplicas no tempo para cada reservatório.

Variáveis climáticas, físicas e químicas

A precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) e volume de água (%) foram obtidas a partir da base de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES A, 2022).

Foram mensurados *in situ* as variáveis ambientais temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (UNT), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e sólidos totais dissolvidos (g L^{-1}), com auxílio da sonda multiparamétrica HORIBA $^{\circ}$ U-50.

As amostras para a análise de nutrientes, alcalinidade e cloreto foram armazenadas em frascos de polietileno e preservadas em isopor com gelo para serem conduzidas laboratório. As concentrações de amônia ($\mu\text{g L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g L}^{-1}$), nitrito ($\mu\text{g L}^{-1}$), fósforo reativo solúvel ($\mu\text{g L}^{-1}$) e fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) foram determinadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). O nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN), foi determinado através com da soma das concentrações de amônia, nitrato e nitrito. Para a determinação da alcalinidade ($\mu\text{g L}^{-1}$) e cloretos ($\mu\text{g L}^{-1}$) foram realizadas através do método de titulação.

Análise quantitativa do fitoplâncton e das cianobactérias

As amostras para o estudo quantitativo das cianobactérias foram coletadas e armazenadas em garrafas plásticas com capacidade de 100mL e fixadas com solução de Lugol acético concentrado a 1%. A estimativa da biomassa (mg L^{-1}) foi calculada multiplicando-se a densidade de cada espécie (ind m^{-3}) pelo volume médio celular (μm^3), com as devidas correções das unidades (Wetzel e Likens, 2000). A densidade celular (cél mL^{-1}) foi determinada pelo método de Utermöhl (1958), em microscópio invertido (Zeiss Avioyert 40C), enquanto o biovolume (mm^3L^{-1}) foi obtido multiplicando a densidade de cada espécie pelo volume médio de suas células, de acordo com Hillebrand et al. (1999). Para a conversão do biovolume em biomassa, foi determinada assumindo o peso fresco unitário expresso como massa de $1 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1} = 1 \text{ mg L}^{-1}$ (Wetzel e Likens, 2000).

Para identificar o padrão de dominância de cianobactérias nos reservatórios foi utilizado o critério determinado por Lobo e Leighton (1986), que estabelece como dominantes aquelas espécies cuja biomassa excede 50% da biomassa total da comunidade fitoplanctônica.

Análises estatísticas

Para identificar as variáveis ambientais (climáticas, físicas e químicas) que explicam a biomassa de cianobactérias, realizamos a Análise de Regressão Múltipla. Antes da realização

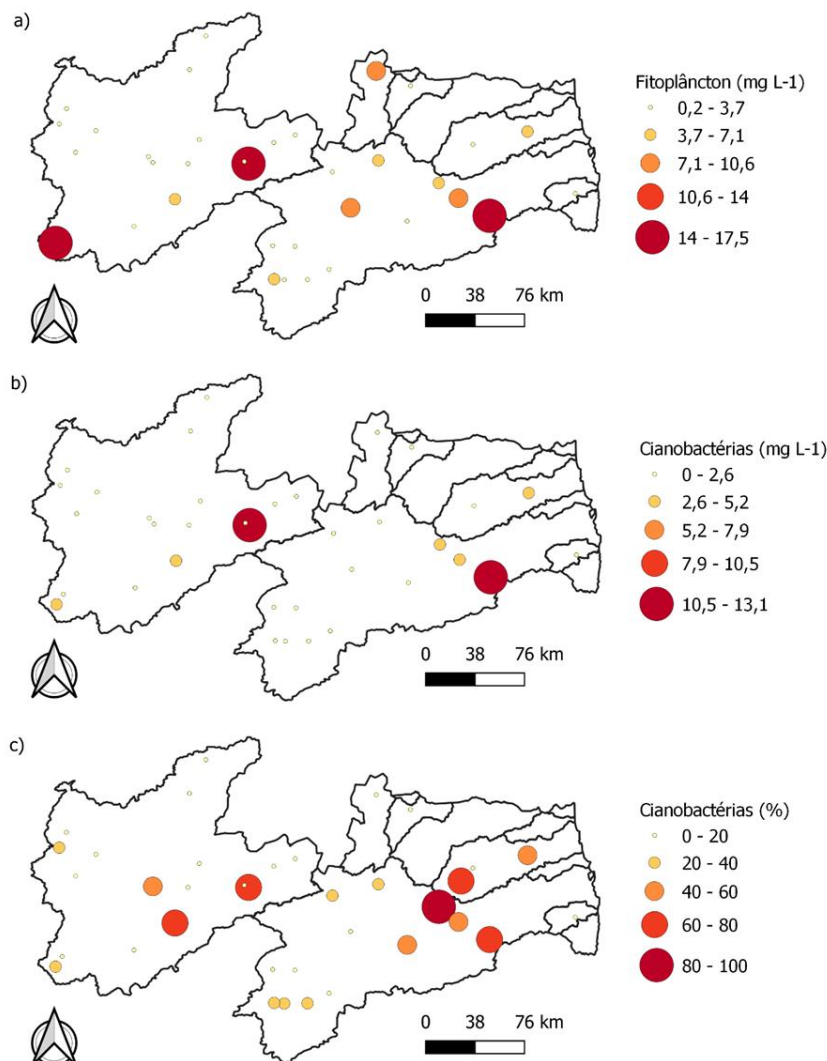
dessa análise, submetemos os dados ao fator de inflação de variância (VIF) para verificar a ocorrência de multicolinearidade entre variáveis ambientais. Consideramos como variáveis colineares aquelas que apresentaram VIF acima de 10. O critério de informação de Akaike (AIC) foi adotado para selecionar o modelo de melhor ajuste e para as variáveis ambientais que foram consideradas relacionada foi adotado um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biomassa da comunidade fitoplanctônica variou entre 0,2 e 17,5 mg L⁻¹ nos reservatórios estudados (Fig. 2a), enquanto a biomassa das cianobactérias variou entre 0,02 e 13,3 mg L⁻¹. Dos 37 reservatórios, dezenove (19) mostraram dominância de cianobactérias, ou seja, mostraram biomassa de cianobactérias superior a 50% da biomassa total da comunidade fitoplanctônica, o que corresponde a 51,35% dos reservatórios do Estado da Paraíba (Fig 2b).

A maior abundância de cianobactérias foi registrada no reservatório Bodocongó (98,21%), onde a espécie dominante foi a *Planktothrix agardhii*. A segunda maior abundância de cianobactérias foi no reservatório Nova Camará (74,90%), sendo este dominado por *Raphidiopsis raciborskii*. Essas espécies são comuns formadores de florações em todo o mundo (Huisman et al., 2018) e são produtoras de toxinas hepatotóxicas e neurotóxicas (Van de waal et al., 2010, Tran et al., 2014). Nas últimas décadas, a frequência de *R. raciborskii* espécie aumentou significativamente em todo o mundo, incluindo zonas subtropicais e temperadas do globo (Burford et al., 2016), onde é considerada uma espécie invasora.

Figura 4- Distribuição espacial da biomassa da comunidade fitoplancônica (a), biomassa das cianobactérias (b) e abundância relativa de cianobactérias (c) em reservatórios do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil.



A análise de regressão múltipla mostrou que a biomassa de cianobactérias esteve relacionada positivamente com o PT (fósforo total), a turbidez, o pH e a salinidade enquanto estabeleceu uma relação negativa com o volume da água.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstram a necessidade do monitoramento constante das cianobactérias em reservatórios do estado da Paraíba, uma vez que observamos que mais de 50% dos 37 reservatórios estudados continham florações com dominância de espécies que são potencialmente tóxicas. Também destacamos que os esforços no controle dessas florações devem ser voltados o fósforo total, turbidez, pH, salinidade e volume da água, uma vez que foram as variáveis que identificamos como preditoras da biomassa das cianobactérias.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, C. A.; MOURA, A. D. N. Habitat templates of phytoplankton functional groups in tropical reservoirs as a tool to understand environmental changes. *Hydrobiologia*, v.849 (5), p.1095-1113, 2022.
- AMORIM, C. A.; MOURA, A. N. Ecological impacts of freshwater algal blooms on water quality, plankton biodiversity, structure, and ecosystem functioning. *Science of the Total Environment*, v.758, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143605>. Acesso em: 16 mar. 2023.
- ANTUNES, J. T.; LEÃO, P. N.; VASCONCELOS, V. M. *Cylindrospermopsis raciborskii*: Review of the distribution, phylogeography, and ecophysiology of a global invasive species. *Front. Microbiol*, v. 6, p.473, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00473>.
- BARBOSA, J. E. D. L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. D. S.; CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. D. (2012). Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.24, p.103-118, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000030>. Acesso em: 16 mar. 2023.
- BRASIL, J.; SANTOS, J. B. O.; SOUSA, W.; MENEZES, R. F.; HUSZAR, V. L. M.; ATTAYDE, J. L. Rainfall leads to habitat homogenization and facilitates plankton dispersal in tropical semiarid lakes. *Aquatic Ecology*, v.54, n.1, p.225-241, 2020.
- BURFORD, M. A.; BEARDALLI, J.; WILLIS, A.; ORR, F. T.; MAGALHÃES, V. F.; RANGEL, L. M.; AZEVEDO, S. M. F. O. E; NEILAN, B. A. Understanding the winning strategies used by the bloom-forming cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Harmful Algae*, v.54, p.44–53, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.10.012>.
- DOLMAN, A. M.; RUCKER, J.; PICK, F. R.; FASTNER, J.; ROHRLACK, T.; MISCHKE, U.; WIEDNER, C. (2012). Cianobactérias e cianotoxinas: a influência do nitrogênio versus fósforo. *PLoS um*, v.7, n.6, e38757.
- DOS SANTOS SILVA, R. D.; DOS SANTOS SEVERIANO, J.; AGUIAR DE OLIVEIRA, D.; FERREIRA MENDES, C.; VIRGINIA BARBOSA, V.; AHII CHIA, M.; DE LUCENA BARBOSA, J. E. Spatio-temporal variation of cyanobacteria and cyanotoxins in public supply reservoirs of the semi-arid region of Brazil. *Journal of Limnology*, v.79, n.1, 2020.
- EL-SHEHAWY, R., GOROKHOVA, E., FERNANDEZ-PINAS, F., & DEL CAMPO, F. F. Global warming and hepatotoxin production by cyanobacteria: what can we learn from experiments?. *Water research*, 46(5), 1420-1429, 2012.
- GUSTAFSSON, S.; RENGFOR, K.; HANSSON, L.A. Increased consumer fitness following transfer of toxin tolerance to offspring via maternal effects. *Ecological Society of America*, v.86, p.2561-2567, 2005.
- HU, L. T., & BENTLER, P. M. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, 6(1), 1-55, 1999.
- LEI, L.; PENG, L.; HUANG, X.; HAN, B. Occurrence and dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* and dissolved cylindrospermopsin in urban reservoirs used for drinking water supply, South China. *Environ. Monit. Assess*, v.186, p.3079–3090, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3602-8>.
- LIU, L., CHEN, H., LIU, M., YANG, J. R., XIAO, P., WILKINSON, D. M., & YANG, J. Response of the eukaryotic plankton community to the cyanobacterial biomass cycle over 6 years in two subtropical reservoirs. *The ISME journal*, v.13(9), p.2196-2208, 2019.
- MOURA, A. N.; ARAGÃO-TAVARES, N. K.; AMORIM, C. A. Cyanobacterial blooms in

freshwater bodies from a semiarid region, Northeast Brazil: A review. *J Limnol*, v. 77, p. 179-188, 2018.

OLIVER, S. L.; IKEFUTI, P. V.; RIBEIRO, H. Cyanobacteria bloom variations and atmospheric variables, an environmental health contribution. *Rev Ambient. Água* [Internet]. 2020;15 (Rev. Ambient. Água, 2020 15(4)):e2523. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2523>. Acesso em: 16 mar. 2023.

PAERL, H. W.; GARDNER, W. S.; HAVENS, K. E.; JOYNER, A. R.; MCCARTHY, M. J.; NEWELL, S. E.; QIN, B.; SCOTT, J. T. Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae*, v. 54, p. 213-222, 2016.

PHAM, T. L.; DAO, T. S.; TRAN, N. D.; NIMPTSCH, J.; WIEGAND, C.; MOTOO, U. Influence of environmental factors on cyanobacterial biomass and microcystin concentration in the Dau Tieng Reservoir, a tropical eutrophic water body in Vietnam. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, v.53, p.89-100, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/limn/2016038>. Acesso em: 16 mar. 2023.

REN, Y.; PEI, H.; HU, W.; TIAN, C.; HAO, D.; WEI, J.; FENG, Y. Spatiotemporal distribution pattern of cyanobacteria community and its relationship with the environmental factors in Hongze Lake, China. *Environmental monitoring and assessment*, v.186, p.6919-6933, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3899-y>. Acesso em: 16 mar. 2023.

RIBEIRO, M. S. F. Dinâmica de cianobactérias e a detecção molecular de genes produtores de cianotoxinas na Represa Billings. Dissertação (Mestrado em Ciências). 2018. Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, Diadema. 2018.

RIGOSI A.; HANSON P.; HAMILTON D. P.; HIPSEY M.; RUSAK J. A.; BOIS, J.; SPARBER, KARIN.; CHORUS, I.; WATKINSON, A. J.; QIN, B.; KIM, B.; BROOKS, J. D. Determining the probability of cyanobacterial blooms: the application of Bayesian networks in multiple lake systems. *Ecological Applications*, v.25, p.186-199, 2015.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos avançados*, v. 22, p.7-16, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>. Acesso em: 16 mar. 2023.

Área: Qualidade da água

INFLUÊNCIA DAS CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS

Esther Maria Barros de Albuquerque¹; Maria Betânia Silva Santos²; Michael Lopes da Silva³; Waldênio Barbosa da Silva⁴; Maraci de Sousa Virgolino⁵; Patrícia Silva Cruz⁶

¹Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: esther@aesapb.gov.br

²Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: betania@aesapb.gov.br

³Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: michael.lopes@hotmail.com

⁴Alpargatas S/A, Santa Rita, E-mail: waldenio@alpargatas.com

⁵Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, João Pessoa, E-mail: maraci@hotmail.com

⁶Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, E-mail: patriciacruz_biologa@hotmail.com

E-mail do autor correspondente: esther@aesapb.gov.br

RESUMO: O presente estudo objetivou apresentar os aspectos relevantes da presença crescente de florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas em mananciais superficiais e suas implicações na qualidade da água. Para isto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as implicações das florações de cianobactérias e a presença de cianotoxinas em mananciais superficiais. Para o levantamento da literatura publicada foi utilizado o banco de dados “SciVerse Scopus” (<<https://www.scopus.com/>>). Pode-se observar que vários fatores podem regular a distribuição e a ocorrência das cianobactérias e que a proliferação de diferentes populações é favorecida pela versatilidade metabólica e pelas adaptações estruturais e enzimáticas que essas populações utilizam com a finalidade de sobreviver em condições adversas e limitantes. Fatores como a intensidade e duração da luz solar, a disponibilidade de nutrientes (especialmente fósforo), temperatura da água, pH, aumento de precipitação, o fluxo de água e estabilidade da coluna de água, contribuem para a dominância anual persistente das cianobactérias com mudanças relativamente pequenas durante o ano, em regiões tropicais. Seus produtos do metabolismo (cianotoxinas), podem afetar a saúde humana através do contato em atividades de recreação ou através da exposição à ingestão das cianotoxinas por meio da água, ou ainda, pelo consumo de organismos aquático, além de ocasionar problemas aos recursos hídricos, uma vez que podem promover alterações importantes às características organolépticas.

Palavras-chave: Algas; Toxinas; Mananciais superficiais.

INTRODUÇÃO

Dentre os problemas de maior impacto na saúde pública relacionado com a poluição dos corpos hídricos, destaca-se a ocorrência cada vez mais frequente de florações algais com predominância de cianobactérias, em particular de espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas.

O registro de florações vem aumentando em intensidade e frequência, com dominância de cianobactérias durante grande parte do ano, sobretudo em reservatórios (SOARES et al., 2012). Essa problemática encontra-se disseminada em corpos aquáticos por todo mundo, associada, principalmente, à disponibilidade de nutrientes nos mananciais (eutrofização), ao aumento da temperatura das superfícies da água como efeito das mudanças no clima mundial (O'NEIL et al., 2012).

Vários fatores podem regular a distribuição e a ocorrência das cianobactérias, dentre eles destacam -se os fatores ambientais e os bióticos, de forma que a proliferação de diferentes populações é favorecida pela versatilidade metabólica e pelas adaptações estruturais e enzimáticas que essas populações utilizam com a finalidade de sobreviver em condições adversas e limitantes (FERNADES et al., 2009).

De acordo com Soares et al., (2013), as espécies pertencentes a esse grupo diferem amplamente em aspectos morfológicos e funcionais que afetam a produção de toxinas e a interação com outros organismos.

As florações tóxicas de cianobactérias são consideradas como um dos maiores problemas em ecossistemas de água doce, pois estão associadas a alterações nos aspectos organolépticos da água, como má aparência e odor desagradável, causando também danos ecológicos, tais como alterações nas cadeias alimentares, com potenciais efeitos na ciclagem de nutrientes e na biodiversidade, além de danos à saúde humana (CRUZ, 2016). Assim, o presente estudo objetivou apresentar os aspectos relevantes da presença crescente de florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas em mananciais superficiais e suas implicações na qualidade da água.

METODOLOGIA

No presente estudo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as implicações das florações de cianobactérias e a presença de cianotoxinas em mananciais superficiais. Para o levantamento da literatura publicada foi utilizado o banco de dados “SciVerse Scopus” (<<https://www.scopus.com/>>). A base de dados utilizada, possui o maior número de periódicos

indexados, quando comparado a outras bases de dados (CROUZEILLES; LORINI; GRELLE, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cianobactérias

As cianobactérias são organismos procarióticos com algumas espécies causando prejuízos a comunidade fitoplantônica devido a metabólitos tóxicos secundários (HUISMAN et al., 2018). Estas florações, preocupam as comunidades ribeirinhas (PAERL & PAUL, 2012) e apresentam maior ocorrência e intensidade com o aumento das temperaturas (MUNKES et al., 2021), são recorrentes durante os meses de verão, onde podem afetar áreas até 200.000 km² (CAZZANINGA et al., 2023).

Em decorrência da intensa poluição dos ambientes aquáticos e intensificação da eutrofização, as cianobactérias conseguem formar florações e alcançar elevadas densidades. Além disso, podem produzir toxinas prejudiciais tanto a biota aquática como a saúde humana (MENDES et al., 2019).

Dentre os fatores que afetam a formação de floração de cianobactérias e sua persistência, pode-se destacar a intensidade e duração da luz solar, a disponibilidade de nutrientes (especialmente fósforo), temperatura da água, pH, aumento de precipitação, o fluxo de água (se a água é calma ou de correnteza rápida) e estabilidade da coluna de água. Em regiões tropicais, as cianobactérias podem mostrar dominância anual persistente com mudanças relativamente pequenas durante o ano.

A principal preocupação com o aumento da ocorrência de cianobactérias em mananciais é a sua potencial capacidade de produzir e liberar cianotoxinas para o meio líquido (MORENO et al., 2011), que afetam a microbiota, os animais e o ser humano, provocando alterações neurológicas (neurotoxinas), irritações dérmicas (dermatotoxinas) e alterações hepáticas (hepatotoxina).

Cianotoxinas

As cianobactérias e suas toxinas são uma ameaça crescente à saúde pública global (OTTEN & PAERL 2015; RASTOGI et al., 2015). A contaminação por cianotoxinas em águas naturais pode causar sérias implicações para a saúde dos seres humanos e do meio ambiente (ZASTEPA et al., 2014).

O uso de águas contendo cianotoxinas causa impactos prejudiciais à saúde de humanos e animais, uma vez que essa água tóxica pode apresentar riscos à saúde se não for tratada

(MUTOTI, 2023). De acordo com Alsalah et al. (2015), a contaminação das águas subterrâneas ocorre quando as águas superficiais contendo cianotoxinas se infiltram no solo através de espaços porosos e contaminam as águas subterrâneas. Esse fenômeno normalmente ocorre em corpos d'água superficiais que se situam próximos a cultivos agrícolas onde os nutrientes são levados para um determinado corpo d'água (SILVA et al., 2019).

As cianotoxinas podem afetar a saúde humana através do contato em atividades de recreação ou através da exposição à ingestão das cianotoxinas por meio da água, ou ainda, pelo consumo de organismos aquático, uma vez que as cianotoxinas podem se acumular em seus tecidos (CRUZ, 2016).

Cianobactérias e Cianotoxinas e a Qualidade da Água

Entre os contaminantes que representam ameaças significativas ao meio ambiente aquático, as cianobactérias constituem uma grande preocupação nos corpos hídricos, alterando o odor, a cor e o sabor da água potável devido a liberação de cianotoxinas (ZHENG et al., 2020).

Como resultado das florações de cianobactérias, os reservatórios apresentam a formação de “tapetes” na superfície da água, dificultando a entrada de luz e oxigênio na interface ar/água; alteração da viscosidade do meio; diminuição da zona eufótica; alteração do odor e do sabor da água; e situações de anóxia, gerada pela morte massiva das cianobactérias (BARBOSA, 2009).

As florações podem ocasionar alterações na qualidade de água do manancial e problemas nos sistemas de tratamento de água, como a baixa eficiência de decantação, aumento da necessidade de lavagem dos filtros o que ocasiona um aumento das perdas operacionais e a baixa produtividade da Estação de Tratamento de Água, além de favorecer a exposição das populações por elas abastecidas a sérios riscos de saúde.

De acordo com DZIALOWSKI et al., 2009 e PAERL et al., 2012, a presença de cianobactérias na água bruta pode promover alterações importantes às características organolépticas como cor, sabor e odor da água, fato decorrente da produção das substâncias como a geosmina e o 2-metil-isobomeol.

CONCLUSÕES

Pode-se observar que vários fatores podem regular a distribuição e a ocorrência das cianobactérias. Fatores como a intensidade e duração da luz solar, a disponibilidade de nutrientes (especialmente fósforo), temperatura da água, pH, aumento de precipitação, o fluxo de água e estabilidade da coluna de água, contribuem para a dominância anual persistente das cianobactérias com mudanças relativamente pequenas durante o ano, em regiões tropicais. Seus produtos do metabolismo (cianotoxinas), podem afetar a saúde humana através do contato em atividades de recreação ou através da exposição à ingestão das cianotoxinas por meio da água, ou ainda, pelo consumo de organismos aquático, além de ocasionar problemas aos recursos hídricos, uma vez que podem promover alterações importantes às características organolépticas.

REFERÊNCIAS

ALSALAH, D.; AL-JASSIM, N.; TIMRAZ, K.; HONG, P. Y. Assessing the groundwater quality at a Saudi Arabian agricultural site and the occurrence of opportunistic pathogens on irrigated food produce. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 12, n. 10, 2015.

BARBOSA, T. S. Cianobactérias tóxicas e processos de remoção. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

BURATTI, F. M.; MANGANELLI, M.; VICHI, S.; STEFANELLI, M.; SCARDALA, S.; TESTAI, E.; FUNARI, E. Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action and human health toxicological risk evaluation. *Archives of Toxicology*, v. 91, 2017.

CAZZANINGA, I.; ZIBORDI, G.; MELIN, F. *Spectral features of ocean colour radiometric products in the presence of cyanobacteria blooms in the Baltic Sea. Remote Sensing of Environment*, v. 287, 2023.

CROUZEILLES, R.; LORINI, M. L.; GRELE, C. E. V. Deslocamento na matriz para espécies da mata atlântica e a dificuldade da construção de perfis ecológicos. *Oecologia Australis*. v.14, n.4, p.872-900, 2010.

CRUZ, P. S.; VIANA, L. G.; CHAVES, T. L. D.; SILVA, D. L.; BARBOSA, J. E. L. Cianobactérias e cianotoxinas em mananciais de abastecimento: implicações no tratamento da água. Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade. Atena. Curitiba, 2016.

DZIALOWSKI, A. R. et al. Development of predictive models for geosmin-related taste and odor in Kansas, USA, drinking water reservoirs. *Water Research*, v. 43, n. 11, p. 2829–2840, 2009.

FERNANDES, V. O., CAVATI, B., OLIVEIRA, L.B., SOUZA, B.D'â. Ecologia de cianobactérias: fatores promotores e consequências das florações. *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, n. 2, 2009.

MENDES, C. F.; CAVALCANTE, H.; RODRIGUES, M. R.; SEVERIANO, J. S.; BARBOSA, J. E. L. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado da Paraíba: implicações para a qualidade de água e saúde pública. In: COSTA, G. M.; ALBUQUERQUE, H. N. (Org.). Meio ambiente: uma revisão de literatura: Instituto Medeiros de Educação Avançada, 2019, p. 43-60.

MORENO, I. M.; HERRADOR, M. A.; ATENCIO, L.; PUERTO, M.; GONZALEZ, A. G.; CAMEAN, A. M. Differentiation between microcystin contaminated and uncontaminated fish by determination of unconjugated MCs using an ELISA anti-adda test based on receiver-operating characteristic curves threshold values: Application to Tinca tinca from natural ponds. *Environmental Toxicology*. v.26, p.45-56, 2011.

MUNKES, B.; LOPTIEN, U.; DIETZE, H. Cyanobacteria blooms in the Baltic Sea: a review of models and facts. *Biogeosciences*, v. 18, 2021.

MUTOTI, M. L.; EDOKPAYI, J. N.; MUTILENI, N.; DUROWOJU, O. S. Cyanotoxins in groundwater; occurrence, potential sources, health impacts and knowledge gap for public health. *Toxicon*, v. 226, 2023.

O'NEIL, J.M., DAVIS, T.W., BURFORD, M.A., GOBLER, C.J. The rise of harmful cyanobacteria blooms: the potential roles of eutrophication and climate change *Harmful Algae*, 14 (2012), pp. 313-334.

OTTEN, T. G. & PAERL, H. W. Health Effects of Toxic Cyanobacteria in U.S. Drinking and Recreational Waters: Our Current Understanding and Proposed Direction. *Current Environmental Health Reports*, n. 2, p. 75-84, 2015.

PAERL, H. W.; PAUL, V. J. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Research*, v. 46, 2012.

SILVA, T. F. G.; VINÇON-LEITE, B.; LEMAIRE, B. J.; PETRUCCI, G.; GIANI, A.; FIGUEIREDO, C.; NASCIMENTO, N. O. Impact of Urban Stormwater Runoff on Cyanobacteria Dynamics in A Tropical Urban Lake. *Water*, v. 11, n.5, 2019.

SOARES, M.C.S., MARINHO, M.M., AZEVEDO, S.M.F.O., BRANCO, C.W.C., HUSZAR, V.L.M. Eutrophication and retention time affecting spatial heterogeneity in a tropical reservoir. *Limnologia*, v. 42, n. 3, pp. 197-203, 2012.

SOARES, M.C.S.; HUSZAR, V.L.M.; MIRANDA, M.N.; MELLO, M.M.; ROLAND, F.; LÜRLING, M. Cyanobacterial dominance in Brazil: distribution and environmental preference. *Hydrobiologia*, v. 717, p. 1–12, 2013.

ZASTEPA, A. Fate and persistence of microcystin congeners in lakes and lake sediments. 2014.

ZHENG, T.; ZHOU, M.; YANG, L.; WANG, Y.; WANG, Y.; MENG, Y.; LIU, J.; ZUO, Z. Effects of high light and temperature on *Microcystis aeruginosa* cell growth and β -cyclocitral emission. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 192, 2020.

Área: Águas Subterrâneas e Hidrogeologia

MAPEAMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE BOM SUCESSO PB COM USO DE GEOESTATÍSTICA

Francielio da Paixão Freitas¹; Jorismar de Oliveira Sena¹; Hugo Morais de Alcântara¹, Richarde Marques da Silva¹; Luis César de Aquino Lemos Filho²

¹Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Profágua), Universidade Federal de Campina Grande(UFCG), Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) Rua Luiz Grande, s/nº - Frei Damião, Sumé-PB, CEP 58.540-000, Brasil.

²Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais, UFERSA campus Mossoró-RN, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP: 59.625-900 - Mossoró, RN, Brasil
E-mail do autor correspondente: francielio.pf@gmail.com

RESUMO: O mapeamento da disponibilidade hídrica subterrânea no município de Bom Sucesso, PB com o uso de geoestatística envolve a aplicação de técnicas estatísticas espaciais para modelar a distribuição da disponibilidade hídrica em um espaço geográfico. Em função disso, este trabalho teve como objetivo mapear a qualidade da água subterrânea do município localizado no sertão do estado da Paraíba, através da coleta de dados pontuais em campo e a geração de modelos geostatísticos para inferência de informações em toda área territorial do município. Observou-se ainda que as características geológicas, vegetação e precipitações influenciaram diretamente nos parâmetros físico-químicos da água e que apesar da baixa expressividade dos modelos, as ferramentas mostraram-se essencial no planejamento estratégico dos recursos hídricos subterrâneos.

Palavras-chave: Água subterrânea, Parâmetros físico-químicos, Dependência espacial, Krigagem.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior disponibilidade de água. No entanto, grande parte dela está concentrada em regiões onde há menor densidade populacional. Nesse cenário, a água subterrânea surge como uma alternativa viável para amenizar os problemas de abastecimento.

As águas subterrâneas fazem parte do ciclo hidrológico, ocorrendo nos poros e interstícios de formações geológicas de natureza sedimentar. Nos grandes centros a água disponível torna-se poluída pela grande exploração, as regiões de clima semiárido possuem nascentes que nem sempre oferecem acesso à água (BRASIL, 2012).

A região semiárida brasileira é caracterizada por baixa pluviosidade e períodos prolongados de estiagem. A maior parte da água disponível é armazenada em nascentes superficiais que, devido à grande demanda, acabam não atendendo às condições ideais para o abastecimento humano (BRASIL, 2012). É um recurso finito, limitado, dotado de grande valor econômico (TSUITIYA, 2006).

A salinidade é uma das principais propriedades que podem limitar e até mesmo inviabilizar seu uso. Parte das águas subterrâneas tem um movimento ascendente por capilaridade, atravessando a zona vadosa. Em áreas áridas, onde a evaporação é intensa e supera a precipitação, pode ocorrer uma inversão sazonal da infiltração. Este processo é responsável pela mineralização dos horizontes superficiais do solo (KARMANN, 2007).

Para o uso racional das águas subterrâneas, é necessário realizar uma análise para determinar os parâmetros mínimos aceitáveis para consumo humano, animal e irrigação. Como o acesso às águas subterrâneas é complexo, as análises são feitas individualmente para cada poço perfurado (SOUZA 2007). Este trabalho teve como objetivo mapear seus parâmetros físico-químicos de amostras coletadas em campo utilizando ferramentas geoestatísticas.

METODOLOGIA

A metodologia descrita envolve a análise de dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Bom Sucesso e pela Tratáguas Consultoria S/S LTDA. Os dados foram submetidos a um estudo de normalidade para verificar a representatividade das amostras e a suficiência do espaço amostral. Em seguida, foi realizada uma redistribuição geoespacial com base nas coordenadas geográficas, seguida pela análise do semivariograma, um modelo estatístico que ajudou a decidir qual modelo se encaixava melhor nas variáveis. A equação de krigagem foi aplicada utilizando o software Surfer, gerando mapas.

É importante destacar que a dependência espacial dos dados deve ser considerada na modelagem. Isso pode ser verificado na análise do semivariograma, que é uma técnica para verificar se os dados apresentam dependência espacial. De acordo com a hipótese básica da geoestatística, os dados vizinhos são mais semelhantes do que os dados distantes. Isso significa que os dados apresentam autocorrelação espacial e que a informação espacial pode ser usada para fazer inferências sobre as propriedades da população em estudo.

Para verificar se os dados seguem a distribuição normal, foi utilizado o teste Shapiro-Wilk por meio do software R 3.5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006). Fontelles (2012) cita que o teste de Shapiro-Wilk é utilizado para verificar se os dados seguem a distribuição normal, sendo o mais indicado quando o tamanho da amostra é menor que 50, na qual o uma

vez atribuído a hipótese de normalidade dos dados a mesma será nula se o valor-p (nível descritivo ou probabilidade de significância) for menor que 0,05.

Outra consideração fundamental é que os dados possuam dependência espacial, sendo que a mesma pode ser verificada na modelagem do semivariograma. Para Grego, Oliveira e Vieira (2014), a hipótese básica sob a qual a geoestatística se baseia é que dados vizinhos são mais parecidos que dados distantes. O semivariograma é um “medidor” do grau de semelhança entre vizinhos. Ele pode ser estimado pela Equação 01:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (01)$$

O teste Shapiro-Wilk é uma técnica estatística que verifica se uma amostra de dados segue uma distribuição normal ou não. Ele avalia se os dados são simétricos em torno da média e se a dispersão é a mesma em ambos os lados da média. É uma técnica útil para garantir que os dados estejam em conformidade com as premissas estatísticas necessárias para análise adicional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na geração dos modelos estatísticos, verificou-se a dependência espacial das variáveis através do semivariograma conforme modelo escolhido. Os resultados da análise, nela pode-se perceber que os cloretos, o sódio estequiométrico e os sólidos totais dissolvidos tiveram coeficiente de determinação nulo e fraca dependência espacial. Isso denota que o modelo não explica essas variáveis, neste caso utilizou-se o inverso do quadrado da distância como interpolador geoestatístico.

Enquanto que a dureza total, o modelo se mostrou eficiente, uma vez que atingiu alcance considerável, relevante grau de dependência espacial e 37% da variável consegue ser explicada pelo modelo. Por fim, o pH também se mostrou representado pelo modelo, com uma boa dependência espacial, bom alcance, considerando que a distância máxima entre os pontos de coleta foi de 11,3km.

A análise do parâmetro vazão contou com o semivariograma esférico onde os valores foram krigados para todo território do município, pode-se observar que a tendência de maior vazão ocorre na região sudoeste do município, chegando a valores máximos esperados de 1700 L.h-1, abrangendo as comunidades de Baixas, Serrinha, Santo Antônio estendendo-se até a divisa com a cidade de Santa Cruz-PB. Karmann (2007) também descreve que a topografia do

terreno é um fator determinante na recarga de aquíferos, em terrenos mais acidentados o escoamento se dá rapidamente dificultando a infiltração da água, já em terrenos planos ocorre o inverso.

Ao norte do município, onde a topografia é mais acidentada a vazão tendeu a valores máximos, contudo esse fato não invalida o modelo, uma vez que nas elevações ocorrem formações rochosas propícias a fraturas que facilitam a recarga de água. Também vale salientar que devido à complexidade da formação geológica, uma fenda no cristalino pode se estender a grandes distâncias do ponto onde o poço está instalado.

CONCLUSÕES

A análise exploratória revelou que a maioria das variáveis estudadas não se comportou como uma distribuição normal, que pode ter contribuído para que o baixo desempenho dos semivariogramas modelados. Dentre eles, o modelo da dureza total foi o mais eficiente, com o melhor alcance e maior coeficiente de determinação. Além disso, sua representatividade foi afetada pela má distribuição espacial das amostras, considerando as dimensões municipais.

De acordo com os modelos gerados é possível definir áreas de usos distintos conforme os limites estabelecidos pela legislação vigente para os parâmetros físico-químicos e observar a tendência de vazão seguindo a altitude do solo, garantido um diagnóstico da água subterrânea que poderá ser utilizado na exploração desse recurso. Constatou-se que a maior parte das variáveis sofreu descontinuidade considerável na mudança de formação geológica do município.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi desenvolvida com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradecemos ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de águas. ANA. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Org.). A questão da água no Nordeste. Brasília, 2012. 436 p. Disponível em: <http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=5911>. Acesso em: 19 jan. 2019.

FONTELLES, M. J. Bioestatística Aplicada à Pesquisa Experimental. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2012. 408 p. v. 2.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. Agricultura de Precisão: Resultados de um novo olhar. Brasília: Cubo, 2014. cap. 5, p. 74-83. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113646/1/4221.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

KARMANN, I. Ciclo da água: Água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. 2. ed. [S.l.]: Nacional, 2007. cap. 7, p. 114-138.

QGIS: Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto. Version 2.18. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html>. Acesso em: 09 dez. 2018.

R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

SILVA, F. J. A. da; ARAÚJO, A. L. de; SOUZA, R. O. de. Águas subterrâneas no Ceará: Poços instalados e salinidade. Revista Tecnologia, Fortaleza/CE, v. 2, n. 28, p.136-159, 5 dez. 2007. Disponível em: <<http://periodicos.unifor.br/tec/article/view/52/4461>>. Acesso em: 09 dez. 2018.

SURFER. Version 13. [S.l.]: Golden Software, 2018. Disponível em: <<https://www.goldensoftware.com/products/surfer>>. Acesso em: 09 dez. 2018.

TSUITIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

Área: Águas Subterrâneas e Hidrogeologia

METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA MITIGAÇÃO DO PROBLEMA DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES SECOS EM TERRENOS CRISTALINOS

Barthira Almeida Nunes¹; Joilderson de Paula Calixto²; Sonally Luci Tavares Amado Guedes³; Demétrio Araújo da Silva⁴

¹1º Grupamento De Engenharia, Exército Brasileiro, João Pessoa-PB, barthira.eb@gmail.com

²1º Grupamento De Engenharia, Exército Brasileiro, João Pessoa-PB, 3sgtcalixto@gmail.com

³1º Grupamento De Engenharia, Exército Brasileiro, João Pessoa-PB, sonallyguedes.eb@gmail.com

⁴1º Grupamento De Engenharia, Exército Brasileiro, João Pessoa-PB, demetriomestrado@gmail.com

E-mail do autor correspondente: 3sgtcalixto@gmail.com

RESUMO: O Sertão Nordeste sofre ao longo dos anos com a escassez de recursos hídricos superficiais, sendo as águas subterrâneas uma alternativa para diminuir os danos causados pela severa estiagem. Devido a alta taxa de insucesso de perfuração de poços tubulares secos, predominantemente em terrenos cristalinos, cresce a procura por métodos que auxiliem na mitigação deste problema. O método geofísico da eletrorresistividade é uma alternativa bastante eficiente nas locações de poços de aquíferos cristalinos. Neste contexto, este trabalho visa apresentar de forma prática uma metodologia implementada nas operações de perfuração de poços do Exército Brasileiro que foi capaz de aumentar de 45% para 90% o índice de acerto dos poços com água. Apresentamos um exemplo de estudo de caso realizado no município de São Vicente-RN, no qual foi executado em cinco etapas: reconhecimento de área, estudo de escritório, levantamento de dados geofísicos, processamento e análise de dados, obtendo como resultado final a indicação de um ponto para perfuração do poço, com maior probabilidade de sucesso. A metodologia empregada foi capaz de mitigar um problema nas operações, reduzindo o índice de perfurações de poços secos, otimizando o emprego de recursos e reduzindo a seca que afeta comunidades do semiárido Nordeste.

Palavras-chave: Aquífero cristalino; Água subterrânea; Eletrorresistividade.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Norte, assim como outras unidades federativas da região Nordeste, apresenta algumas especificidades climáticas que influenciam diretamente na dinâmica dos recursos hídricos. Uma dessas peculiaridades diz respeito às variações da precipitação pluviométrica ao longo das diferentes regiões do estado. Geologicamente, cerca de 30.658 km² do estado é formado por rochas cristalinas pré-cambrianas. Neste ambiente, a água é limitada tanto em quantidade como em qualidade, pois se armazena nas fendas e fraturas das rochas em subsuperfície, formando o aquífero fissural, o qual é importante reservatório de água para o suprimento da população local e para o uso na pecuária (COSTA *et al.*, 2006).

Visando suprir a necessidade hídrica da população no semiárido, a captação de água através da perfuração de poços tubulares torna-se uma solução, mas também um desafio, tendo em vista a dificuldade de se mapear em subsuperfície fraturas preenchidas por água. A pesquisa geofísica voltada para locação de poços tubulares vem sendo uma alternativa para esta problemática. Uma vez que a técnica de eletrorresistividade associada aos conhecimentos hidrogeológicos locais, pode-se aumentar as chances de perfurações de poços produtivos.

O método da eletrorresistividade consiste em injetar uma corrente elétrica em um par de eletrodos e, ao mesmo tempo, medir a diferença de potencial elétrico em outro par. O potencial elétrico resultante desta medição é repetida para eletrodos em diferentes configurações e arranjos. Os dados coletados são invertidos através de um modelo matemático que os ajusta e dá significado físico, sendo expressos por meio de uma seção geoeletrica (LOKE & BAKER, 1995; DAHLIN & ZHOU, 2004).

Este trabalho apresenta um exemplo de estudo de caso realizado na comunidade Quinquê, município de São Vicente-RN. A área está inserida na formação geológica Seridó e no domínio hidrogeológico intersticial e fissural. Apresenta como constituintes litológicos predominantes o mármore, biotita-quartzo xisto, xisto aluminoso, clorita xisto e filito.

Neste contexto, o estudo apresenta de forma prática, uma metodologia alternativa para diminuir o índice de perfuração de poços secos. Na área de São Vicente-RN, realizou-se um estudo geofísico de eletrorresistividade.

METODOLOGIA

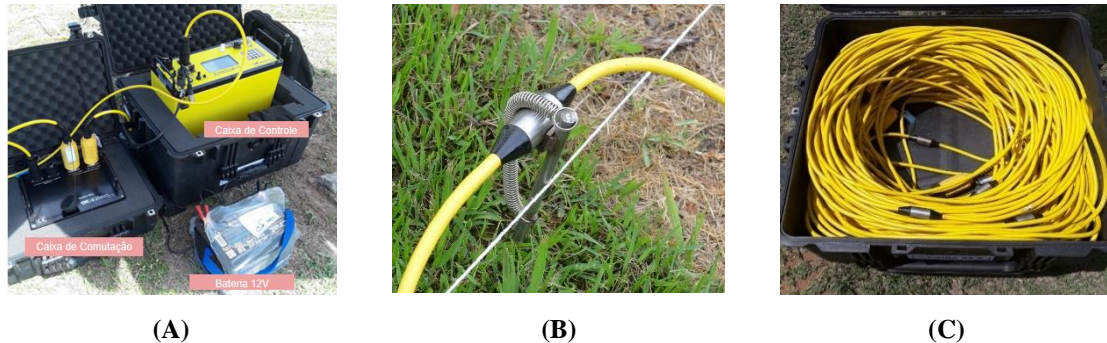
A metodologia empregada neste trabalho, para identificação e caracterização de reservatórios de água subterrânea, em terreno cristalino (aquífero fissural), consiste em cinco etapas: reconhecimento de área, estudo de escritório, levantamento de dados geofísicos, processamento e análise de dados e a indicação de um ponto para perfuração do poço.

Na primeira etapa foi realizado o reconhecimento da área, o levantamento de algumas informações como: a necessidade hídrica da população, o número de pessoas a ser atendida, permissões e autorizações para acesso em terrenos particulares e viabilidade técnica para o estudo.

Posteriormente foi feito o estudo de escritório, definindo a logística para a realização da etapa de campo, fotointerpretação de imagens de satélite, análise da geologia predominante, compilação de dados de poços perfurados próximos a área de operação através do SIAGAS/CPRM; e testes nos equipamentos utilizados em campo. Nesta fase, foram utilizados os softwares Google Earth Pro e QGIS (versão 3.16.10).

A terceira etapa consistiu no levantamento geofísico de uma Seção Geométrica Multi-eletrodos 2D georreferenciada por meio do equipamento SuperSting™ R8 da AGIUSA (Figura 1). Foi utilizado o método da eletrorresistividade, por intermédio de um caminhamento elétrico, com arranjo dipolo-dipolo combinado ao gradiente, 84 eletrodos equidistantes, com o intuito de mapear a distribuição do modelo de resistividade dos materiais em subsuperfície.

Figura 1. Equipamento utilizado: resistímetro SuperSting™ R8 da AGIUSA. (A) Central de comando (B) Conexão do eletrodo ao terreno (C) Cabos passivos.



Fonte: Acervo pessoal.

A linha geofísica realizada no município de São Vicente-RN, teve extensão máxima de 332 metros.

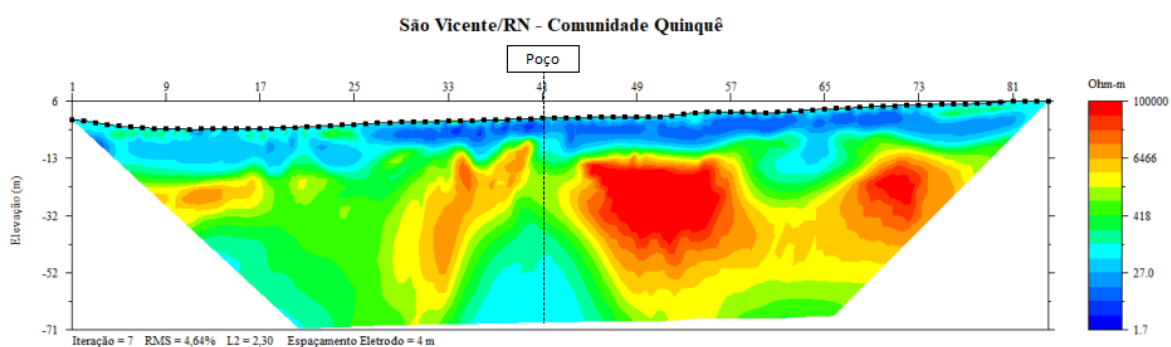
Após a aquisição dos dados foi feito o processamento, integração geofísica/geológica e interpretação dos dados através do software EarthImager 2D, do próprio equipamento.

Por fim, a última etapa visou-se realizar a indicação da coordenada do ponto para perfuração do poço, com base nos resultados interpretados nas etapas anteriores e com o uso do GPS RTK FOIF A90.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o resultado encontrado da linha executada no município de São Vicente-RN. Os dados apresentaram um excelente valor do RMS (Root Mean Square) = 4,64%, sendo um fator de confiança para a estimativa do modelo geológico interpretado. Observou-se um padrão de distribuição de resistividade heterogêneo, com destaque para o local onde foi indicado a perfuração do poço. Este modelo representa uma zona fraturada, caracterizado por uma região de alta resistividade lateralmente ao poço, com um material de menor resistividade no meio, sendo identificado neste exemplo uma zona com baixa resistividade em profundidade (representado pela cor azul), iniciando por volta da elevação 40 metros. A região de baixa resistividade superficial (em média até 13 metros) representa o manto de intemperismo do solo. Este exemplo mostra um cenário ideal para o acúmulo de água subterrânea em aquíferos cristalinos (fissurais), pois apresenta baixa resistividade em profundidade (o histórico de operações anteriores mostra que os poços com esta configuração apresentaram boas vazões e o padrão de resistividade para água foi de até 100 Ohm.m), está localizado próximo a uma drenagem, que servirá para a recarga do poço e está em uma zona fraturada.

Figura 2. Resultado da Seção geoeletrica 2D no município de São Vicente-RN.



Fonte: Acervo pessoal.

A perfuração do poço foi realizada e comprovada que a região de baixa resistividade em profundidade era um reservatório de água subterrânea, com vazão de 5.000 l/h. No tocante a qualidade da água apresenta-se fora dos padrões estabelecidos na Portaria GM/MS N°888, de 4 de maio de 2021, para consumo humano em virtude dos parâmetros Sólidos Totais Dissolvidos, sódio e coliformes (BRASIL, 2021).

CONCLUSÕES

Na região de estudo do perfil geoeletrico 2D definiu-se bem as anomalias. O método se mostra viável para identificar aquíferos cristalinos pelo fato destes gerarem alto contraste da propriedade de resistividade elétrica.

Ressalta-se que os dados geofísicos sem associação geológica pode inferir na dualidade das inúmeras possibilidades, sendo um fator arriscado para tomar decisões baseando-se apenas nesse critério de informações. Fica evidenciado a necessidade de se realizar o reconhecimento de área para verificar a existência de poços já perfurados próximo à região de estudo; o estudo de escritório para compreender a hidrogeologia da área, o tipo de aquífero existente na região, sedimentar, cárstico ou cristalino; e identificar se a região é favorável ou não à perfuração.

O resultado da perfuração mostra a eficiência do método de eletrorresistividade aplicado a terrenos cristalinos. Por fim, o uso da técnica de eletrorresistividade associada a informações baseadas em critérios hidrogeológicos, prévio à perfuração, mostrou-se eficiente na detecção de zonas de interesse para captação de águas subterrâneas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS N°888 de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 maio de 2021. Seção 1. p. 127.

COSTA, A. *et al.* Aspectos da Salinização das Águas do Aquífero Cristalino no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Revista Águas Subterrâneas, v. 20, n. 1, jul. 2006. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/9714/6705>. Acesso em: 6 mar. 2023.

DAHLIN, T. e Zhou, B. (2004) A numerical comparison of 2d resistivity imaging with 10 electrode arrays, *Geophysical Prospecting*, 52:379–398.

LOKE, M. H. e Baker, R. D. (1995) Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections, *Geophysics*, 60(6):1682–1690.

Área: Segurança e Rompimento de Barragens

MONITORAMENTO E ANÁLISE DAS ANOMALIAS PRESENTES NA BARRAGEM DE LUCRÉCIA, NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Eduardo B. Bontempo Filho¹; Fernanda Morais Lima²; Anderson Barbosa³

¹Setor de Segurança de Barragens, Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte, Natal-RN, edubomtempo@gmail.com

²Setor de Segurança de Barragens, Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte, Natal-RN, fernandalima0106@gmail.com

³Setor de Segurança de Barragens, Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte, Natal-RN, andersonbarbosa88@hotmail.com

E-mail do autor correspondente: edubomtempo@gmail.com

RESUMO: Este trabalho tem como finalidade apresentar as principais anomalias detectadas na Barragem de Lucrécia, construída e vistoriada no Estado do Rio Grande do Norte, além de propor melhorias nas condições adversas encontradas. Essas anomalias apresentadas são resultados das fiscalizações realizadas por técnicos do Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN) para classificação da barragem quanto à sua segurança como obra de contenção de volume de água e eventual aspectos que estejam em desacordo com as normas de segurança de barragens. Essa barragem tem sofrido com as ações do tempo e apresentou indicativos de instabilidade nos dois barramentos, após visita dos consultores do Painel de Segurança de Barragens contratados pelo Governo do Estado do Rio Grande do Norte, em meados de 2019. A vistoria realizada pelo Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN) consistiu na avaliação da crista, dos taludes de jusante e montante, da tomada d'água, do vertedouro e da área a jusante da barragem, quanto a possíveis erosões, afundamentos, falhas, fissuras e manutenção do maciço da barragem como um todo. Além disso, o IGARN vem monitorando a situação da barragem e fez a instalação de 11 piezômetros (sendo 5 na barragem principal e 6 na barragem auxiliar), equipamentos capazes de medir e avaliar a infiltração da água nos dois barramentos.

Palavras-chave: Avaliação; Classificação; Fiscalização; Monitoramento; Segurança.

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, as barragens vêm desenvolvendo um papel social importante no sentido de promover a garantia de abastecimento de água e segurança de várias populações seja no cenário nacional ou mundial. No entanto, para o mínimo entendimento dos assuntos relacionados a estas barreiras artificiais que necessitam cada vez mais de métodos eficazes de segurança, é importante primeiramente entender o que vem a ser uma barragem (SAMPAIO, 2014).

Barragens são elementos estruturais, construídos transversalmente à direção de escoamento de rios, e são destinadas à criação de um reservatório artificial para acumulação de água (CHIOSSI, 2013).

Sendo a água essencial para a grande maioria das atividades humanas, as barragens desempenham importante papel no desenvolvimento socioeconômico de uma região, especialmente daquelas que apresentam disponibilidade hídrica restrita, como é o caso do semiárido do Nordeste.

Com a criação da Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, sendo considerada uma legislação recente que ainda se encontra em fase de implantação, tendo sido motivada apenas após a ocorrência de grandes acidentes no país, perdurando sua promulgação por quase sete anos. Contudo, apesar da Lei Federal completar dez anos em 2020, os marcos regulatórios estaduais são ainda mais recentes, inclusive, havendo diretrizes do ano de 2020, enquanto alguns estados ainda nem regulamentam todos os instrumentos da PNSB (ANDREETTA, 2020).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral, analisar os principais tópicos relacionados ao Plano de Segurança de Barragem, de acordo com a Portaria do IGARN, nº 10, de 16 de novembro de 2017. Além disso, os objetivos específicos foram: Avaliar qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou deformação que possa afetar a segurança da barragem; Classificar a Categoria de Risco da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente, levando-se em conta as características técnicas, estado de conservação e Plano de Segurança da Barragem; Classificar o Dano Potencial Associado (DPA): dano que pode ocorrer devido a rompimento ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a serem graduados de acordo com as perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais.

METODOLOGIA

A barragem foi classificada conforme o quadro disposto na Figura 1, segundo a Categoria de Risco e o Dano Potencial Associado (DPA). É importante ressaltar que, a classificação da barragem poderá ser atualizada em decorrência da alteração de suas características ou da ocupação do vale a jusante que requeiram a revisão da Categoria de Risco ou do DPA da barragem.

QUADRO PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E REJEITOS		
NOME DA BARRAGEM		
NOME DO EMPREENDEDOR		
DATA		
1.1 - CATEGORIA DE RISCO:		
Categoria de risco		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	
2	Estado de Conservação (EC)	
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		
	CATEGORIA DE RISCO	CRI
Faixas de Classificação	Alto	>60 ou EC=10
	Médio	35 a 60
	Baixo	≤35
(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.		
1.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO:		
	DANO (DPA) DANO POTENCIAL ASSOCIADO	PONTOS
Faixas de Classificação	Alto	> 13
	Médio	7 < DPA < 13
	Baixo	<7
RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:		
CATEGORIA DE RISCO: Alto / Médio / Baixo		
DANO POTENCIAL ASSOCIADO: Alto / Médio / Baixo		

Figura 1 – Esquema proposto para avaliação do potencial de risco. Fonte: IGARN (2022).

Portanto, é uma metodologia que apresenta uma Matriz de Classificação, que relaciona a classificação quanto à Categoria de Risco e quanto ao Dano Potencial Associado, com o objetivo de estabelecer a necessidade de elaboração do Plano de Ação de Emergência - PAE, a periodicidade das Inspeções de Segurança Regular – ISR, as situações em que deve ser realizada obrigatoriamente Inspeção de Segurança Especial - ISE, e a periodicidade da Revisão Periódica de Segurança de Barragem – RPSB.

Caracterização da área de estudo

Construída em 1934, a barragem de Lucrécia tem sofrido com as ações do tempo e apresentou indicativos de instabilidade nos dois barramentos, após visita dos consultores do Painel de Segurança de Barragens contratados pelo Governo do Estado do Rio Grande do Norte, em maio de 2019. A barragem localiza-se no extremo oeste do estado do Rio Grande do Norte, 500 metros ao sul do centro do município de Lucrécia, e possui capacidade máxima de 24.754.573,60 m³ e com uma área de 544,21 ha, está na mesorregião Central Potiguar e pertence à Bacia Hidrográfica do Apodi/Mossoró. O Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN) vem monitorando a situação da barragem através de 21 piezômetros (sendo 10 na barragem principal e 11 na barragem auxiliar), equipamentos capazes de medir e avaliar a infiltração da água nos dois barramentos. O volume de água armazenado, as precipitações pluviométricas e comportamento da estrutura dos maciços vêm sendo monitorado também.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a pesquisa, os autores se dirigiram ao município de Lucrécia/RN com o objetivo de fazer as vistorias de segurança na barragem. Essas vistorias têm por finalidade atender as recomendações feitas ao Projeto Governo Cidadão, conforme reunião virtual realizada no dia 10/03/2021 com a presença do Painel de Segurança de Barragens, Banco Mundial, SEMARH e IGARN. O Painel de Segurança de Barragem recomendou que fossem feitas inspeções semanais e obtenção de informações atualizadas da Barragem de Lucrécia com leituras diárias dos piezômetros. Estas recomendações foram incorporadas ao plano de segurança e monitoramento estabelecidos pelo IGARN.

O monitoramento da barragem é feito com relação à sua segurança, obra de contenção de volume de água e também relacionado aos eventuais aspectos que estejam em desacordo com as normas de segurança de barragem. A vistoria consiste na avaliação da crista, dos taludes de jusante e montante, da tomada d'água, do vertedouro, da área a jusante da barragem e monitoramento dos piezômetros. Também são vistoriadas possíveis anomalias encontradas tais como: erosões, afundamentos, falhas, fissuras e a manutenção do maciço da barragem como um todo.

Com base no artigo 7º da lei no 12.334, de 20 de setembro de 2010, o IGARN classificou a barragem, na categoria de dano potencial associado ALTO, e categoria de risco ALTO, conforme critérios adotados pela resolução nº 143, de 10 de julho de 2012, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. De acordo com a matriz de categoria de risco e dano potencial associado, constante no anexo I da portaria IGARN nº 10, a barragem se classifica na CLASSE A.

Com relação ao monitoramento dos piezômetros, este é realizado pela leitura dos níveis de água com o uso de um sensor elétrico. As vistorias e os dados levantados revelam que:

- De acordo com os gráficos comparativos dos níveis de água, no período do levantamento, verificou-se que não teve mais elevação significativa do nível;
- Não foi registrado mais chuvas na região, com isso os piezômetros da barragem tiveram rebaixamento;
- Foi constatado que na tomada d'água não está saindo água, acredita-se que esta esteja entupida a montante;
- Verificou-se próximo ao pé de jusante da barragem auxiliar, aonde foram instalados os poços de alívio, a presença de a presença de carreamento de material / surgência;
- Verificou-se também que foi feita uma limpeza superficial nos taludes de montante e

jusante das barragens, tanto na auxiliar quanto na principal;

- Foi observada a abertura do vertedouro, garantindo a segurança da obra.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir com esta análise que a pesquisa indicou as principais anomalias identificadas na barragem através das vistorias que foram realizadas.

A vistoria e os dados levantados sugerem algumas conclusões / recomendações para garantir a segurança da Barragem de Lucrécia:

- Além da manutenção do monitoramento piezométrico, com leituras semanais, é importante que seja realizado o monitoramento topográfico também;
- Inclusão de mais um piezômetro nas proximidades da estaca 9, ponto de surgência de água no pé da jusante;
- Realocação do piezômetro 5 da barragem principal (Figura 5), para evitar danos durante as obras de recuperação da barragem à jusante;
- Acompanhamento das ações do Plano de Ação de Emergência (PAE);
- Criação de uma memória do processo de implantação das obras da barragem.

REFERÊNCIAS

ANDREETTA, A. B. 2020. Avaliação comparativa dos marcos regulatórios estaduais de segurança de barragens de usos múltiplos do Brasil. Dissertação (Mestrado em Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

CAMPOS, T. F. C., PETTA, R. A., PASTURA, V. F., SICHEL, S. E., MOTOKI, A., MALANCA, A. 2013. O gás radônio doméstico e a radioatividade natural em terrenos metamórficos: o caso do município de Lucrécia (Rio Grande do Norte, Brasil). *Geologia*, v.26, n.02.

CHIOSSI, N. 2013. *Geologia de Engenharia*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 424p.

SAMPAIO, M. V. N. 2014. Segurança de barragens de terra: um relato da experiência do Piauí. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará.

SEARH – Secretaria de Administração e dos Recursos Humanos. Situação Volumétrica de Reservatórios do RN. Disponível em: <<http://sistemas.searh.rn.gov.br/monitoramentovolumetrico>>. Acesso em: 20 de set 2021.

Área: Sociedade e os Recursos Hídricos

O PROGRAMA RN + ÁGUA E O TRABALHO DE MOBILIZAÇÃO SOCIAL NAS COMUNIDADES RURAIS E URBANAS DO RIO GRANDE DO NORTE

Renan Mateus de Oliveira¹; Anderson Flávio Silva de Queiroz²; Kaio Geovanne de Medeiros
Dantas³; Ruan Otávio Teixeira⁴, Any Caroline Silva⁵

¹Departamento de Ciências Sociais, UFRN, Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP:59075-000

E-mail:coocs@cchla.ufrn.br

²SEMARH, COGERH, Endereço: Rua Dona Maria Câmara, 1884 - Capim Macio, Natal/RN - CEP: 59082-430

E-mail: semarh.rn.gabinete@gmail.com

E-mail do autor correspondente: renan_936@hotmail.com

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma análise sobre uma das políticas públicas de combate à seca, consideradas uma das mais exitosas e abrangentes do estado do Rio Grande do Norte, o chamado RN + Água, criado pela primeira gestão da Governadora Fátima Bezerra, sendo desenvolvido por equipe multidisciplinar da SEMARH, visando combater a escassez de água presente nos municípios potiguares, bem como levar segurança hídrica a todas as regiões e municípios do estado. O programa consiste na perfuração de poços tubulares em especial nas áreas de vulnerabilidade social e hídrica de todas as regiões do estado, fomentando a cooperação técnica entre os entes federativos do estado e sociedade civil, com ênfase no combate às desigualdades sociais, na promoção da diversidade humana e na potencialização da capacidade produtiva do povo potiguar, especialmente na área rural, beneficiando diretamente a agricultura familiar. O projeto teve longo alcance atingindo as regiões Oeste, Mato Grande, Vale do Açu, Agreste, Seridó, Trairi e Região Metropolitana de Natal.

Palavras-chave: Políticas públicas; Recursos hídricos; Governo; Poços.

INTRODUÇÃO

O PROGRAMA RN + ÁGUA foi criado no primeiro biênio da gestão do Governo Fátima Bezerra, por meio da PORTARIA-SEI Nº 21, DE 07 DE OUTUBRO DE 2020, que regulamenta o seu funcionamento, sendo gerido pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH, órgão competente, de acordo com o estabelecido no Art. 22, Secção XII, do Decreto 25.366/2015, atendendo o que preconiza o Cap. 3, Art. 26º, inciso I, da Constituição Federal de 1988.

O programa funciona por meio de parceria com entes do poder público (municipal, estadual e federal), priorizando a participação social com o objetivo de superar a restrição do acesso à água para todos os seus usos. As ações acontecem por meio de acordos de cooperação técnica com recursos oriundos do tesouro estadual, de convênios e de emendas parlamentares voltadas para o Rio Grande do Norte.

Nesse sentido este trabalho tem como objetivo principal analisar a eficácia da política pública e sua abrangência a partir dos dados coletados com o trabalho de campo.

METODOLOGIA

O trabalho do RN+ água é essencialmente um trabalho de campo, sendo dividido por etapas, sendo que cada uma delas é desenvolvida pelas partes que compõem a equipe multidisciplinar, formada por profissionais das mais diversas áreas, tais como geólogos, sociólogos, pedagogos e a equipe de perfuração. Na primeira etapa, são realizadas visitas de campo a fim de fazer os estudos preliminares de perfuração. Na segunda etapa, a equipe de mobilização social se dirige ao local onde foi marcado poço, a fim de se fazer as entrevistas com a comunidade e explicar o funcionamento do programa, bem como todos os seus pré-requisitos. Na terceira etapa ocorre o processo de instalação, seguida do teste de vasão dos poços.

Nesse contexto, foi realizada uma análise acerca das regiões atendidas, com ênfase na quantidade de poços locados e aqueles que efetivamente foram perfurados e instalados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa RN + água percorreu mais de 100 (cem) cidades em todas as regiões do estado do Rio Grande do Norte, perfurando e instalando poços nas mais remotas localidades, atendendo diversas demandas sociais das mais diferentes manifestações da sociedade civil e dos entes federativos do estado. Foram mais de mil locações, com mais de 500 (quinhentos) poços perfurados até o momento, beneficiando todas as regiões do estado, passando pelas diversas representações do mundo campestre.

CONCLUSÕES

O programa possui êxito no seu propósito, todavia, carece de alguns ajustes na sua execução e na deliberação dos serviços. Precisa-se de um fomento maior ao associativismo, cooperativismo e economia solidária, além de priorizar a cooperação técnica entre as secretarias de estado e os demais entes da sociedade civil.

REFERÊNCIAS

SOUZA, Lincoln Moraes de. **Políticas públicas**: introdução às atividades e análise. Natal: EDUFRN, 2009. 104 p. ISBN: 9788572736565.

MÉLO, Célia Regina Silva Stocco de. **Políticas públicas e associativismo no RN**: experiências populares. Natal, RN: 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais.

RIO GRANDE DO NORTE. Portaria-SEI nº 21, de 07 de outubro de 2020. Define os critérios para o fornecimento de serviços de perfuração e instalação de poços em regime de cooperação com pessoas jurídicas de direito público e associações comunitárias. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2020.

Área: Sociedade e os Recursos Hídricos

POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL COM A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Enólla Kay Cirilo Dantas¹; Luciana Gomes Monteiro²; Salomão de Sousa Medeiros³

¹ Aluna do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA/UFCG, Rua Luiz Grande, s/nº - Frei Damião - CEP 58.540-000-Sumé-PB, Brasil, (83) 3353-1850, e-mail: enolla.kay@estudante.ufcg.edu.br

² Aluna do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA/UFCG, Rua Luiz Grande, s/nº - Frei Damião - CEP 58.540-000-Sumé-PB, Brasil, (83) 3353-1850, e-mail: luciana.gomes@estudante.ufcg.edu.br

³ Docente do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA/UFCG, Rua Luiz Grande, s/nº - Frei Damião - CEP 58.540-000-Sumé-PB, Brasil, (83) 3353-1850, e-mail: salommao@gmail.com

E-mail do autor correspondente: enolla.kay@estudante.ufcg.edu.br

RESUMO: Água nunca será apenas água para os seres humanos, quando falamos de água sempre vem ligado consigo o sentimento humano que ela desperta, e por muitos e muitos anos ela foi usada de forma ilimitada e inconsequente. A realidade da seca e estiagem não é apenas do semiárido brasileiro, atualmente todas as partes do planeta é acometida por esta realidade, devido em grande parte pelo aumento acelerado da população e com isso a degradação ambiental, encontrar meios alternativos de captação de água se tornou um fator de extrema importância para o desenvolvimento econômico. Deste modo, o aproveitamento da água de chuva é um grande aliado para a falta de água em algumas regiões, visto que a maioria da água que cai sobre os perímetros urbanos se juntam com o esgoto e se torna inapropriada para o consumo. Utilizando geoprocessamento se conseguiu fazer o levantamento de todas as edificações da cidade de Bananeiras e dessa maneira com o programa computacional Netuno realizou-se simulações que constatou-se o quanto a água da chuva poderia ser armazenada e utilizada em usos não potáveis economizando assim a água potável que advém do sistema de abastecimento.

Palavras-chave: Água; Aproveitamento; Economia

INTRODUÇÃO

A luta dos habitantes pela água sempre foi a das mais árduas, visto que a seca é um fenômeno climático que assola todo o Brasil, em todas as regiões e em diferentes épocas do ano. Para o Semiárido brasileiro é um problema secular, no qual a população sobrevive a condições sub-humanas com precipitação muito baixa e centralizada em poucos meses do ano.

Diante destas situações críticas apresentadas, surge a necessidade de se pesquisar novas metodologias sobre dimensionamento e operação de reservatórios, como também recargas complementares que ajudem os reservatórios nos períodos da seca, com o objetivo de mitigar possíveis falhas de abastecimento (ARAÚJO, 2016). Com isso a água de chuva possui um papel primordial no combate a insegurança hídrica, captada e armazenada corretamente poderá ser utilizada nos períodos de estiagem (FUNASA, 2006).

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o potencial de economia da água potável com o aproveitamento da água de chuva, para fins urbanos no município de Bananeiras-PB, como alternativa ao abastecimento complementar.

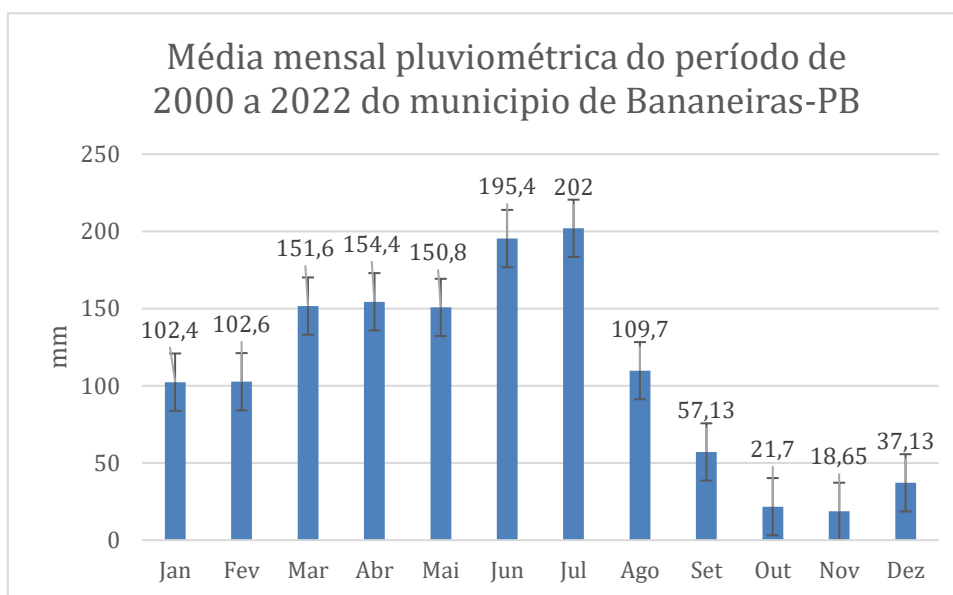
METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo geral deste projeto foram arrecadadas no site de IBGE informações sobre o local de estudo, o município de Bananeiras-PB, dados sobre precipitação levantados pela AESA, demanda de água, população e edificações. Posteriormente utilizando-se métodos de geoprocessamento através do software QGIS no qual setorizou-se a zona urbana do município para fazer o levantamento quantitativo e qualitativo das edificações para assim conseguir-se, através dos elementos estatísticos definir as edificações representativas com características semelhantes as reais. Foram realizadas simulações utilizando o programa computacional NETUNO, conforme cenário estabelecido com substituição de 50% de água potável por água de chuva, para estimar o potencial de economia de água potável nos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados pluviométricos coletados na AESA entre o período de 2000 e 2022, podemos analisar as seguintes médias mensais do município de Bananeiras de acordo com a figura 1 e verificamos que o município possui bons índices pluviométrico durante a maior parte do ano e não apresenta períodos de completa estiagem.

Figura 1. Média mensal pluviométrica da cidade de Bananeiras-PB



Os cenários foram definidos de acordo com a tabela 1, levando em consideração a média da população urbana em relação ao número de edificações selecionadas, apresentando os cenários para 1,2,3 moradores. O consumo diário para atividades na qual não é necessária a água potável (máquina de lavar, limpeza, uso externo e vaso sanitário) que é em torno de 46% baseado em Hammes, Ghisi e Thives (2020) e temos um consumo per capita de 84,5 hab para Bananeiras e 102,36 hab para Paraíba.

Tabela 1. Cenários

Cenários	Nº de moradores	Consumo diário	Demanda de água de chuva para uso não potável (%)
1	1	38,87	50
2	2	38,87	50
3	3	38,87	50
4	1	47,09	50
5	2	47,09	50
6	3	47,09	50

Com a utilização do software QGIS setorizou-se a área urbana da cidade de Bananeiras-PB e contabilizou-se 5206 edificações nas quais 299 foram classificadas como comerciais e excluídas do processo de classificação. A partir do levantamento dos dados com os elementos estatísticos obtivemos 34 classes, porém apenas 12 classes com representatividade como mostra a tabela 2, para o trabalho será simulado nos cenários a edificação representativa da classe 3 pois possui maior número de edificações

Tabela 2. Edificações representativas

Edificação representativa							
Classe	Min	Máx	Méd	Frequência	Frequência acum	Relativa (%)	Relativa acum (%)
1	12,61	33,21	22,91	143	143	3	3
2	33,21	53,80	43,50	549	692	11	14
3	53,80	74,40	64,10	970	1.662	20	34
4	74,40	94,99	84,69	819	2.481	17	51
5	94,99	115,59	105,29	678	3.159	14	64
6	115,59	136,18	125,88	479	3.638	10	74
7	136,18	156,78	146,48	351	3.989	7	81
8	156,78	177,37	167,07	275	4.264	6	87
9	177,37	197,97	187,67	204	4.468	4	91
10	197,97	218,56	208,26	138	4.606	3	94
11	218,56	239,16	228,86	87	4.693	2	96
12	239,16	259,75	249,45	58	4.751	1	97

Utilizando o programa computacional NETUNO e aplicando os cenários definidos anteriormente obtivemos os resultados da tabela 3, observa-se que em todos os cenários a economia da água de chuva é superior a 40% um índice bastante elevado e que poderia

Tabela 3. Resultados encontrados

Cenários	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva (%)
1	48,31
2	46,30
3	43,27
4	48,55
5	44,98
6	41,29

CONCLUSÕES

Este trabalho analisou o potencial de economia da água potável com a utilização de água da chuva para edificações residenciais na cidade de Bananeiras-PB. Foram feitas 6 simulações por meio do programa Netuno e obtemos os resultados já mencionados anteriormente.

Com potenciais de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva bastante expressivos, seria o aproveitamento da água de chuva uma excelente alternativa para desafogar a sobrecarga nos sistemas de abastecimentos de água, principalmente no interior dos estados brasileiros nos quais o investimento e a infraestrutura são baixos. Assim também

como no município de Bananeiras que apesar de toda chuva, ainda sofre com os problemas de racionamento de água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M.V.O. Análise de persistência de longo prazo em séries fluviométricas da bacia do Rio São Francisco. (Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Sergipe, 2016).

CABRAL, D. de C. (2011). Águas Passadas: Sociedade e Natureza no Rio de Janeiro oitocentista. *RA'E GA*, p. 159- 190.

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde. Manual de Saneamento. 3. ed. Brasília, DF: FUNASA, 2006.

HAMMES, Gabriela; GHISI, Enedir; THIVES, Liseane Padilha. Water end-uses and rainwater harvesting: a case study in brazil. *Urban Water Journal*, v. 17, n. 2, p. 177-183, 7 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Portal Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/bananeiras/panorama>. Acesso em 20 de janeiro de 2022.

Área: Qualidade da Água

QUALIDADE DA ÁGUA DO BARREIRO DA FAZENDA ESPERANÇA, GUARABIRA-PB

Izabela Souza Lopes Rangel¹; Jonas Andrade de Oliveira²; Suellen Silva Flores³; Guilherme Leocardio Lucena Dos Santos⁴

¹Docente do Departamento de Agricultura, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Bananeiras-PB, E-mail: izabelaisl@yahoo.com.br

²Discente do Curso Bacharelado em Agroecologia, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Bananeiras-PB, E-mail E-mail: jonasandrade_pb@outlook.com

³Discente do Curso Bacharelado em Agroecologia, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Bananeiras-PB, E-mail E-mail: sueflor01@gmail.com

⁴Técnico em Química, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Bananeiras-PB, E-mail: guilherme_leo1@yahoo.com.br

E-mail do autor correspondente: izabelaisl@yahoo.com.br

RESUMO:

Sabemos que a água é um recurso hídrico e bem mais precioso do planeta, de usos múltiplos, e muito utilizada na agropecuária. A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade desses recursos. Assim o objetivo deste trabalho foi analisar em três épocas diferentes a qualidade da água utilizada na aguação de uma área agrícola localizada na Fazenda da Esperança Dom Marcelo Pinto Carvalheira, Guarabira, PB. Seguindo os protocolos brasileiros as amostras foram coletadas e passaram por análises físico-química no Laboratório de físico-química da UFPB. Os parâmetros analisados, nas três épocas de coletas, demonstraram resultados dentro da faixa ideal para usos em irrigação agrícola, e classificam a água utilizada em classe C1 e C2. A elevada condutividade elétrica e a concentração de sólidos, que ocorreram na 2ª época de coleta da água, provavelmente, é decorrente da deposição de materiais sólidos lixiviados pelas chuvas devido à falta de mata ciliar no barreiro. Conforme as variáveis analisadas, as características da qualidade da água do barreiro, não impedem o uso dessa para irrigação. A depender da época e do sistema de irrigação utilizado pode apresentar classificação de médio risco a danos de entupimento do sistema.

Palavras-chave: Aguação; Classificação da água; Irrigação; Monitoramento.

INTRODUÇÃO

Não é de hoje que sabemos que a água é o recurso hídrico e bem mais precioso do planeta Terra, considerado o constituinte principal e responsável pela vida dos seres vivos (UCKER et al., 2013). Tais recursos são utilizados no Brasil e no mundo como produtos disponíveis para a sociedade, com significado ecológico, econômico e social. De usos múltiplos, entre os quais se destacam o abastecimento público de água, a geração de energia elétrica, agropecuária e a harmonia paisagística. Entretanto, esses recursos vêm sendo alterados por ação antrópica, resultando em prejuízo na qualidade e quantidade, sendo importante o monitoramento das alterações na qualidade de água, de forma a não comprometer seu aproveitamento múltiplo e minimizar os impactos negativos do ambiente (BRAGA et al., 2006; TUNDISI et al., 2006).

No desenvolvimento mundial da agropecuária, o recurso natural de maior relevância é a água, ela é responsável pela otimização de novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas, contudo dependentes da sua disponibilidade. Tal relevância resulta nos altos índices de produtividade agropecuária em áreas irrigadas (BROWN et al., 2000).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade dos recursos hídricos, ou seja, da água. Embora, a qualidade dessa foi por muitas vezes desconsiderada devido ao fato de que em épocas passadas as fontes de água, no geral, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização (AYERS & WESTCOT, 1991).

Nos últimos tempos, vêm se dando mais atenção e importância a qualidade da água para irrigação e sendo essa avaliada por diversos parâmetros físico-químicos e biológicos, que definem sua adequação ou não para o uso. De forma geral os principais atributos analisados são: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, e íons como sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos (ALMEIDA, 2010).

De acordo com o exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar em três épocas diferentes a qualidade da água utilizada na irrigação de uma área agrícola localizada na Fazenda da Esperança Dom Marcelo Pinto Carvalheira, Guarabira, PB.

METODOLOGIA

Localizações da área das coletas

A coleta das amostras de água foram realizadas no barreiro pertencente a Fazenda da Esperança Dom Marcelo Pinto Carvalheira, localizada na cidade de Guarabira, PB. Situada no brejo paraibano a 98 km da capital, João Pessoa. O clima é quente e seco no verão e úmido no inverno, município que a agricultura ainda é predominantemente de subsistência (IBGE, 2020). A água desse barreiro é utilizada para aguação de uma área agrícola, pertencente a fazenda supracitada.

Coleta da água e variáveis analisadas

Foram realizadas três coletas da água do barreiro, obedecendo um intervalo de 90 dias, entre elas. Seguindo os protocolos da NBR 9898 (ABNT, 1987) as amostras coletadas foram conduzidas para análises físico-química no Laboratório de físico-química pertencente ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias -CCHSA pertencente a Universidade Federal da Paraíba-UFPB.

Após o recebimento das amostras da água, as análises foram realizadas pelo técnico responsável do laboratório se deram as ações para determinar características como o pH, a condutividade elétrica (CE), os cátions, os sólidos entre outras variáveis recomendadas pelo GM/MS Portaria n° 888/2021 (BRASIL, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 se encontram os valores obtidos nas análises de água e a classificação desses em relação aos Valores Máximos Permissíveis - VMP (MS Portaria n° 888/2021). É nítido que o parâmetro Cor Aparente está em todas as análises superior ao permitido, entretanto esse parâmetro do VMP é em relação ao consumo da água para humanos, neste trabalho a água é proveniente de um barreiro e utilizada para aguação de uma área agrícola, sendo totalmente irrelevante o resultado.

Os demais parâmetros analisados nas três épocas de coletas obtiveram resultados dentro da faixa ideal para usos em irrigação agrícola, e classificam a água utilizada em classe C1 e C2 pelo manual de irrigação, assim sendo adequada para uso em irrigação (BERNARDO et al.,

2006). Dados esses que não desfavorecem o crescimento vegetativo dos vegetais, e não promovem riscos de salinização do solo considerando-se as análises da condutividade elétrica.

Ainda na Tabela 1 pode-se observar que os aumentos na condutividade elétrica e na concentração de sólidos, que ocorreram na 2ª época de coleta de água, provavelmente, deve ser em razão da ausência de matas ciliares e devido aos arredores do barreiro ser pasto degradado, o que, possivelmente favoreceu o transporte e a deposição de materiais sólidos (areia, silte, argila), além de detritos orgânicos de origem vegetal e alóctone carregado por escoamento superficial, geralmente ocasionado pelas chuvas. Mas como os demais parâmetros não promovem danos as culturas agrícolas apenas podem com o passar do tempo causar assoreamento do barreiro e danos aos sistemas de irrigação, entretanto o utilizado na área em questão se dá de forma manual com auxílio de regadores de polipropileno.

Tabela 1. Resultado das análises da água de barreiro utilizada na aguação de área agrícola na Fazenda Esperança Dom Marcelo Pinto Carvalheira, localizada na cidade de Guarabira, PB.

Parâmetro	Método	Unidade	Época de coleta			VMP ^{\$}
			1 ^a	2 ^a	3 ^a	
Cor Aparente	Colorimétrico	mg Pt-Co/L	>500	>500	>500	15
pH	Potenciométrico ¹	—	6,82	5,8	7,64	6 - 9
Condutividade Elétrica	Condutivimétrico ²	µS/cm	156,9	494,6	227,2	-
Temperatura	-	°C	25	23,2	25,2	-
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)*	Condutivimétrico	mg/L	106,69	316,54	154,5	500
Alcalinidade	Titulométrico em H ₂ SO ₄	mg/L	38,5	49,5	63,9	-
Dureza Total	Titulométrico em EDTA (CaCO ₃)	mg/L	48,4	44	48,4	300
Dureza em Cálcio	Titulométrico em EDTA (CaCO ₃)	mg/L	17,6	30,8	39,6	-
Dureza em Magnésio	Titulométrico em EDTA (CaCO ₃)	mg/L	30,8	13,2	8,8	-
Cloretos	Titulométrico em AgNO ₃	mg/L	156,9	83,3	88,2	250
Sulfatos	Precipitação em BaCl ₂	Qualitativo	A	A	A	250
Amônia	Reativo de Nessler	Qualitativo	A	A	A	1,5

* A estimativa do valor de STD obedece o método proposto por Metcalf e Eddy (1991), tendo como parâmetro de cálculo os valores de condutividade elétrica. P = Presente; A = Ausente; I = inconclusivo. \$ Valores Máximos Permissíveis (MS Portaria n° 888/2021).

CONCLUSÕES

Conforme as variáveis analisadas, as características da qualidade da água do barreiro pertencente a Fazenda Esperança Dom Marcelo Pinto Carvalheira, não impedem o uso dessa para irrigação. A depender da época e do sistema de irrigação utilizado pode apresentar classificação de médio risco a danos de entupimento do sistema.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. A. de. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores: 9898. Rio de Janeiro, 1987. 22p.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. (1991). A qualidade da água na agricultura. Trad. Ghei, H. R.; Medeiros, J. F. & Damasco, F. A. V. Campina Grande: UFPB. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. Ch. Manual de Irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (ORG.). Água doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 3.ed., São Paulo: Escrituras Editoras, 2006. cap.5, p.145-160.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de Maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS no 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html.

BROWN, L.R.; RENNER, M.; HALWEIL, B. Sinais vitais 2000: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro. Salvador: UMA, 2000. 196 p.

IBGE. Sistema IBGE de cidades e estados. 2020. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/guarabira.html> >. Acesso em: 20 maio de 2021.

UCKER et al. Elementos Interferentes Na Qualidade Da Água Para Irrigação. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. v,10. nº 10, p. 2102-2111, 2013.

Área: Qualidade da Água

QUALIDADE DE ÁGUA E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: O QUE OS GRANDES RESERVATÓRIOS DA PARAÍBA PODEM NOS DIZER?

Gleydson Kleyton Moura Nery¹; Janiele França Nery²; Fabiane Rabelo da Costa Basista³;

^{1,3}Núcleo de Biodiversidade, Instituto Nacional do Semiárido - INSA, Av. Francisco Lopes de Almeida, s/n - Serrotão, Campina Grande - PB, 58434-700, gleydson.kleyton@gmail.com, fabiane.costa@insa.gov.br

²Campus Avançado Cabedelo Centro, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB, R. Duque de Caxias, s/n - Centro, Cabedelo - PB, 58100-263, janielefnery@gmail.com

E-mail do autor correspondente: gleydson.kleyton@gmail.com

RESUMO: Os reservatórios do semiárido brasileiro encontram-se processo de eutrofização devido a perda da qualidade de água pelo lançamento indiscriminado de efluente, sendo, portanto, necessária avaliação e monitoramento desses ecossistemas. Devido a isto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade de água dos dois principais reservatórios de abastecimento público do estado da Paraíba. O estudo foi realizado nos reservatórios de Coremas e Epitácio Pessoa, onde foram realizadas coletas trimestrais durante o ano de 2019, com a avaliação parâmetros físico e químico para a caracterização da qualidade de água. Os reservatórios apresentaram volumes inferiores durante o período de seca, com turbidez média variando de 6,8 a 164,3 NTU e com pH entre alcalino e neutro. Os nutrientes mais predominantes foram a N-NH₃ e PT, que indicam redução da qualidade de água e evidente processo de eutrofização. A uma elevada vulnerabilidade dos reservatórios ao processo de eutrofização devido as cargas de nutriente fosfatados e nitrogenados, além disto é possível observar que os ciclos hidrológicos apresentam forte influência na dinâmica dos ecossistemas sendo necessário leva-los em consideração para o processo de gestão dos recursos.

Palavras-chave: Açudes; Eutrofização; Nutrientes.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico, industrial e agrícola na região semiárida que polarizou-se nas últimas décadas, eram previsíveis a degradação progressiva da qualidade das águas superficiais, particularmente nas regiões mais secas e populosas, haja vista que políticas públicas de acesso, disponibilidade, saneamento e tratamento de efluentes não partilham de mesma euforia desenvolvimentista. O armazenamento de água em reservatórios, principalmente os de grande porte, são fundamentais para o fornecimento de água em ocasião de secas plurianuais, uma vez que os pequenos reservatórios não são capazes de atravessar tal período, isso devido à grande perda de água por evaporação (ENGECORPS-HARZA, 2000).

Contudo, o que se constata hoje como uma das maiores problemática hídricas do semiárido brasileiro é o processo de eutrofização dos reservatórios, devido à perda de qualidade de água, em decorrência do lançamento indiscriminado de efluentes agrícolas, domésticos e industriais nos corpos aquáticos da região, de forma pontual e difusa (SMITH E SCHINDLER, 2009).

Devido as alterações na qualidade da água faz necessário a avaliação e monitoramento dos reservatórios. Portanto, a implementação de estudos de avaliação trófica em sistemas aquáticos vem a ser uma ferramenta relevante para detecção do processo de eutrofização a partir da avaliação da qualidade da água, principalmente em níveis nutricionais. Os estudos de estado trófico também fornecem subsídios para formulação de planos de manejo e gestão dos ecossistemas aquáticos, viabilizando a vida útil e sustentabilidade dos recursos hídricos (ARAÚJO *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018). Deste modo, objetivou-se avaliar a qualidade de água dos dois principais reservatórios de abastecimento público do estado da Paraíba.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado nos dois (02) maiores reservatórios do estado da Paraíba, (i) reservatório Coremas-Mãe d'água localizado no município de Coremas, e (ii) reservatório Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão. Estes reservatórios são de grande importância para a população da região semiárida paraibana, sendo responsáveis pelo abastecimento de aproximadamente 58% da população de todo o estado, além de usos múltiplos como recreação, pesca, cultivo de peixes em tanques rede e irrigação. Contudo a qualidade da água desses mananciais está comprometida pela intensa atividade antrópica em sua bacia de drenagem tais como: entrada de efluentes domésticos; cargas de poluentes por atividades

agrícolas; fontes oriundas da criação de animais e atividades de pisciculturas em tanques-rede (VASCONCELOS et al., 2011).

O monitoramento dos reservatórios ocorreu durante o ano de 2019 com frequência trimestral no intuito de verificar a influência da variação do regime hidrológico sobre a matriz ambiental. Para melhor caracterização e verificação da existência de compartimentação dos reservatórios foram selecionados previamente duas estações de coleta: (i) região fluvial e (ii) próximo à barragem. As amostras foram armazenadas em garrafas de polietileno e filtradas logo após a coleta em filtros de fibra de vidro GF/C para a determinação das concentrações de e nutrientes dissolvidos. As concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₄), nitritos (N-NO₂), nitratos (N-NO₃), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT) e fósforo solúvel reativo (SRP), sólido total e dissolvido foram determinados de acordo com as metodologias padronizadas descritas em APHA (1998). Os parâmetros turbidez, cor, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido serão determinados através de sonda multimétrica.

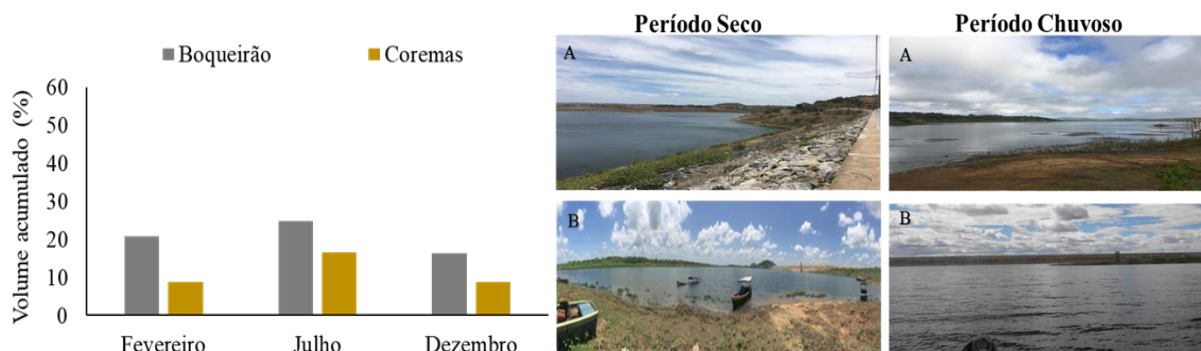
Para avaliação da qualidade de água, utilizou-se as concentrações de fósforo como indicadores de eutrofização como previsto por Thornton e Rast (1993), que implica em uma avaliação adaptada para região semiárido, a qual é o nosso objetivo de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 3 coletas, representativas dos períodos seco (fevereiro e dezembro/2019) e chuvoso (julho-2019). Ambos os reservatórios apresentaram menores volumes durante os períodos secos (Figura 1).

Flutuações hidrológicas são alterações significantes em lagos e reservatórios de regiões áridas e semiáridas, tanto a variabilidade sazonal quanto a anual provocam mudanças na forma e tamanho do ecossistema (SÁNCHEZ-CARRILHO et al. 2007). Os reservatórios desse estudo são sujeitos a significantes variações intra-anual no volume, superfície, tempo de residência da água e profundidade, as quais afetam suas características físicas, químicas e biológicas, além de mudanças na fisiografia dos reservatórios. Durante o período chuvoso, as margens apresentaram vegetação rasteira e inundação de vegetação de pequeno porte.

Figura 1. Variação do volume acumulado nos reservatórios ao longo dos períodos amostrados. Fotografia (a) reservatório Epitácio Pessoa e (b) reservatório de Coremas.



Os reservatórios monitorados apresentaram turbidez média variando de 6,8 a 164,3 NTU, com maiores valores no reservatório Epitácio Pessoa, em ambos os períodos (seco e chuvoso). O pH das águas apresentaram-se de levemente neutros a básicos com diferenças entre os períodos hidrológicos. A amônia foi o nutriente nitrogenado mais abundante em todos os reservatórios, nos dois períodos analisados seguido de nitrato e nitrito em ambos os períodos hidrológicos (Tabela 1). Este fato deve-se a menor oxigenação da água, no período chuvoso que favorece os processos de desnitrificação.

Tabela 1. Média (X) e Desvio padrão (DP) de variáveis ambientais (CE – condutividade elétrica; N-NH₄- amônia; N-NO₂ – nitrito; N-NO₃ – nitrato; PT – fósforo total) monitoradas nos reservatórios no período de seca e chuva em 2019.

Períodos	Variáveis	Coremas		Epitácio Pessoa	
		X	DP	X	DP
Seco	Turbidez (NTU)	6,8	± 3,4	83,5	± 144,6
	pH	8,6	± 0,2	8,3	± 0,7
	CE (mS/cm)	0,25	± 0,0	0,45	± 0,0
	STD (g/L)	0,16	± 0,0	0,25	± 0,0
	N-NH ₄ (µg/L)	51,9	± 30,6	104,1	± 65,1
	N-NO ₂ (µg/L)	5,2	± 7,0	1,05	± 0,79
	N-NO ₃ (µg/L)	11,9	± 6,1	18,93	± 10,01
	PT(µg/L)	38,4	± 18,5	28	± 18,5
Chuvoso	Turbidez (NTU)	65,3	± 159,5	164,3	± 234,8
	pH	7,2	± 0,2	8,1	± 0,3
	CE (mS/cm)	0,1	± 0,0	0,3	± 0,0
	STD (g/L)	0,1	± 0,0	0,2	± 0,0
	N-NH ₄ (µg/L)	71,0	± 36,0	28,3	± 9,9
	N-NO ₂ (µg/L)	0,2	± 1,6	0,7	± 3,4
	N-NO ₃ (µg/L)	62,5	± 39,0	11,3	± 3,1
	PT(µg/L)	108,2	± 71,7	94,8	± 202,2

Para ambos os reservatórios é possível observar uma maior contribuição de fósforo durante o período chuvoso, visto que esse reservatório recebem uma elevada carga de material da sua bacia de drenagem além do *input* de ressuspensão de material em seu interior o que

promove esse aumento. Já durante o período seco é possível observar uma redução da contribuição do fósforo, podemos relacionar isto ao consumo elevado e constante durante este período.

As concentrações de fósforo total, são utilizadas como indicadoras de eutrofização. Em lagos de zonas úmidas temperadas, o fósforo é o principal nutriente limitante à produção primária e suas concentrações na água são altamente correlacionadas com a biomassa de algas. Thornton & Rast (1993) propuseram que concentrações superiores a 60 µg/L de fósforo total são indicativas de um estado eutrófico em reservatórios de zonas semiáridas, pois nesses ambientes a biomassa de algas seria mais limitada por luz do que por fósforo.

CONCLUSÕES

Os reservatórios estudados apresentam elevada vulnerabilidade ao processo de eutrofização devido a carga de nutrientes fosfatados e nitrogenados, de forma a comprometer qualidade e as condições ambientais do ecossistema. Os ciclos hidrológicos apresentam forte influência na dinâmica desses ecossistemas, sendo necessário levar em consideração tais fatores para a gestão destes recursos.

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington DC, 1998.
- ARAÚJO, D. R.; Mendonça, A. S. F; Reis, J. A. T. Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.23, n.1, p. 55-62, 2018.
- ENGEORPS-HARZA. Projeto Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional. Relatório R32 – Relatório Síntese de Viabilidade Técnico, Econômica e Ambiental – São Paulo: ENGEORPS/HARZA, 2000. 330 p.
- SÁNCHEZ-CARRILLO, S., ALATORRE, L.C., SÁNCHEZ-ANDRÉS, R.; GARATUZA-PAYÁN, J. Eutrophication and Sedimentation Patterns in Complete Exploitation of Water Resources Scenarios: An Example from Northwestern Semi-arid Mexico. Environ Monit Assess, v. 132, p. 377–393, 2007.
- SANTOS, R. C. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M.; MARQUES, M. N. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.23, n.1, p. 33-46, 2018.
- SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution. v. 24, p. 201–207, 2009.
- THORNTON, J.A. & RAST, W. 1993. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. Pp.1-24. *In*: M. straskabra, J.G. Tundisi & A. Duncan (Eds). Comparative Reservoir Limnology on water Quality Management. 291p.
- VASCONCELOS, JF.; BARBOSA, JEL.; DINIZ, CR; CEBALLOS, BSO. Cianobactérias em reservatórios do Estado da Paraíba: Ocorrência, Toxicidade e Fatores reguladores. Boletim Ablimno, n. 39, 2011.

Área: Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

SEGURANÇA E INFRAESTRUTURA HÍDRICA: INTERFACES DA INTEGRAÇÃO EM UMA SUB-BACIA PARAIBANA

Maria Helena Carvalho Costa¹; Camila Karla Medeiros Silva²

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, Patos (PB), mariahelenacarv21@gmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, Campina Grande (PB), camila.karla@estudante.ufcg.edu.br

E-mail do autor correspondente: mariahelenacarv21@gmail.com

RESUMO: O Semiárido brasileiro é uma região marcada por eventos extremos de estiagem. Em contrapartida, a região foi alvo dos principais investimentos iniciais da política de açudagem no país. Com o entendimento da dimensão de risco associado a segurança hídrica, essas infraestruturas migraram do âmbito de função de acúmulo e adquiriram múltiplas funções, passando a ser gerenciadas de forma estratégica. Neste interim e, amparado na relação direta entre segurança hídrica e infraestrutura, o estudo se dispõe a analisar o Índice de Segurança Hídrica (ISH) da Unidade de Planejamento Hidrológico (UPH) Piancó, localizada em faixa territorial paraibana, associando essa medida a rede de infraestrutura hídrica local, bem como caracterizando as contribuições desta para a manutenção do acesso a água em quantidade e qualidade na região de estudo. Para tal, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento por meio do *software* QGIS, onde foi laborado instrumentos cartográficos que ilustram a categoria de risco para cada município, bem como os reservatórios presentes para cada unidade federativa. Os resultados mostram que um número reduzido de municípios apresenta alto ISH e, que apesar de contar com um quantitativo elevado de reservatórios, existem áreas com condições baixas de segurança.

Palavras-chave: Infraestrutura Hídrica; Semiárido; Segurança Hídrica.

INTRODUÇÃO

Com a pressão causada pela urbanização nos recursos hídricos, os sistemas de abastecimento público tendem a se vulnerabilizar, o que se intensifica com fenômenos extremos de estiagem (FORMIGA-JOHNSON; LEMOS; SOUZA-FILHO, 2019). Logo, contextos como esses irão se agravar devido a alta concentração populacional nas metrópoles, que poderá

compreender 42% da população do Brasil até no ano de 2025, contabilizando uma média de 223 milhões de cidadãos (ANA, 2010).

Posto isto, laborar medidas e ferramentas que computem em intervenções e avaliações tecno-científicas para proteger e garantir o equilíbrio de sistemas de abastecimento requer estruturas aptas a elaborar diagnósticos acerca das ameaças à segurança hídrica em múltiplas escalas (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2010).

Em síntese, a segurança hídrica associa-se às pressões crônicas e aos eventos extremos (DE BRITO, DE BRITO E RUFINO, 2022). Um conceito mundialmente discutido é o apresentado pela *Global Water Partnership* que considera a segurança hídrica como o objetivo primordial da gestão integrada de recursos hídricos (GWP, 2000). Na prática, o termo segurança hídrica é geralmente considerado tão amplo que captura tudo o que também se enquadra em títulos como integrado, sustentável e adaptativo (HOEKSTRA, 2018).

As projeções climáticas na região semiárida do Brasil assinalam o aumento constante da temperatura média da terra, o que modificará os padrões de chuvas e, conseqüentemente, uma diminuição dos índices de precipitação (DIAS, PESSOA E TEIXEIRA, 2022). Nessas condições, o *déficit* hídrico regional é agravado, podendo desencadear processos de desertificação e, afetar diretamente a segurança hídrica (AKIN; LEMOS; NELSON, 2014).

A política de açudagem representa uma das principais intervenções para a contenção dos danos da estiagem. Tida, atualmente, enquanto um serviço de gestão (MARQUES *et al.*, 2022) a infraestrutura hidráulica perpassou a função de acúmulo de água e transformou-se em um serviço de gestão o qual apresenta múltiplos benefícios a região (DANTAS, 2020).

Entendimento esse conjugado pela legislação brasileira, a qual por meio do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) expressa que estruturas hidráulicas são necessárias para aumentar a oferta de água, frisando a importância relativa dos reservatórios, que aportam às suas áreas de influência uma resiliência maior aos eventos extremos de secas, elevando a segurança hídrica dessas regiões.

Por meio do PNSH, o planejamento dessas infraestruturas é direcionado de forma integrada e estratégica, considerando a relevância desses corpos para o desenvolvimento regional. Ainda através deste plano, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), laborou o Índice de Segurança Hídrica, o qual retrata condições atuais, bem como perspectivas futuras da segurança hídrica no país, por meio de diferentes dimensões que consideram o conceito de risco aos usos da água (ANA, 2019).

Neste contexto, o estudo se dispõe a discutir a segurança hídrica na Unidade de Planejamento Hidrológico Piancó, a qual é parte integrante da Bacia Hidrográfica Piancó-

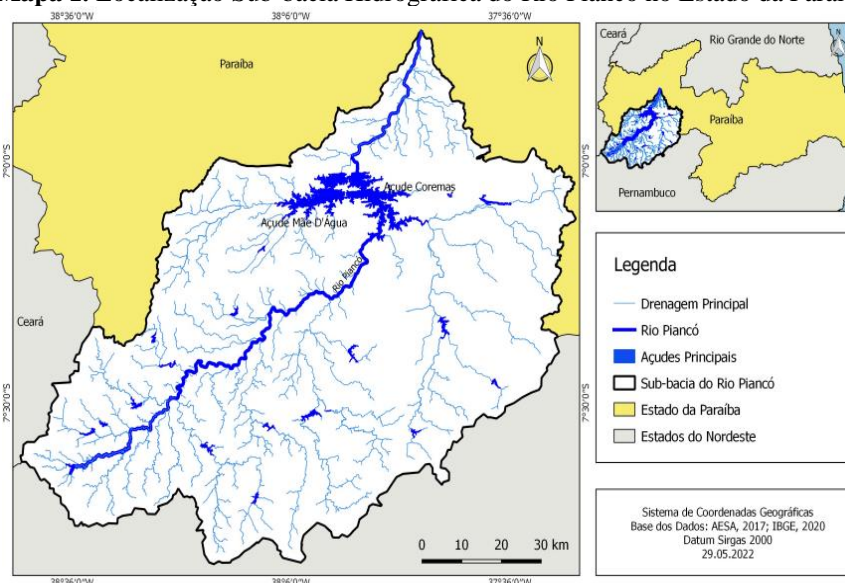
Piranhas-Açu, associando o ISH de cada município a rede de infraestrutura hídrica na bacia, com o intuito de verificar a contribuição da rede de açudagem para a garantia da segurança hídrica municipal.

DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Local do Estudo

A bacia do Rio Piancó está situada no extremo sudoeste do Estado da Paraíba, correspondendo a uma das sub-bacias do Rio Piranhas (Mapa 1). A sua área, delimitada por meio das cartas digitalizadas da SUDENE em escala 1:100.000, é de 9.228 km². O comprimento do Rio Piancó (seu principal curso d'água) apresenta um total de 208 km, que vai desde nascente até o exultório da bacia no município de Pombal.

Mapa 1. Localização Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piancó no Estado da Paraíba



A sub-bacia Piancó, também denominada de Unidade de Planejamento Estratégico no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, faz parte da bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, que abrange os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. A UPH Piancó conta ao todo com 107 reservatórios, espalhados em um total de 41 municípios. Desses, apenas 14 são classificados como reservatórios estratégicos, apresentando a seguinte caracterização:

Tabela 1. Reservatórios Estratégicos da SBH-Rio Piancó

Reservatório	Município	Capacidade de Acumulação (hm ³)
Coremas-Mãe D'Água	Coremas	1.159,0
Saco	Nova Olinda	97,5
Cachoeira dos Cegos	Catingueira	71,9
Jenipapeiro	Olho D'Água	70,8
Bruscas	Curral Velho	38,2
Condado	Piancó	35,0
Santa Inês	Santa Inês	26,1
Poço Redondo	Santana de Mangueira	8,9
Piranhas	Ibiara	25,7
Queimadas	Santana dos Garrotes	15,6
Timbaúba	Juru	15,4
Bom Jesus	Água Branca	14,2
Serra Vermelha I	Conceição	11,8
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	10,6
Vazante	Diamante	9,1

Métodos

Para realização do estudo foi utilizada uma camada *shapefile* retirada do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH), a qual apresenta o ISH e suas respectivas dimensões. Para o estudo, foi utilizada o cálculo do índice geral, o qual apresenta cinco categorias: Alta, baixa, máxima, mediana e mínima. Posteriormente, foi utilizada uma camada baixada por meio do endereço eletrônico do GEO AESA, que apresenta a rede de ačudagem de município, a qual foi filtrada com base nos reservatórios estratégicos da bacia.

Posto isto, a análise dos dados discorreu acerca do grau de segurança hídrica apresentado pelos municípios, associando essa medida a rede de infraestrutura hídrica local, com vistas a discutir a integração e contribuição da rede de ačudagem para a segurança hídrica local.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

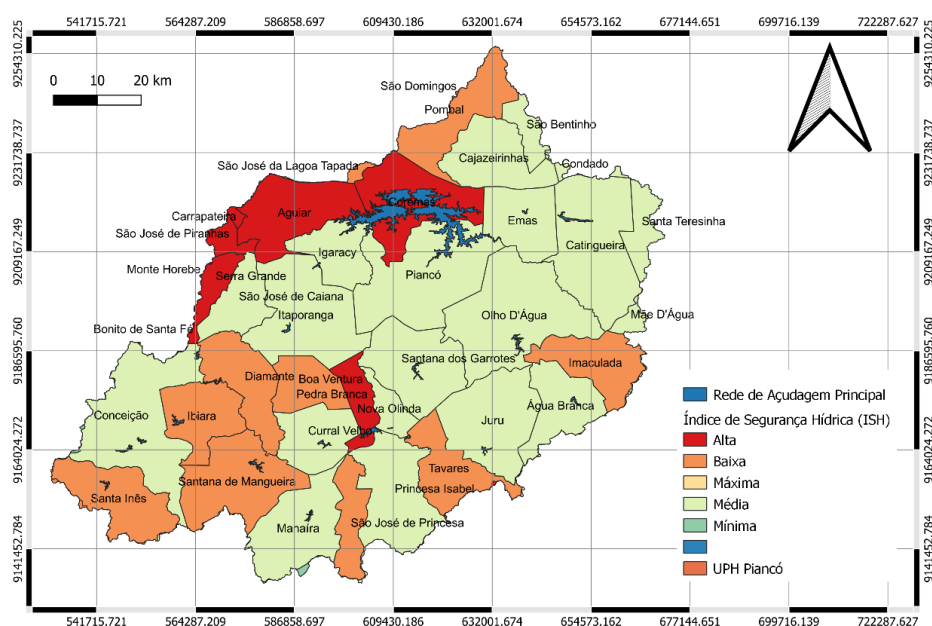
A Sub-Bacia do Rio Piancó apresenta uma considerável extensão territorial e conta com o maior reservatório do Estado da Paraíba e um dos maiores da BH/PPA. O Coremas-Mãe D'Água é uma importante obra hídrica empreendida na região e abastece mais de 100 municípios, além de ser agente de oferta de múltiplos usos. Açudes como o Jenipapeiro atuam de forma isolada, garantindo oferta hídrica apenas para o município de origem. Fator que se reprisa para outros corpos hídricos.

Os açudes Saco, Cachoeira do Cego e Jenipapeiro são os maiores reservatórios da UPH depois do Coremas Mãe-D'Água. A nível de abastecimento público, o açude Saco apresenta uma demanda de 0,057 m³/s, seguido por uma demanda de 0,010 m³/s do Cachoeira do Cego e

0,033 m³/s do Jenipapeiro. Para a irrigação, o nível de demandas se diferencia e a pressão sobre o Jenipapeiro é superior a demanda do Cachoeira do Cego, chegando a 0,134 m³/s (ANA, 2016).

A segurança hídrica na sub-bacia (Mapa 2) em sua maioria é média, mesmo em municípios que contam com reservatórios estratégicos com alta capacidade de acumulação, como é o caso de cidades como Olho D'Água e Catingueira. Municípios como Coremas e Nova Olinda, que contam com as maiores infraestruturas hídricas da UPH, apresentam segurança hídrica alta, o que se reprisa para Aguiar e Monte Herebe de forma total a nível de território e, Carrapateira e São José de Piranhas de forma parcial.

Mapa 2. Grau de Segurança Hídrica na UPH Piancó



A Sub-Bacia ainda apresenta municípios com a segurança hídrica baixa, como é o caso de municípios como Imaculada, Diamante, Santana de Mangueira, Pombal, entre outros entes. Considerando a rede de açudagem já presente na UPH, bem como as possibilidades criadas por esses reservatórios de grande porte, infere-se a importância de maiores investimentos, a fim de somar a realidade de municípios como Coremas a outras localidades.

CONCLUSÕES

A garantia de segurança hídrica assegura a disponibilidade de água as atuais e futuras gerações, bem como as medidas necessárias a prevenção e preparação para a adaptação a eventos hidrológicos extremos como a seca. O PNSH assegura ao país um planejamento integrado da infraestrutura hídrica de forma estratégica.

Para a grande maioria dos municípios da UPH Piancó, a segurança hídrica é média. E, o quantitativo de municípios com segurança hídrica baixa supera o grupo de municípios com segurança hídrica alta. Em contrapartida, a sub-bacia conta com um total de 14 reservatórios estratégicos dispostos entre os 41 municípios da unidade.

Em tese, verifica-se que, a infraestrutura hídrica na UPH tem sido uma importante ferramenta de garantia de segurança hídrica, através dos múltiplos usos da água. Não obstante, é válido pontuar que somente esse fator não é suficiente para que essa garantia ocorra em potencial da bacia, que apresenta diferenças de categorias quando o assunto é segurança hídrica.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Brasília:ANA, 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Plano Nacional de Segurança Hídrica. 1º ed. Brasília: ANA, 2019. Acesso em: 20 fev. 2023.
- AKIN, H.C.; LEMOS, M. C., NELSON, D. R. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change*, v. 27, p. 1-8, 2014.
- ANA. Atlas Brasil de Abastecimento Urbano. Brasília: ANA, 2010.
- DANTAS, Sullivan Pereira. DIMENSIONAMENTO E GESTÃO DE RESERVATÓRIOS: BREVE DISCUSSÃO ACERCA DA EXPERIÊNCIA DO ESTADO DO CEARÁ/BRASIL. *Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 2, n. 01, p. 25-36, 2020.
- DE BRITO, Higor Costa; DE BRITO, Yáscara Maia Araújo; RUFINO, Iana Alexandra Alves. O índice de segurança hídrica do Brasil e o semiárido brasileiro: desafios e riscos futuros. *Rev. Bras. Cartogr.*, v. 74, n. 1, 2022.
- DIAS, Eric Mateus Soares; PESSOA, Zoraide Souza; TEIXEIRA, Rylanneive Leonardo Pontes. GOVERNANÇA ADAPTATIVA E SEGURANÇA HÍDRICA EM CONTEXTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO. *Mercator*, v. 21, 2023.
- HOEKSTRA, Arjen Y.; BUURMAN, Joost; VAN GINKEL, Kees CH. Segurança hídrica urbana: uma revisão. *Cartas de pesquisa ambiental*, v. 13, n. 5, pág. 053002, 2018.
- FORMIGA-JOHNSON, R. M. et al. Segurança hídrica e capacidade adaptativa urbana e metropolitana em tempos de mudanças climáticas. *Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade*. São Paulo: Editora Manole, p. 427-459, 2019.
- MARQUES, Guilherme Fernandes et al. Os serviços de gestão de recursos hídricos. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 19, n. 2022, 2022.
- VÖRÖSMARTY, Charles J. et al. Global threats to human water security and river biodiversity. *nature*, v. 467, n. 7315, p. 555-561, 2010.

Área: Inovação Tecnológica em Sistemas Ambientais

SOLUÇÃO INOVADORA DE BASE NATURAL PARA CONTROLE DE CIANOBACTÉRIAS EM ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

Janiele França Nery¹; Gleydson Kleyton Moura Nery²; Fabiane Rabelo da Costa Batista³

¹Instituto Federal da Paraíba, *campus* Cabedelo Centro. R. Duque de Caxias, s/n - Centro, Cabedelo - PB, CEP: 58100-263. janielefnery@gmail.com.

² Núcleo de Biodiversidade, Instituto Nacional do Semiárido. Av. Francisco Lopes de Almeida, S/N - Bairro Serrotão – Campina Grande – PB, CEP: 58429-970. gleydson.kleyton@gmail.com

³Núcleo de Biodiversidade, Instituto Nacional do Semiárido. Av. Francisco Lopes de Almeida, S/N - Bairro Serrotão – Campina Grande – PB, CEP: 58429-970. fabiane.costa@insa.gov.br

E-mail do autor correspondente: janielefnery@gmail.com

RESUMO: Foram realizados ensaios para avaliar a eficiência de coagulante natural derivados de planta da Caatinga para remoção de cianobactérias em água de abastecimento público. Testou-se as concentrações controle C_0 (ausência de produto), C_1 (50mg/L), C_2 (100 mg/L) e C_3 (200mg/L) do produto, em ensaios tipo banho infinito, durante 2h, em água de ensaio advinda do reservatório Epitácio Pessoa – PB. Avaliou-se as porcentagens de remoção de turbidez, densidade de cianobactérias e índice de integridade celular. Diferenças significativas foram observadas entre o tratamento controle e demais concentrações do produto aplicado as variáveis turbidez e densidade de cianobactérias. A porcentagem de células lisadas entre nos tratamentos foram inferiores a 2%. Os resultados apontam que o coagulante natural formulado a partir de cladóidos de organismo do gênero *Opuntia* (palma) é uma alternativa viável para remover cianobactérias na água. Novos testes são necessários para avaliar riscos potenciais ao consumo do produto bem como seu uso em maior escala.

Palavras-chave: Caatinga; Tecnologia sustentável; Qualidade de Água

INTRODUÇÃO

Estudos realizados em reservatórios eutróficos do semiárido têm registrado a ocorrência de florações recorrentes de cianobactérias tóxicas (ESKINAZI-SANT'ANNA *et al.*, 2006, BARBOSA *et al.*, 2012), o que se traduz em sérios problemas à saúde pública, uma vez que florações de cianobactérias afetam a qualidade da água por alterar o pH, a transparência e a biodiversidade aquática, e por produzirem uma grande variedade de compostos metabólicos tóxicos (cianotoxinas) que produzem múltiplos efeitos adversos sobre uma variedade de organismos aquático (ZHANG *et al.*, 2009; DEBLOIS *et al.*, 2011; VASCONCELOS *et al.*, 2013).

As cianotoxinas chegam aos seres humanos de diversas formas. O tipo mais comum de intoxicação por cianobactérias é causado por hepatotoxinas que apresentam ação mais lenta que as neurotoxinas, podendo causar morte num intervalo de poucas horas, poucos dias ou meses (AZEVEDO *et al.*, 2002). O acúmulo de cianotoxinas no organismo apresenta potencial carcinogênico e mutagênico (VASCONCELOS *et al.*, 2013) e visto as inúmeras formas de contato dos seres humanos com cianotoxinas (e.g. Consumo direto de águas com cianotoxinas, recreação, consumo de peixes e crustáceos oriundos de águas com cianotoxinas e ingestão de hortaliças irrigadas com águas contaminadas), o controle da eutrofização e controle das florações de cianobactérias é considerado um desafio fundamental para o gerenciamento da qualidade da água e manutenção dos serviços ecossistêmico (NERY *et al.*, 2021 NERY *et al.*, 2020).

Apesar das cianotoxinas serem um problema ambiental e de saúde pública cada vez mais importante e de ocorrência frequente, a preocupação recente concernente a essa temática, consiste nas limitações de métodos e técnicas devidamente testadas e seguras no tratamento convencional de água utilizado por empresas de tratamento e distribuição de água para o consumo humano, as quais não removem adequadamente as cianotoxinas, oferecendo riscos à saúde da população. As intervenções para minimizar os efeitos das florações de cianobactérias baseiam-se no uso de algicidas que podem eliminar eficazmente as florações, contudo induzem lise celular de cianobactérias e conseqüentemente a liberação de toxinas intracelulares (JANČULA E MARŠIALEK, 2011).

Os coagulantes inorgânicos são compostos por sais metálicos, usualmente sal de alumínio ou de ferro, que para promoveram as desestabilização das partículas impuras, especialmente as coloidais como os organismos fotossintetizantes, necessitam de dosagens maiores, comparado aos coagulantes orgânicos, visto que esses últimos são constituídos de cadeias poliméricas que proporcionam uma maior agregação dos flocos, não sendo necessário

o uso de dosagens elevadas, isso é uma vantagem essencial pois geram um menor quantidade de lodo.

Nesta perspectiva, há uma demanda pelo desenvolvimento de coagulantes naturais, a base de plantas, menos danosos ao ambiente e consumidor final (MILLER *et. al.*, 2008; NISH *et. al.*, 2011; CAMACHO *et al*, 2017; NERY *et al.*, 2019). As vantagens desses produtos são aparentes, visto que são econômicos, improváveis de produzir água tratada com pH extremo e altamente biodegradáveis. Essas vantagens são especialmente aumentadas se a planta da qual o coagulante é extraído for nativa de uma comunidade rural. Na era das mudanças climáticas, esgotamento dos recursos naturais da Terra e degradação ambiental generalizada, a aplicação desses coagulantes é um esforço vital, alinhado com as iniciativas globais de desenvolvimento sustentável.

Assim, este trabalho propõe o uso de coagulante natural a base de planta da Caatinga para remoção de cianobactérias em água para consumo humano.

METODOLOGIA

Foi formulado um produto coagulante a partir de uma espécie de cactácea do gênero *Opuntia* (palma). Este encontra-se em fase de patenteamento segundo o registro número BR1020200216. Os dados apresentados nesse trabalho referem-se a testes de remoção de cianobactérias em águas destinadas ao consumo a partir do referido produto.

Foi utilizado água do reservatório Epitácio Pessoa, um dos maiores do da Paraíba, para remoção de cianobactérias. Esse reservatório apresenta-se meso a eutrófico com florações de cianobactérias constantes, e maior frequência das espécies *Plankthotrix agardhii*, *Raphydiopsis raciborskii* e *Microcysties protocisties* (SIQUEIRA *et al.*, 2020).

Foram testadas as concentrações (C) controle C₀ (ausência de produto), C₁ (50mg/L), C₂(100 mg/L) e C₃ (200mg/L) do produto, em ensaios tipo banho infinito, em que o material é inserido na água de estudo sob agitação manual. Os efeitos dos coagulantes foram medidos após 2h de exposição, em temperatura ambiente (25°C), sendo monitoradas as variáveis turbidez da água (turbidímetro digital), densidade de cianobactérias (UTHERMOL, 1958), integridade celular. As diferenças significativas entre os tratamentos utilizados foram avaliadas a partir de ANOVA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água de estudo, derivada do reservatório Epitácio Pessoa, apresentou turbidez de 14,6 NTU, pH básico (9,5), concentração de clorofila de 24,2 µg/L e densidade e cianobactérias de 226179 cel/mL, sendo portanto, categorizado como eutrófico (THORTON & RAST, 1993). Considerando resolução CONAMA 357/2005, as águas do reservatório foram categorizadas como águas doce de classe 3, sendo necessário tratamento avançado antes da distribuição para consumo humano, bem como suspensão das atividades de irrigação e dessedentação animal.

Diferenças significativas foram observadas entre o tratamento controle e demais concentrações do produto aplicado as variáveis turbidez e densidade de cianobactérias (Tabela 1). A turbidez apresentou diminuição significativa, variando de 19,1 -52,3%, ao longo do tempo de exposição, com melhor desempenho em C₃.

Tabela 1: Média e desvio padrão das variáveis analisadas em ensaios para avaliação do potencial de coagulante natural derivado de planta da Caatinga para remoção de cianobactérias

Variável	C ₁	C ₂	C ₃	p
Remoção de Turbidez (%)	19,1 ± 2,5	39,4 ± 1,3	52,3 ± 4,1	*
Remoção de cianobactérias (%)	40,6 ± 6,2	70,4 ± 5,7	87,1 ± 6,3	**
Integridade celular (%)	98,1 ± 1,1	98,9 ± 1,4	98,4 ± 1,3	

* p<0,05; ** p<0,01

A variação na remoção de cianobactérias foi de 40,3 a 87,1 %, sendo o melhor desempenho também na concentração C₃. Com relação a lise celular não foi observado diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o número de células lisadas inferior a 2%. Estes resultados apontam para o não favorecimento da lise celular pelo produto e consequentemente não há riscos de liberação de cianotoxinas e seus sub-produtos na água após tratamento.

CONCLUSÕES

Os resultados apontam que o coagulante natural formulado a partir de cladóides de organismo do gênero *Opuntia* é uma alternativa viável para remover cianobactérias na água. Novos testes são necessários para avaliar riscos potenciais ao consumo do produto bem como seu uso em maior escala.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO S M, CARMICHAEL W W, JOCHIMSEN E M, RINEHART K L, LAU S, SHAW G R, EAGLESHAM G K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru—Brazil. *Toxicology* 181: 441-446, 2022.
- BARBOSA, J. E. L., MEDEIROS, E. S. F., BRASIL, J., CORDEIRO, R. S., CRISPIM, M.C.B, SILVA, G.H.G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(1), 103-118, 2012.
- CAMACHO F P, SOUSA V S, BERGAMASCO R, RIBAU-TEIXEIRA M. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 313: 226–237, 2017
- DEBLOIS ,C.P.,GIANI,A., BIRD,D.F. Experimental model of microcystin accumulation in the liver of *Oreochromis niloticus* exposed subchronically to a toxic bloom of *Microcystis* sp. *Aquat. Toxicol.*103(1–2),63–70, 2011.
- ESKINAZI-SANT’ANNA, E.M.; PANOSSO, R.F.; ATTAYDE, J.L.; COSTA, I.A.S.; SANTOS,C.M.; ARAÚJO, M. & MELO, J.L. 2006. Águas Potiguaras: Oásis ameaçados. *Revista Ciência Hoje*, 39: 68-71
- JANČULA D, MARŠIALEK B. Critical review of actually available chemical compounds for prevention and management of cyanobacterial blooms. *Chemosphere*: 85(9):1415±22, 2011.
- MILLER S. M, FUGATE E J, CRAVER V O, SMITH J A, ZIMMERMAN J B. Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of *Opuntia spp.* as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. *Environmental Science & Technology*, 42(12), 4274–4279, 2008.
- NERY, J F.; NERY, G. K. M.; GUEDES, A. M.; LIRA, W.; MEDEIROS, S. S. Effects of cyanotoxins in germination, growth and DNA damages of *Lettuce sativa* (Lettuce) and *Coriandrum sativum* (Coriander). *African Journal of Agricultural Research*, V. 17, P. 39-45, 2021.
- NERY, J F.; NERY, G. K. M.; MEDEIROS, S. S. Microcystin bioaccumulation inn cultures irrigated with eutrophized waters in Brazilian Semiarid. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*, v. 6, p. 05-09, 2020.
- [NEY, J. F.](#); NERY, G. K. M. Guedes, A. M.; Medeiros, S. S. . Potential of *Opuntia stricta* Haw (Mexican elephant ear) in removing cyanobacteria in surface water. *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY*, v. 18, p. 875-881, 2019.
- NISHI L, MADRONA GS, GUILHERME ALF, VIEIRA AMS, ARAÚJO AA, UGRI MCBA, BERGAMASCO R. Cyanobacteria Removal by Coagulation/Flocculation with Seeds of the Natural Coagulant *Moringa oleifera* Lam. *Chemical Engineering Transactions*,24 1129-113, 2011.c
- SIQUEIRA, M. M. T.; NERY, G. K. M.; MEDEIROS, S. S.; NERY, J F. Qualidade De Água Do Reservatório Epitácio Pessoa: Riscos Para Agricultura E Saúde Animal. In: Isaac Araújo Gomes; Érik Serafim da Silva; Marcos Barros de Medeiros; Weverton Pereira de Medeiros; Hélder Formiga Fernandes; Virginia Maria Magliano de Moraes; Bruno Emanuel Souza Coelho; Luzimar Joventina de Melo; Natanaelma Silva Costa. (Org.). *ABORDAGENS TECNOLÓGICAS E SOCIAIS NO NORDESTE BRASILEIRO*. 1ed.Bananeiras - PB: Gepra Editora & Eventos Científicos, 2020, v. 3, p. 1-.
- VASCONCELOS, J F, BARBOSA, J. E. L., LIRA, W.M, AZEVEDO, S.M.F.O. Microcystin bioaccumulation can cause potential mutagenic effects in farm fish. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 39, 185 – 192, 2013.
- ZHANG, D., XIE, P.; CHEN, J., DAI, M., QIU, T., LIU,Y., LIANG, G. Determination of microcystin-LR and its metabolites in snail (*Bellamya aeruginosa*), shrimp (*Macrobrachium nipponensis*) and Silver carp (*Hypophthalmichthysmolitrix*) from Lake Taihu, China. *Chemosphere*76(7),974–981, 2009.