

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS SUJEITOS A DIFERENTES GRAUS DE IMPACTOS

*Tarcila Neves Generoso¹; Carolina Carvalhedo Ferreira Salerno²; Karina Bassan Rodrigues¹;
Davi Camargo dos Santos², Michelle Mota de Souza¹, Ligia Silva Viveiros Gurgel¹, Eloneide
Meneses França Arruda³*

Abstract: The conditions to which a river basin is subjected directly reflect the quantity and quality of its water, which means that the way in which the soil is used becomes a fundamental condition for guaranteeing or not the preservation of water bodies. An appropriate way to carry out a study of this nature is by analyzing water quality parameters in basins that present different forms of land use and occupation, as is the case of the Descoberto and Santa Maria reservoirs, used exclusively to supply drinking water to the population of the Federal District. Thus, the objective of this work was to evaluate and compare the quality of the water, at the abstraction points, of both reservoirs, seeking to identify distinct behaviors between the variables and their possible causes. From the results it was clear that although the reservoirs are well preserved, concentrations in different ranges were found for each reservoir for the variables *E.coli*, ammonia, nitrate, phytoplankton density, conductivity, total dissolved solids, turbidity and dissolved iron, which suggests that more favorable quality conditions are found in Santa Maria reservoir when compared to Descoberto reservoir, which can be attributed to the characteristics of the land use, which is more anthropogenic in the latter. For dissolved oxygen, pH, total phosphorus and temperature, no relevant variations were observed between the reservoirs.

Resumo: As condições as quais uma bacia hidrográfica está submetida reflete diretamente na quantidade e qualidade das suas águas, o que significa que a forma como o solo é utilizado torna-se condição primordial para garantir ou não a preservação dos corpos hídricos. Uma forma adequada de realizar um estudo dessa natureza é analisando parâmetros de qualidade de água em bacias que apresentem formas de uso e ocupação do solo diferenciadas como é o caso dos reservatórios Descoberto e Santa Maria, utilizados exclusivamente para abastecimento hídrico da população do Distrito Federal. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar a qualidade das águas, nos pontos de captação, dos dois reservatórios, buscando identificar a existência de comportamentos distintos entre as variáveis e suas possíveis causas. A partir dos resultados foi possível observar que embora os reservatórios se apresentem em boas condições de conservação, concentrações em faixas diferenciadas foram encontradas para as variáveis *E. coli*, nitrogênio amoniacal, nitrato, densidade de fitoplâncton, condutividade, sólidos totais, turbidez e ferro dissolvido, entre os reservatórios, indicando que condições mais favoráveis de qualidade são encontradas no Santa Maria quando comparado ao Descoberto, o que pode ser atribuído as características da paisagem, que se apresentam

1) Analista de Sistemas de Saneamento na Companhia de Saneamento Ambiental do DF, Avenida Sibipuruna, Lotes 13/21, Águas Claras, Brasília-DF, (61) 32147927, tarcilageneroso@caesb.df.gov.br, karinarodrigues@caesb.df.gov.br, ligiaviveiros@caesb.df.gov.br,

2) Estagiário na Companhia de Saneamento Ambiental do DF, Avenida Sibipuruna, Lotes 13/21, Águas Claras, Brasília-DF, (61) 32147927, carolinacsalerno@gmail.com, davicsantos@caesb.df.gov.br.

3) Analista de Sistemas de Saneamento do DF, Gerente de Recursos Hídricos, Avenida Sibipuruna, Lotes 13/21, Águas Claras, Brasília-DF, (61) 32147925, eloneidefranca@caesb.df.gov.br

mais alteradas neste último. Para o oxigênio dissolvido, pH, fósforo total e temperatura não foram observados variações relevantes, entre os reservatórios.

Palavras-Chave – Uso do solo, recursos hídricos, preservação

INTRODUÇÃO

O uso e cobertura do solo podem impactar a qualidade dos recursos hídricos naturais, de modo que as áreas urbanas e de agricultura são os principais usos que degradam a qualidade da água globalmente (Mello *et al.* 2020), constantemente impulsionados pelo aumento populacional.

Na presença de agricultura, o uso de produtos químicos como fertilizantes e pesticidas, intensifica o cenário de degradação da qualidade da água, já que há uma probabilidade de aumento de nutrientes (nitrogênio e fósforo) nos corpos hídricos. Além disso, as áreas com preparo de solo inadequado, resultam na erosão e assoreamento de rios. Essas atitudes deixam sequelas ambientais e conduzem a um processo de lixiviação, provocando grandes alterações no meio ambiente (Santos *et al.* 2021).

No caso da urbanização há um aumento de áreas impermeáveis, de forma que concentrações maiores de poluentes são arrastadas até os corpos hídricos. Exemplo desses poluentes são os provenientes do contato direto com resíduos e efluentes (domésticos e/ou industriais), que estão entre os impactos mais comuns nos corpos d'água próximos as cidades (Marinho *et al.* 2020). Assim, rios urbanos costumam ser ricos em matéria orgânica, coliformes fecais e nitrogênio e fósforo (Mello *et al.* 2020).

No Distrito Federal, entre os mananciais utilizados para abastecimento público há dois reservatórios artificiais, denominados Descoberto e Santa Maria. Embora suas águas sejam utilizadas exclusivamente para abastecimento, são formados dentro de bacias com características de uso e ocupação do solo bem diferentes. Enquanto o reservatório Descoberto está inserido dentro de uma região com elevada atividade agropastoril e algum grau de urbanização, o reservatório Santa Maria está localizado em uma área de proteção integral, dentro do Parque Nacional de Brasília.

O reservatório Santa Maria foi construído em 1969, sendo o Parque Nacional de Brasília criado para conservar suas águas, a biodiversidade do cerrado e proteger as nascentes do reservatório. Assim há a garantia da qualidade da água do lago, resultado na baixa demanda de produtos químicos para seu tratamento (ICMBio, 2019, ICMBio, 2023). Atualmente, este reservatório é utilizado para abastecimento de cerca de 13% da população local (CAESB, 2021) e por estar localizado dentro de uma área de proteção o lago é considerando, dentro do enquadramento, que se trata de um instrumento voltado ao planejamento da qualidade dos corpos hídricos preconizado pela Resolução Conama nº 357/2005, como classe especial.

Embora seja uma área de proteção integral, no zoneamento da região, apresentado no Plano de Manejo do Parque, há zonas de usos divergentes onde há populações humanas e usos agropecuários, turismo e lazer em processo de regularização fundiária (ICMBio, 2023).

Já o lago Descoberto foi construído para suplementar o abastecimento de água das regiões administrativas de Taguatinga, Gama e do Plano Piloto, quando a capacidade do sistema de abastecimento de água Torto-Santa Maria se esgotasse (Correio Braziliense, 1970). A barragem foi inaugurada em 1974 e é responsável por abastecer aproximadamente 50% do Distrito Federal (CAESB, 2024).

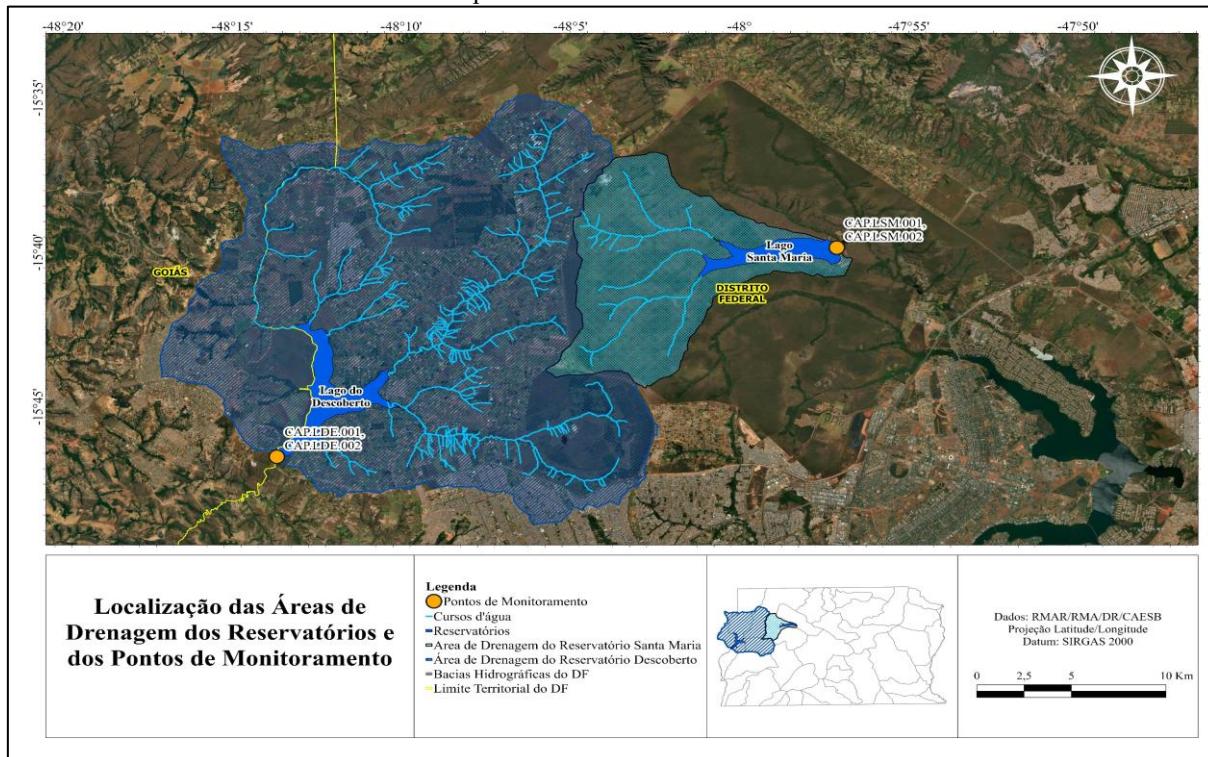
O reservatório do Descoberto está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio Descoberto. A APA foi criada em 1983 com o objetivo de assegurar condições ecológicas satisfatórias à barragem. O Plano de Manejo da APA estabelece zonas com atividades permitidas e não permitidas, de forma que há zonas de conservação, uso rural, urbana e de usos diversos (ICMBio, 2014). A Resolução nº 01 de 2014 propõe que o enquadramento do lago Descoberto seja compatível com a classe 2.

Em função das diferentes características de uso e ocupação do solo entre as bacias, o trabalho objetivou avaliar e comparar a qualidade das águas, nos pontos de captação, dos dois reservatórios, buscando assim identificar a existência de comportamentos distintos entre as variáveis e suas possíveis causas.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido considerando a análise de qualidade da água em dois reservatórios: Santa Maria e Descoberto. Os reservatórios estão localizados em bacias hidrográficas distintas, inseridas quase que integralmente nos domínios territoriais do Distrito Federal, conforme apresentado na Figura 1. No caso do Descoberto, uma parte da sua bacia, encontra-se inserida no estado de Goiás.

Figura 1 – Mapa de localização dos reservatórios do Descoberto e Santa Maria, áreas de drenagem consideradas e pontos de monitoramento.



Para as análises foram considerados diversos parâmetros de qualidade da água, todos nos pontos de captação de água. Em ambos os reservatórios, a captação é feita junto ao barramento em duas profundidades diferentes, estando a 8,75 e 15,75 metros no Santa Maria e a 9 e 16 metros no Descoberto. O monitoramento da qualidade da água é realizado mensalmente pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) nos mesmos locais onde ocorrem as captações (Figura 1). A descrição dos pontos de monitoramento é apresentada na Tabela 1.

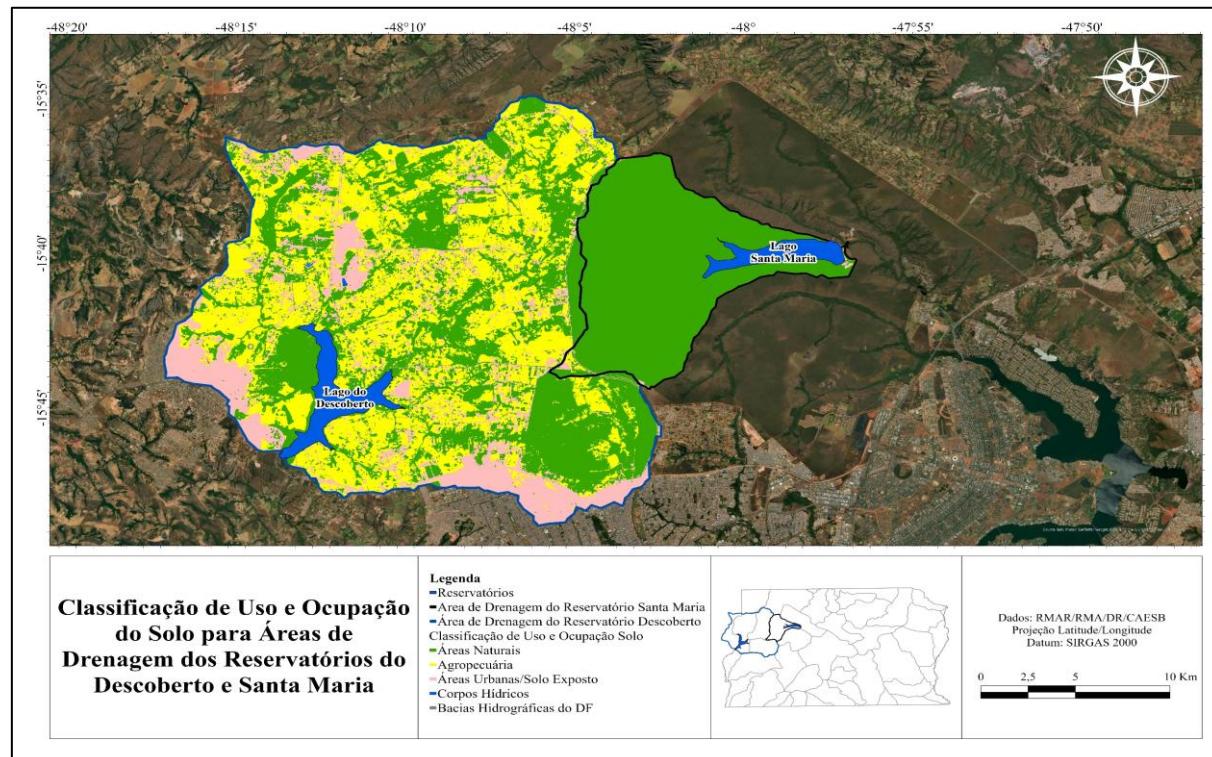
Tabela 1 – Pontos de monitoramento de qualidade da água utilizados no estudo.

Código do Ponto	Localização
CAP.LDE.001	Barramento do reservatório Descoberto, a 16 metros de profundidade
CAP.LDE.002	Barramento do reservatório Descoberto, a 9 metros de profundidade
CAP.LSM.001	Barramento do reservatório Santa Maria, a 8,75 metros de profundidade
CAP.LSM.002	Barramento do reservatório Santa Maria, a 15,75 metros de profundidade

Foram utilizados dados mensais entre março de 2000 a fevereiro de 2025. Devido a falhas que frequentemente ocorrem nos monitoramentos, seja em função do tipo de programa de monitoramento adotado, ausência de equipamento, corpo técnico ou quaisquer outros motivos, foram considerados para análise apenas aqueles parâmetros que apresentaram mais de 30% dos dados, para os dois reservatórios, dentro do período. Sendo assim, os parâmetros avaliados foram: condutividade, *Escherichia coli* (*E. coli*), ferro dissolvido, densidade fitoplanctônica, nitrogênio amoniacal (NH₃), nitrato, oxigênio dissolvido (OD), pH, fósforo total (Pt), sólidos dissolvidos totais (SDT), temperatura e turbidez. Para análise das variáveis, foi utilizado o software R, de tal maneira que os dados foram processados e os gráficos *boxplot* foram gerados para cada parâmetro, nos diferentes pontos de monitoramento.

A Figura 2 mostra as imagens de uso e ocupação do solo utilizadas para a classificação, bem como as áreas de drenagem que foram consideradas para cada um dos reservatórios estudados.

Figura 2 – Imagens usadas para classificação de uso e ocupação do solo recortadas para as áreas de drenagem dos reservatórios do estudo.



Para a obtenção dos dados de uso e cobertura do solo nas bacias onde estão inseridos os reservatórios foi utilizada a Coleção 2 do MapBiomas 10 m, que usa os dados do satélite Sentinel 2, cuja resolução espacial é de 10 x 10 metros, processada no ambiente Google Earth Engine.

RESULTADOS

A Tabela 2 mostra o resultado da classificação feita para as áreas de drenagem, a montante dos reservatórios, quanto ao uso e cobertura do solo, a partir de imagens recentes, indicando diferenças consideráveis entre as regiões.

Apesar do reservatório do Descoberto possuir uma área mais de 4 vezes acima do tamanho da área de drenagem do reservatório Santa Maria, o Descoberto recebe uma drenagem de água que perpassa quase 42% de áreas agrícolas e mais de 17% de áreas urbanas, já o Santa Maria responde a apenas 0,47% e 1,40%, respectivamente, sendo quase totalmente composto por áreas naturais (94,44%).

Tabela 2 – Características de uso e ocupação do solo das áreas de drenagem estudadas

Reservatórios	Área considerada (km ²)	Áreas Naturais	Agropecuária	Área Urbana	Corpos Hídricos
Descoberto	453,72	38,28%	41,73%	17,25%	2,74%
Santa Maria	105,61	94,44%	0,466%	1,40%	6,54%

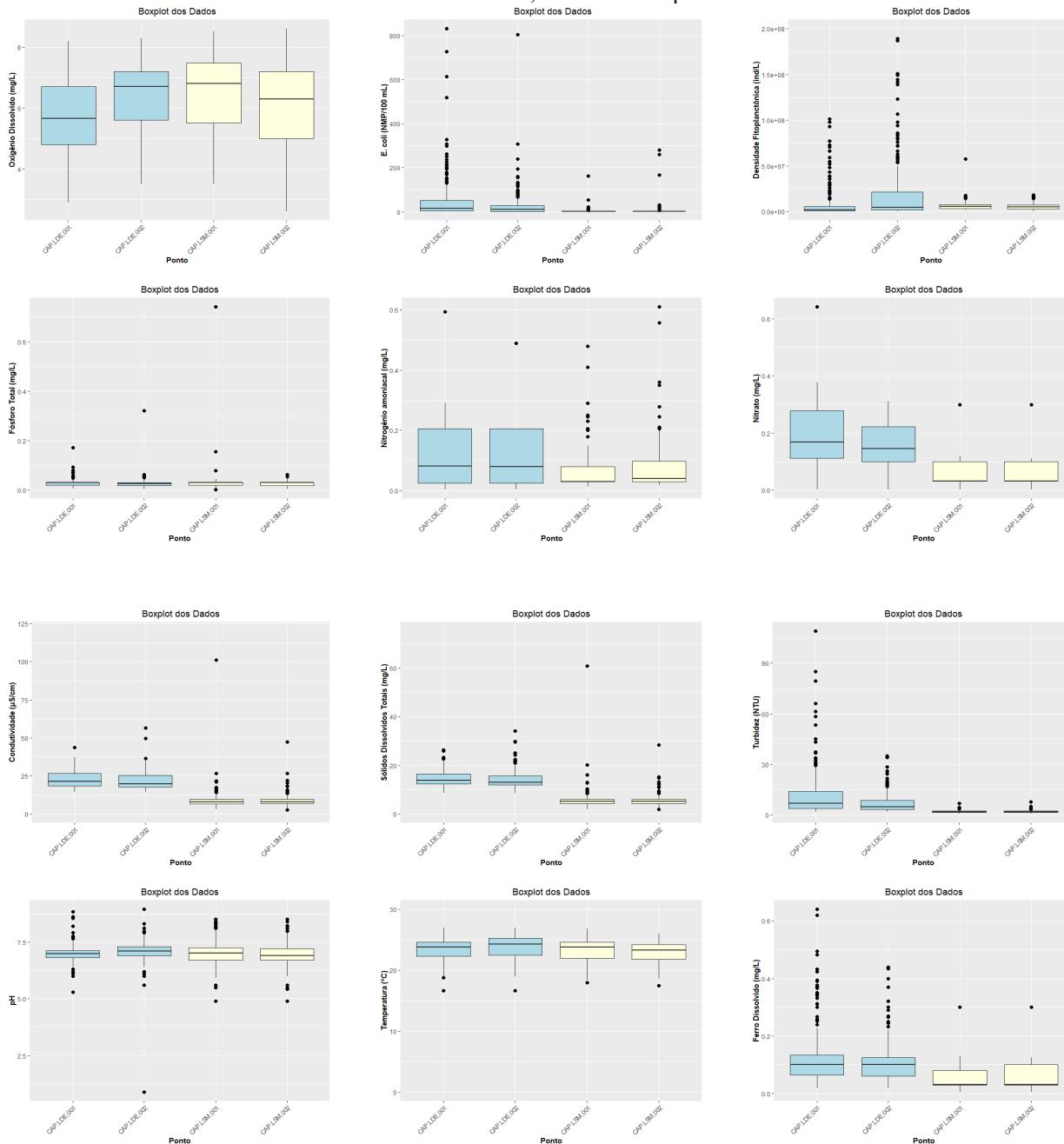
A Figura 3 apresenta os gráficos de *boxplots* gerados a partir das séries históricas dos parâmetros de qualidade de água. Para alguns parâmetros foi observada variabilidade no comportamento, podendo estar associado, principalmente, aos usos do solo em cada uma das bacias analisadas.

Pode-se notar valores maiores de *E. coli* na área menos preservada, isto é, para o reservatório do Descoberto, quando comparada a área mais preservada. Essa condição reflete a maior variabilidade dos usos desta bacia, tornando-a mais suscetível a diferentes fontes de poluição. Embora a Resolução nº 357 de 2005 do Conama preconize limites apenas para Coliformes Termotolerantes, um estudo desenvolvido pela Cetesb (2008) concluiu que a razão *E. coli*/Coliformes Termotolerantes nas amostras analisadas está em torno de 80%.

Sendo assim, considerando que o limite de *E. coli* para classe 1 seja 160 NMP/100mL (classe especial não apresenta limite definido) e para a classe 2 seja de 800NMP/100mL, pode-se dizer que os valores encontrados tanto para o Santa Maria quanto para o Descoberto estiveram compatíveis com suas respectivas classes de enquadramento, para a grande maioria dos dados.

Em relação a quantidade de nutrientes (nitrogênio e fósforo total) observa-se que embora o fósforo não tenha apresentado comportamento contrastante entre os reservatórios, a concentração em média, tanto de nitrogênio amoniacal quanto do nitrato, é menor no reservatório Santa Maria, apresentando apenas algumas ocorrências de valores maiores, considerados como *outliers*. Um estudo feito por Costa Junior *et al.* (2024) em uma microbacia do rio Paranaíba (Goiás), mostra que o avanço de áreas agrícolas aumentou a concentração de nutrientes como o nitrogênio amoniacal e o fósforo no corpo hídrico, podendo vir a impactar a fauna ali presente. Estudos dessa natureza ajudam a explicar os maiores valores de nitrogênio e nitrato encontrados na bacia do Descoberto em relação ao Santa Maria, mesmo apresentando concentrações bem abaixo do limite estabelecido pelo enquadramento, e ainda distante de uma condição de eutrofização.

Figura 3 – Boxplots dos parâmetros de qualidade da água analisados nos pontos de captação dos reservatórios Descoberto e Santa Maria, em diferentes profundidades.



Os maiores valores de nitrogênio encontrados no reservatório do Descoberto em relação ao Santa Maria podem também justificar as diferenças apresentadas nas densidades de fitoplâncton entre os reservatórios. As espécies de fitoplâncton são altamente variáveis em suas respostas às condições ambientais, particularmente considerando elementos como luz solar e nutrientes, que influenciam diretamente na sua reprodução (Litchman e Klausmeier, 2008).

Nota-se que no Descoberto há uma ocorrência, considerando a profundidade de 16 metros, de valores bem mais elevados, indicando também uma frequência maior de valores atípicos, que podem ocorrer em função da sazonalidade.

Menores valores para condutividade também foram encontrados no reservatório Santa Maria, inserido na área mais preservada. Esse resultado corrobora com os encontrados por Souza e Gastaldini (2014) que avaliou a qualidade da água em sub-bacias do rio Vacacaí-Mirim, no Rio Grande do Sul, com diferentes usos e ocupação do solo.

Também foi observado que as concentrações de sólidos totais e turbidez produzidos ocorreram em maiores proporções no reservatório do Descoberto, cujas características agrícolas favorecem a erosão e perda do solo. Ribeiro *et al.* (2022) também mostraram em seu estudo sobre a qualidade da água de um manancial de abastecimento público e sua relação com o uso e ocupação do solo, que as áreas com maiores coberturas vegetais refletiram em menores concentrações de turbidez, o que proporciona melhoria da qualidade da água.

Ao analisar os dados de ferro dissolvido, verificou-se valores inferiores no reservatório Santa Maria quando comparados aos do reservatório do Descoberto. As concentrações de ferro dissolvido em águas de superfície ocorrem principalmente em função do carreamento de partículas de solo e da erosão de margens de corpos hídricos (CETESB, 2013), frequentemente associados a áreas de pastagens, solos expostos ou intensamente modificadas por ação humana. Tais ambientes favorecem o transporte de sedimentos ricos em ferro que, devido a reações físico-químicas, entram em solução comprometendo a qualidade da água de lagos, rios, etc. Em contrapartida, áreas compostas por vegetação arbórea diversificada e nativa bem preservada, como ocorre na área do Parque Nacional onde está situado o reservatório Santa Maria, são capazes de reter fluxos de nutrientes e sedimentos antes que estes atinjam quaisquer fontes de água (Nogueira, 2016).

Por fim, considerando o oxigênio dissolvido e pH, não foram verificados comportamentos discrepantes entre os reservatórios, de forma que as maiores diferenças em relação ao OD se devem às variações de profundidade entre os pontos. Essa condição é esperada, considerando que em profundidades maiores o nível de oxigênio dissolvido é menor, o que se deve a redução da incidência de luz solar e, consequentemente, redução da fotossíntese.

CONCLUSÃO

Fica evidente que embora as variáveis de qualidade analisadas tenham, ao longo dos anos, apresentado concentrações compatíveis, em sua imensa maioria, com as classes 1 e 2, as águas encontram-se mais preservadas no reservatório de Santa Maria, inserido dentro de uma área de proteção integral. Sendo assim, nota-se que a intensificação do uso e ocupação do solo, com o desenvolvimento da agricultura, urbanização e demais atividades antrópicas, impactam de alguma forma o reservatório do Descoberto apresentando níveis mais elevados de *E. coli*, nitrogênio amoniacal, nitrato, densidade de fitoplâncton, condutividade, sólidos totais e turbidez. Quanto ao ferro dissolvido as maiores concentrações no Descoberto se devem provavelmente ao maior carreamento de partículas do solo associadas a maior proporção de áreas modificadas pela ação humana na região. Para o oxigênio dissolvido, pH, fósforo total e temperatura não foram observados comportamento discrepantes entre os reservatórios.

Vale ressaltar que ações para melhorar as práticas agrícolas vem sendo desenvolvidas na bacia do Descoberto por meio do Programa Produtor de Água, uma iniciativa que envolve diversas instituições das esferas municipal, estadual, federal e privada, visando o desenvolvimento da política de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA. Essas ações provavelmente impactarão positivamente à conservação e uso futuro do solo da bacia, o que incentiva que estudos dessa natureza sejam realizados, visando assim detectar as consequências dessas mudanças na qualidade da água do reservatório.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) pela disponibilização dos dados e suporte para o desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2008). “Monitoramento de *Escherichia coli* e Coliformes Termotolerantes em Pontos da Rede de Avaliação da Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo”. Relatório Técnico. São Paulo - SP.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL” (2014). “Relatório de Qualidade das Águas Superficiais - Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade”, Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgclefindmkaj/https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2025.

CORREIO BRAZILIENSE (1970). “Vem mais água com barragem do Descoberto”. Brasília, 7 de junho de 1970, pp. 13.

COSTA JUNIOR, E. F.; SILVA, D. F. da; BARROS, C. G. D.; ROSA, A. L. D. da; MOREIRA, R. M. (2024). “Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em uma microbacia do Rio Paranaíba, Goiás”. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, 13(3), pp.77-87.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2014). “Plano de Manejo – APA Bacia do Rio Descoberto”. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/apa-da-bacia-do-rio-descoberto/arquivos/apa_bacia_do_rio_descoberto_pm_encartes_12_e_3planodemanexo.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2025.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2019). “Reservatório Santa Maria atinge capacidade máxima”. Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/reservatorio-de-agua-em-uc-atinge-capacidade-maxima>>. Acesso em: 29 nov. 2024.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2023). “Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília”. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-de-brasilia/arquivos/minuta_plano_pnb_v8_final.pdf>, acesso em: 28 mar. 2025.

LITCHMAN, E., KLAUSMEIER, C.A. (2008). “Trait-based community ecology of phytoplankton”. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 39(1), pp. 615 - 639.

MARINHO, E. R.; MOREIRA, F. S. A.; BRITO, W. J. P.; MOREIRA, F. L. B. B.; SILVA, E. R. M.; SANTOS, L. F. (2020). “*Avaliação da Ação Urbana no Canal Água Cristal em Belém, Pará, um Estudo Sobre Qualidade da Água*”. Revista Brasileira de Geografia Física, 13(1), pp. 322-335.

MAPBIOMAS – Coleção 2 MapBiomas 10 metros da série anual de Mapas de [Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 25/03/2025, através do link: <https://brasil.mapbiomas.org/mapbiomas-cobertura-10m/>

MELLO, K.; TANIWAKI, R. H.; de PAULA, F. R.; VALENTE, R. A.; RANDHIR, T. O.; MACEDO, D. R.; LEAL, C. G.; RODRIGUES, C. B.; HUGHES, R. M. (2020). “*Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil*”. Journal of Environmental Management 270 110879, pp. 1 – 16.

NOGUEIRA, A. M. (2016). “*Mata Ciliar na proteção de fluxo de nutrientes em corpos lacustres*”. Dissertação de Mestrado, Afenas/MG – 87p.

RIBEIRO, G. T., SOUZA, N. F. C. de., BIANCHI, G. B., GOMES, B. M., ANDRADE, N. L. R. de. (2022). “*Avaliação da qualidade da água do manancial de abastecimento público do município de Ji-Paraná-RO e sua relação com o uso e ocupação do solo da bacia do rio Urupá*”. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. 15(1), pp. 429-447.

SANTOS, P. S. dos., SANTOS, M. E. de G. dos., SANTOS, R. dos. (2021). “*Uso e ocupação do solo: reflexão sobre impacto ambiental*”. Revista Agro-Environmental Sciences. 7, e021005.

SOUZA, M. M. de., GASTALDINI, M. do C. C. (2014). “*Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos*”. Engenharia Sanitária e Ambiental. 19(3), pp. 263-274.