

Artigo Técnico

Represamento de veredas e conhecimento sobre a estrutura física de reservatórios rasos para mitigar impacto ambiental urbano

Damping of vereda and knowledge about the physical structure of shallow reservoirs to mitigate urban environmental impact

Heytor Lemos Martins^{1*} , Eliana Aparecida Panarelli¹ , Jaqueline Souza Borges¹ , Rodrigo Ney Millan¹ 

RESUMO

ABSTRACT

O estudo das modificações que um determinado ambiente sofreu com o uso e ocupação do espaço é fundamental para a compreensão das características encontradas atualmente na paisagem. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização física de um sistema aquático urbano, em uma perspectiva espaço-temporal, para sustentar um estudo descritivo. A descrição é baseada em imagens do Google Earth no período de 2002 a 2019. Os dados de morfometria da bacia hidrográfica foram obtidos desse programa. Foram calculados o volume dos reservatórios, a profundidade máxima, a profundidade média, o índice de desenvolvimento de margem (Ds) e o índice de desenvolvimento de volume (Dv). A bacia possui formato circular, baixo relevo e extensão toda impermeabilizada, o que favorece o escoamento superficial e subsuperficial diretamente para o ponto mais baixo da bacia. Os três reservatórios foram enquadrados como sistemas rasos. O Ds mostrou que o reservatório 3 possui formato que tende a um círculo e o reservatório 1 possui forma triangular. O Dv, com o mapa batimétrico, mostra que os reservatórios 1 e 2 possuem forma levemente côncava com tendência ao formato cônico e o reservatório 3 apresenta formato cônico. Os ambientes aquáticos estudados são resultados de barramento de um rio de primeira ordem que está localizado na região mais baixa da bacia, a qual direciona a água da chuva para o parque e causa enchentes em razão da completa impermeabilização pelo asfalto. Por não possuir vegetação ciliar, esses ambientes estão susceptíveis a processos de assoreamento e eutrofização.

The study of the changes that a given environment has undergone over time with the use and occupation of space is fundamental for understanding the characteristics found in the landscape. Thus, the objective of this work was to carry out a physical characterization of an urban aquatic system, in a space-time perspective, supporting a descriptive study. The description is based on Google Earth images from 2002 to 2019. The basin morphometric data was obtained using Google Earth. The volume of the reservoirs, the maximum depth, the average depth, the margin development index (Ds) and the volume development index (Dv) were calculated. The basin has a circular shape, low relief, and a completely waterproof extension, favoring the superficial and subsurface flow directly to the lowest point of the basin. The three reservoirs were classified as shallow systems. The Ds revealed that reservoir 3 has a shape tending to a circle and reservoir 1 has a triangular shape. The Dv, next to the bathymetric map, shows that reservoirs 1 and 2 have a slightly concave shape tending to a conical shape and reservoir 3 has a conical shape. The aquatic environments studied are the results of the damming of a river of the first order that is located in the lowest region of the basin, which directs the rainwater to the park and causes flooding due to the complete waterproofing by the asphalt. As they do not have riparian vegetation, these environments are susceptible to silting and eutrophication processes.

Palavras-chave: morfometria; veredas; áreas alagadas; sistema hídrico urbano.

Keywords: morphometry; vereda; wetlands; urban water system.

INTRODUÇÃO

O estudo das modificações que um determinado ambiente sofreu ao longo do tempo com o uso e ocupação da terra é fundamental para a compreensão das características encontradas atualmente na paisagem.

Ab'Saber (2003) classifica o cerrado como um domínio morfoclimático e fitogeográfico, onde ocorrem “cerradões, cerrados e campestres nos interflúvios e florestas-galerias contínuas”. Na descrição do autor encontram-se algumas fitofisionomias, incluindo aquela conhecida como vereda definida como

¹Universidade do Estado de Minas Gerais – Frutal (MG), Brasil.

*Autor correspondente: heytor.lemos18@gmail.com

Conflito de interesses: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum.

Recebido: 07/06/2021 - Aceito: 03/10/2021 - Reg. Abes: 2021151

“cabeceiras de drenagem em *dales*, ou seja, ligeiros anfiteatros pantanosos, pontilhados por buritis”, típica paisagem no entorno de pequenos cursos d’água em áreas úmidas, participantes do controle de fluxo do nível freático com desempenho fundamental no equilíbrio hidrológico do sistema hídrico do cerrado. A Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012) caracteriza vereda no art. 3º como “fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* —buriti emergente, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas”. A ocorrência desta fitofisionomia está relacionada ao surgimento de reservatórios subterrâneos de água e por fauna e flora características, encontradas somente em solos com condições hidromórficas, onde cor, textura e composição se relacionam diretamente com condições de contínuo encharcamento (EITEN, 1983; RIBEIRO; WALTER; FONSECA 1999; FELFILI *et al.*, 2001).

As veredas possuem um grande papel ecológico, funcionando como área de abrigo e alimentação de diversas espécies e contribuindo para a manutenção de populações típicas da fauna terrestre e aquática (RIBEIRO; WALTER; FONSECA, 1999). Destacam-se, ainda, algumas funções ecológicas, como: 1) manutenção da cobertura de vegetação natural, a qual possui capacidade de interferir na redução da erosão; 2) redução da sedimentação e regulação do regime das águas; 3) conservação, proteção e manutenção da diversidade animal e vegetal que ocorre na parte terrestre, na área de transição e na área aquática, com grande biodiversidade; 4) capacidade (vegetação) de realizar autodepuração das águas, assimilando os nutrientes, reduzindo ou até removendo a quantidade de contaminantes e nutrientes em excesso; e 5) maior produtividade que ecossistemas terrestres e aquáticos, dada a rapidez com que os ciclos ocorrem (RAMOS *et al.*, 2006; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2010). As veredas também possuem papel na hidrologia e estrutura paisagística, que sofrem modificações com a expansão dos perímetros urbanos, propiciando alterações na fauna e flora das veredas, que podem ser irreversíveis em virtude da baixa capacidade de regeneração desses ambientes (ARAÚJO *et al.*, 2002). Sendo assim, após visualizar a sensibilidade às alterações desse ecossistema, tanto as legislações federais quanto as estaduais reconhecem esse ambiente como uma área protegida por lei, ou seja, uma Área de Preservação Permanente (APP). O Código Florestal (Lei nº 12.651/12), complementado pela Lei nº 12.727/12, estabelece, “em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado”; já “as áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais” ficam definidas pelo licenciamento aprovado para o empreendimento (BRASIL, 2012).

O represamento de rios de primeira ordem, que contém veredas ao longo de sua paisagem, além de perder a obrigatoriedade da forma mais restritiva de APP, transformam ambiente lótico em léntico, ou seja: um ambiente cujo fluxo era responsável pela dinâmica horizontal de erosão, transporte e deposição passa a ter dinâmica predominantemente vertical, com intensificação do processo de deposição de partículas e nutrientes em reservatórios, comprometendo, assim, toda fauna e flora aquática. Isso porque, com essa transformação, o ambiente tende a aumentar a carga de nutrientes, favorecendo a eutrofização em menor espaço de tempo (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2010). Lagos e reservatórios urbanos podem ser definidos como estruturas abertas que integram o sistema de macrodrenagem das águas pluviais e são divididos em dois tipos: retenção ou detenção. Ambos possuem como objetivo principal a função de controlar a vazão máxima e promover o amortecimento das

vazões pluviométricas, amenizando problemas como alagamentos e enchentes ocasionados pela alta taxa de impermeabilização da superfície urbana. Com essas características, reservatórios e lagos urbanos são sistemas que permitem a estruturação para utilização em diversas atividades recreativas como harmonização de parques, pesca, passeios aquáticos, além de aplicação/reutilização da água desses ambientes em atividades de irrigação e aquicultura (AROUCA, 2016; SANTOS, 2018).

Reservatórios urbanos de pequeno tamanho e profundidade reduzida podem ser expostos a graves distúrbios pelo contato com atividades antrópicas, com prejuízo para a biodiversidade aquática ocasionados pelo uso da terra, eutrofização e destruição de habitat (KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2019). Apesar de ter multiplicidade de funções extremamente úteis, esses ambientes atraem pouco interesse da comunidade científica e não costumam ser incluídos em estudos de monitoramento. Além disso, existem diferenças entre o funcionamento de pequenos reservatórios e ecossistemas naturais lacustres (DULEBA *et al.*, 2019).

Considerando-se a escassez de estudos sobre veredas urbanas e as alterações no sistema original situado em áreas de constantes transformações paisagísticas, como é o caso do espaço urbano, torna-se necessário inserir no planejamento e manejo desses sistemas os conhecimentos sobre morfometria de bacias hidrográficas, visando prever e minimizar alagamentos.

Alagamentos indesejados podem ser gerados pelo dimensionamento inadequado do sistema de drenagem urbana, e esse problema pode ser mitigado pela construção de bacias de retenção, formando reservatórios rasos urbanos. Entretanto, ao mesmo tempo que a presença de reservatórios urbanos minimiza alagamentos e cria ambiente com função paisagística e recreacional, tais ambientes podem possuir tempo de vida curto em decorrência da maior propensão ao assoreamento e eutrofização da água. O conhecimento da morfometria de reservatórios, que integra a estrutura e dinâmica de ecossistemas aquáticos, também pode ser importante ferramenta para o manejo adequado desses sistemas aquáticos criados em ambiente urbano.

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização física de um sistema aquático urbano construído em área de vereda com finalidade paisagística, recreacional e de retenção de água, levando-se em conta o aspecto temporal de transformações, a estrutura morfométrica da bacia hidrográfica de rio de primeira ordem e a de reservatórios urbanos, visando oferecer subsídios para a gestão do espaço público urbano.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi predominantemente descritivo e trata a paisagem do Parque dos Lagos (Frutal/MG) em suas transformações ao longo de tempo, com foco nos corpos d’água. A descrição foi baseada em imagens do Google Earth no período de 2002 a 2019. As informações anteriores a 2002 fazem parte da memória de um dos autores, que reside próximo ao local, e de informações colhidas por meio de questionário com familiares, antigos moradores e pessoas que trabalharam nas obras realizadas no Parque dos Lagos.

Ambiente de estudo

O parque Leda Campos Borges, também conhecido como Parque dos Lagos, situa-se em uma das nascentes da bacia hidrográfica do Córrego Vertente Grande, afluente do Ribeirão Frutal, no município de Frutal (MG), entre as coordenadas geográficas 20°01’27” e 20°01’23”S; 48°55’20” e 48°55’33”W, com altitude que

varia entre 540 e 527 m. O parque possui cerca de 53.000 m² de área e abriga três pequenos reservatórios (R1, R2 e R3) (Figura 1). Insere-se no domínio de Cerrados, local originalmente ocupado por fitofisionomia de savanas brasileiras, em clima definido como Aw, segundo a classificação Köppen-Geiger, tropical sazonal com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES *et al.*, 2013), temperatura média de 23,8 °C e precipitação anual de 1.626,9 mm (ACCUWEATHER, 2020).

Questionário

Questionários foram aplicados a dez entrevistados que residem há anos nas proximidades do Parque dos Lagos. As respostas foram utilizadas para registro da história recente relacionada com a transformação da paisagem e o processo de modificação do sistema aquático inserido no local. Antes da aplicação, o questionário passou por Comitê de Ética em Pesquisa via Plataforma Brasil (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética nº 41440620.3.000.5525, parecer nº 4.702.606) e foi composto das seguintes perguntas:

1. Idade?
2. Profissão?
3. Você reside na região do Parque dos Lagos?
4. Caso a resposta da perguntar anterior seja sim, há quanto tempo você reside nessa região?
5. Você observou as mudanças ocorridas no Parque dos Lagos?
6. Faça uma breve descrição de todas as alterações ocorridas até o momento.

Morfometria da bacia

A morfometria da bacia hidrográfica foi determinada com a utilização de medições obtidas em imagens de satélite (Google Earth, 2019), para a obtenção dos seguintes parâmetros: perímetro da bacia, área da bacia, comprimento do rio principal, comprimento de canais, amplitude altimétrica e número de tributários. Os parâmetros índice de circularidade e relação de relevo foram determinados de acordo com Christofoletti (1980).

Morfometria dos reservatórios

A caracterização morfométrica dos reservatórios foi baseada em Hakanson (1981) e Cole, (1983) *apud* Bezerra Neto e Pinto-Coelho (2002). O comprimento

máximo e a largura máxima foram obtidos no local com o auxílio de corda graduada, em campanhas realizadas nos dias 22 de maio de 2020 (R1 e R3) e 24 de setembro de 2020 (R2), a última realizada durante o período de estiagem por conta das restrições impostas pela pandemia por COVID-19. Dados para a situação de reservatório com tamanho máximo de área de superfície observado em imagem de satélite (Google Earth — maio de 2019) foram utilizados para estimar parâmetros morfométricos em situação de cheia, considerando-se a profundidade máxima conhecida de 1,5 m. Em cada reservatório foram traçados transectos, distantes 10 m entre si, e em cada transecto foram realizadas medições de profundidade, a cada 5 m no reservatório 1 e a cada 10 m nos demais.

Os mapas batimétricos foram construídos em programa AutoCAD® auto-desk® (2019) após plotagem das profundidades para gerar as isolinhas e obtenção dos valores de superfície e área em cada profundidade preestabelecida.

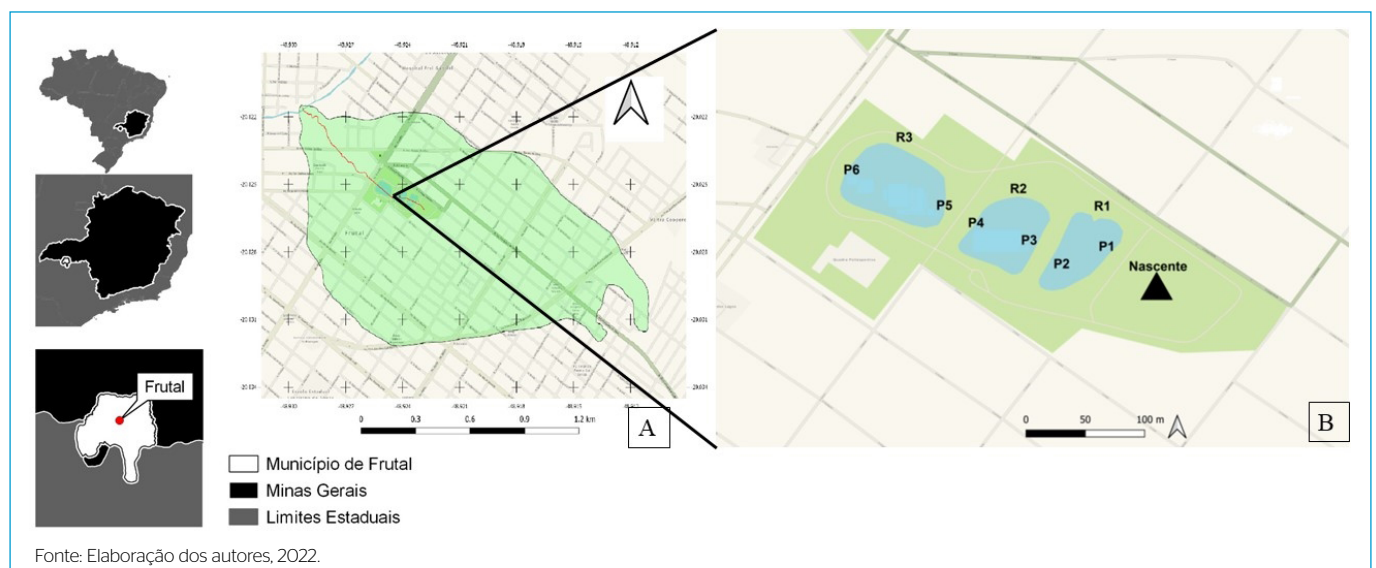
O volume de cada reservatório foi estimado com a obtenção do volume entre duas profundidades, com intervalos de 0,30 m (R1), 0,20 m (R2) e 0,40 m (R3), utilizando a equação proposta por Hakanson (1981) — autor que embasou o cálculo de profundidade máxima, profundidade média, índice de desenvolvimento de margem e índice de desenvolvimento do perímetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição das transformações introduzidas na paisagem do Parque dos Lagos

A paisagem do local de estudo, antes da construção do Parque dos Lagos, era composta de pastagem, com presença de árvores esparsas e área parcialmente alagada, formada por vereda com presença de buritis (*Mauritia flexuosa*).

Em 1983, foi fundado na região da vereda um horto florestal com 2,84 ha de área, destinado à distribuição de mudas para a comunidade, sob coordenação do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF/MG), onde também existia uma área de lazer. O primeiro represamento era preenchido com a água da nascente e servia para a irrigação das mudas. Moradores da região afirmam que a nascente que supria o lago era preservada, com vegetação em seu entorno e fauna rica, com populações de macacos, tatus, capivaras, entre outros.



Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

Figura 1 - Localização do ambiente em estudo: A) bacia de córrego de primeira ordem; B) reservatórios (R1, R2 e R3) localizados em rio represado.

Em 1990, o horto foi desativado e ficou abandonado até o ano 1994, quando teve início o planejamento para a construção da área de recreação para a comunidade. Apenas em 1998 o projeto passou a ser executado, com a instalação de pista para caminhada pavimentada no entorno de dois reservatórios (lagos) próximos à região da nascente de um rio de primeira ordem que foi represado para esse fim, com 1,70 m de profundidade. A Figura 2 mostra os dois reservatórios de acúmulo de água nos anos de 2002 (A) e 2020 (B). Na mesma figura também é apresentada a região da nascente, drenando água por encanamento ligado ao R1 e dele para o R2, seguido por área de vereda a jusante dos lagos, com curso de água estreito e área alagável à margem direita. Em 2011, iniciou-se a construção do R3, que consiste em mais uma barragem do curso d'água de primeira ordem, com inundação da área de vereda, construído com função de bacia de retenção de água pluvial vinda dos bairros por canalização da microdrenagem para evitar enchentes na Avenida Brasília (20°01'29.69"S, 48°55'32.38"O, altitude 676) (Figura 2B). A Figura 2A esquematiza o fluxo da água com origem na nascente, que segue através dos reservatórios, e o fluxo de água superficial que chega aos reservatórios. O fluxo superficial aumentou ao longo dos anos como consequência da impermeabilização do terreno e da expansão da área urbana. Este estudo estimou que 86% da bacia esteja impermeabilizada (Figura 3).

A Figura 4 mostra que a construção de R3 foi realizada sobre a vereda, reduzindo a área de alagamento, sem grande escavação para a formação de ambiente profundo. A construção de reservatórios rasos, com aterro de área alagável, redução da área de infiltração, aumento do escoamento superficial, amplificação do carreamento de sedimentos para os corpos d'água e consequente assoreamento, resultou na ineficiência da contenção da água da chuva e no soterramento da nascente, que passou a ser intermitente, com interrupção de afloramento nos meses de estiagem.

A redução da água dos reservatórios no período de estiagem é agravada pela baixa densidade de vegetação às margens dos corpos d'água. O aumento da temperatura no fim do período de estiagem, sem o sombreamento da vegetação, intensifica a evaporação da água represada. A presença da vegetação no entorno dos ambientes aquáticos não está associada somente à diminuição da evaporação e à temperatura mais amena no ambiente aquático, mas à redução da entrada de materiais alóctones que, além de ocasionar alteração dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do sistema, promovem o assoreamento dos sistemas aquáticos (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2010).

Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do córrego dos reservatórios

A bacia hidrográfica do córrego de primeira ordem é apresentada na Figura 1 e os dados morfométricos, na Tabela 1. O índice de circularidade mostra formato aproximadamente circular, que favorece rápido escoamento, com propensão a enchentes na Avenida Brasília, próximo ao local onde o córrego de primeira ordem deságua no córrego Vertente Grande.

A relação de relevo obtida para o local é baixa, favorecendo a infiltração da água quando o terreno não está completamente impermeabilizado. Entretanto, a maior parte da bacia é ocupada por regiões pavimentadas e tem poucas áreas de cobertura vegetal (13,97%), o que favorece o escoamento superficial em detrimento da infiltração e percolação da água para alimentação das águas subterrâneas (Figura 3). A falta de infiltração da água na bacia acarreta prejuízos ao volume de água da nascente.

Morfometria dos reservatórios

Os parâmetros morfométricos dos três reservatórios estudados podem ser vistos na Tabela 2. Os reservatórios são rasos, com profundidade média entre 0,30 e 0,89 m, o que favorece a penetração de luz até o fundo. Ambientes aquáticos que possuem profundidade abaixo de 1 m apresentam condições favoráveis à produtividade biológica graças às trocas proporcionadas pela interface ar/água (BRIGHTENTHI, 2011). A profundidade máxima de cada reservatório está situada próximo à saída de água ou, no caso de R3, na antiga calha do rio.

Os reservatórios apresentam expressiva variação de dimensões, constatada em R2, com estimativas feitas para duas épocas do ano. No fim da estiagem, R2 apresenta área de superfície correspondente a 32% da área total, com redução do volume para 44% de sua capacidade máxima (Tabela 2).

Em R3 ocorre o desenvolvimento de macrófitas enraizadas e emersas do gênero *Typha*, na região de entrada de água proveniente de R2 (Figura 5). Em R2, o banco de macrófitas existente permanece fora da área alagada durante a fase de estiagem. Esse banco de macrófitas assume o papel de retenção de sedimentos, sendo importante na alteração do formato ao longo do tempo (RIBEIRO; HOLANDA; ARAÚJO-FILHO, 2013). No caso de R3, o assoreamento é tampornado pela retenção de sedimento em R2. Ressalta-se que a deficiência de vegetação ciliar potencializa a entrada de sedimento nos sistemas. Segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2010), a remoção da APP, composta de mata ciliar, prejudica os serviços ambientais, comprometendo a qualidade da água.



Figura 2 - Visão de satélite do Parque dos Lagos em 2002 (A) com as construções iniciais e em 2020 (B), em que: R1, R2 e R3 = reservatórios; N = nascente, setas amarelas = fluxo da água da nascente para os demais reservatórios; setas vermelhas = fluxo de água que chega aos reservatórios por escoamento superficial.

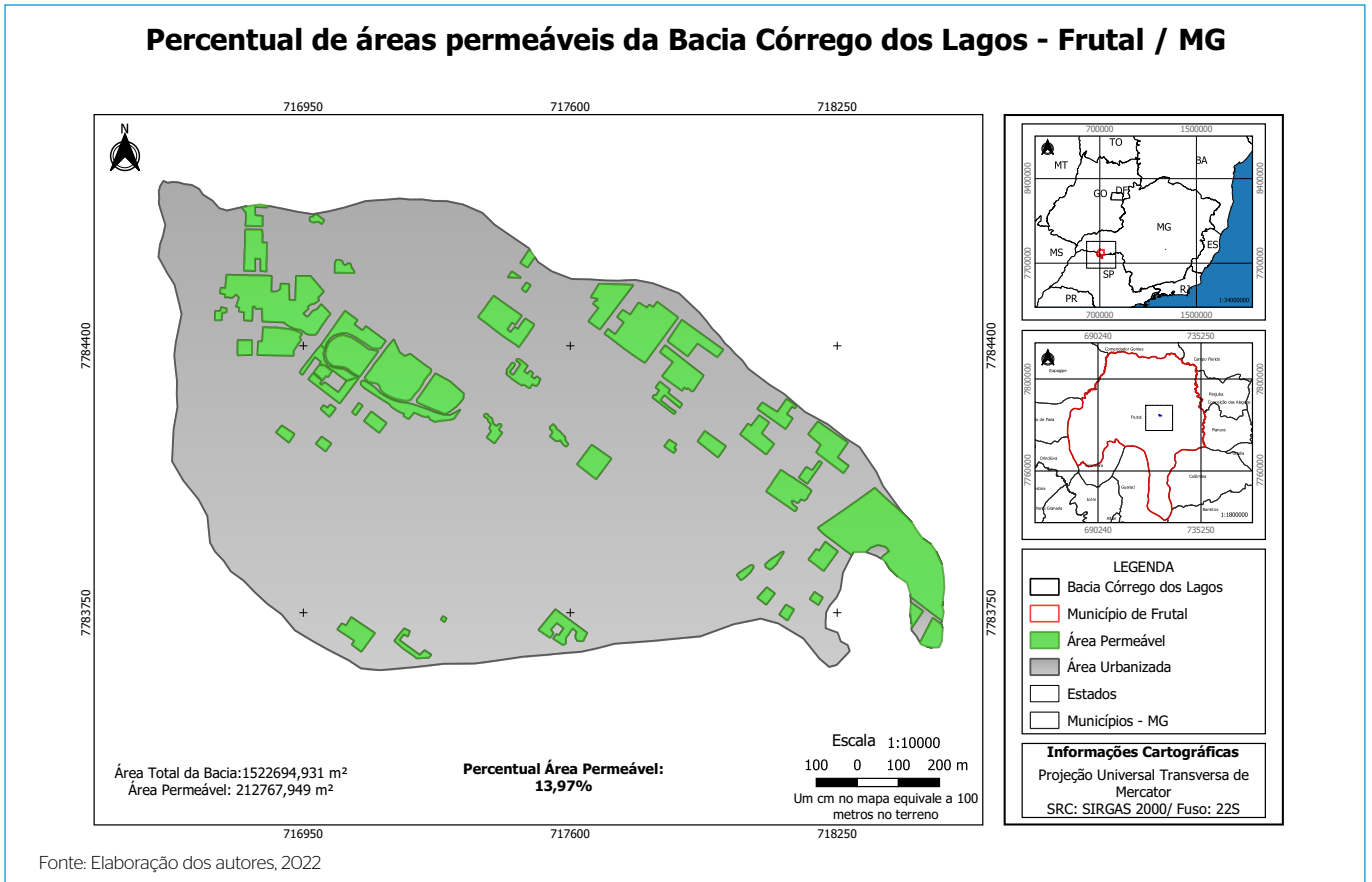
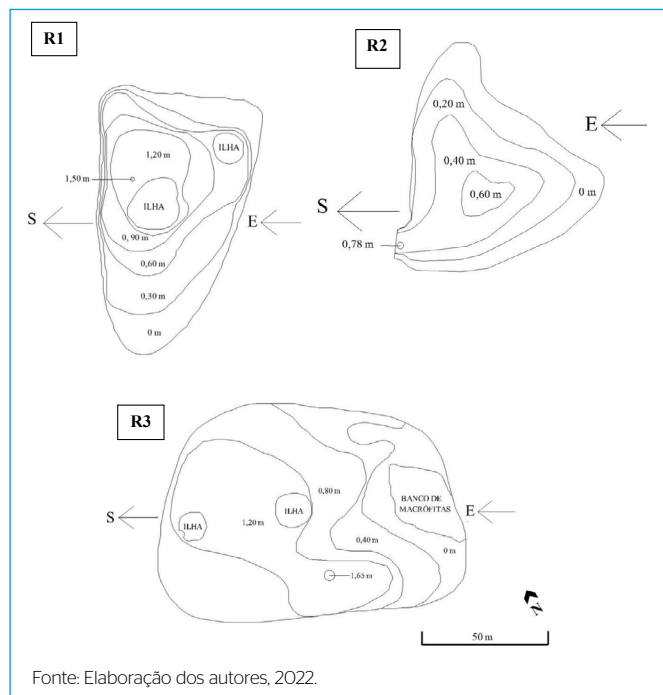


Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Córrego dos Lagos, localizada em Frutal, Minas Gerais.



Figura 4 - (A) Local de construção de R3, com retirada da vegetação no ano de 2011; (B) processo de escavação na área de vereda para estruturação do lago no ano de 2012; (C) reservatório 3, finalizado em 2013.



Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

Figura 5 - Mapa batimétrico dos três reservatórios do Parque dos Lagos, em que: R1, R2 e R3 = reservatórios; E = entrada de água; S = saída de água.

Tabela 1 - Dados morfométricos da bacia hidrográfica dos reservatórios.

Caraterística morfométrica	Unidades de medida	Valores obtidos
Área	km ²	1,5
Perímetro	m	5,8
Comprimento do rio principal	m	954
Altitude de cabeceira	m	572
Altitude da foz	m	508
Amplitude altimétrica (Aa)	m	64
Relação de relevo (Rr)	m/km	0,067
Índice de circularidade (Ic)	-	0,57

Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

Tabela 2 - Parâmetros morfométricos dos reservatórios do Parque dos Lagos, em que: Dp = índice de desenvolvimento de margem; Dv = índice de desenvolvimento de volume.

Parâmetro	R1	R2	R3
Comprimento máximo (m)	74,20	42,2 - 77,3*	88,10
Largura máxima (m)	44,50	37,50 - 63,0*	61,40
Perímetro (m)	269,90	139 - 219,0*	251,00
Área de superfície (m ²)	2.221,60	1057 - 3273,00*	4.578,00
Volume (m ³)	1.432,21	317,6 - 1099,00*	4.070,98
Profundidade média (m)	0,64	0,30 - 0,33*	0,89
Profundidade máxima (m)	1,55	0,78 - 1,5*	1,65
Dp	1,66	1,21 - 1,08*	1,05
Dv	1,28	1,15 - 0,66*	2,57

*Dados estimados pelo Google Earth para maio de 2019, sem verificação no local em razão da pandemia.

Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

Entre os três reservatórios estudados, R3 possui menor índice de desenvolvimento de margem, com o formato mais arredondado, e R1 é o que mais se afasta da forma circular (Figura 5). Quanto maior o valor de desenvolvimento de margem, maior a interação do ambiente aquático com o terrestre (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). No caso de R3, mesmo possuindo menor desenvolvimento de margem, a entrada de encanamento com água pluvial faz com que esse ambiente receba influência de grande área impermeabilizada e drenada diretamente para seu interior.

O índice de desenvolvimento de volume também oferece informação sobre o formato do reservatório (FANTIN-CRUZ; LOVERDE-OLIVEIRA; GIRARD, 2008). Os resultados deste trabalho revelam que R1 e R2 são levemente côncavos, com tendência ao formato cônico; já R3 é um sistema com formato bem mais próximo da forma côncava (Tabela 2). De acordo com Barbatini apud Fantin-Cruz, Loverde-Oliveira e Girard (2008), lagoas que apresentam área de fundo côncava são menos influenciadas pelos processos de erosão e sedimentação em relação a lagoas com forma do fundo convexo.

Entre os três reservatórios estudados, R3 é o que apresentaria menor propensão ao assoreamento em decorrência de seu formato e da retenção de sedimento nos dois primeiros sistemas, principalmente pelo banco de macrófitas presente em R2. Entretanto, a entrada da microdrenagem urbana canalizada nesse sistema prejudica a qualidade da água e a capacidade de tamponamento de enchentes.

CONCLUSÃO

Os reservatórios estudados são oriundos de barramento de rio de primeira ordem, estão inseridos em uma bacia hidrográfica de formato circular amplamente impermeabilizada por asfalto urbano e localizam-se em um fundo de vale. Sendo assim, grande parte da água que está na área da bacia é direcionada para região do parque. Por receber o escoamento superficial de área urbana e não possuir vegetação ciliar adequada, todos os reservatórios estudados estão propensos a intenso processo de assoreamento e eutrofização.

Para a melhoria dos serviços ecossistêmicos prestados por esses reservatórios, recomendam-se: 1) a drenagem do sedimento acumulado nesses sistemas; 2) a instalação de vegetação ciliar, com estrutura efetiva para a retenção de partículas sólidas nos três sistemas; 3) a ampliação de áreas de infiltração de água das chuvas na extensão da bacia hidrográfica, para a redução do escoamento superficial e o favorecimento da recarga do reservatório de água subterrânea.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

MARTINS, H.L.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Recursos, Software, Supervisão, Visualização, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. PANARELLI, E. A.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Recursos, Software, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. BORGES, J. S.: Investigação, Administração do Projeto, Software, Supervisão, Visualização, Escrita – Revisão e Edição. MILLAN, R. N.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Recursos, Software, Supervisão, Visualização, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição.

REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ACCUWEATHER. *Condições meteorológicas de São Paulo*. ACCUWEATHER, 2020. Disponível em: <<https://www.accuweather.com/pt/br/autode/39298/weather-forecast/39298>>. Acesso em: 21 mai. 2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711 - 728, 2013.
- ARAÚJO, G.M.; BARBOSA, A.A.A.; ARANTES, A.A.; AMARAL, A.F. Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 2002. v. 25, n. 4, p. 475 - 493
- AROUCA, N.G.F.D. *Qualidade e uso das águas pluviais de uma lagoa em parquet recreativo urbano*. Artigo científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Natal, RN, 2016.
- AUTODESK®. *AutoCAD*. 2019. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/>>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- BEZERRA-NETO, J.F.; COELHO, R.M.P. New morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais: utilization of advanced methodology for bathymetric mapping. *Acta Limnologica*, v. 20, n. 2, p. 117 - 130, 2008.
- Brasil. Lei nº. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº. 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº. 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº. 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso em: 01 mar. 2016
- Brasil. Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº. 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº. 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm>. Acesso em: 3 mar. 2020.
- BRIGHENTI, L.S.; PINTO-COLEHO, R.M.; BEZERRA-NETO, J.F.; GONZAGA, A.V. Parâmetros morfométricos da Lagoa Central (Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais): comparação de duas metodologias. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 33, n. 3, p. 281 - 287, 2011.
- CALHEIROS, R.O.; TABAI, F.C.V.; BOSQUILA, S.V.; CALAMARI, M. *Preservação e Recuperação das Nascentes*. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004. 40 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1980.
- COUTINHO, L.M. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasílica*, v. 20, n. 1, p. 13 - 23, 2006.
- DULEBA, M.; DOKULIL, M.T.; DONABAUM, K.; TEUBNER, K. The Alte Donau: successful restoration and sustainable management. An ecosystem case study of a shallow urban lake. *Acta Botanica Hungarica*, v. 61, n. 3 - 4, p. 459, 2019.
- EITEN, G. *Classificação da vegetação do Brasil*. Brasília, DF: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 305 adas. Fonseca, F.O. (org.). Brasília: Seduma, 1983, 542 p.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011, 826 p.
- FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.; GIRARD, P. Caracterização morfométrica e suas implicações na limnologia de lagoas do Pantanal Norte. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 2, p. 133 - 140, 2008.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C.; MENDONÇA, R.C.; FAGG, C.W.; FILGUEIRAS, T.S.; MECENAS, V.V. Fitofisionomias e flora. In: Fonseca, F.O. (org.). *Águas emendadas*. Brasília: Seduma, 2001, 542 p.
- FERREIRA, J. Original história de Frutal. Frutal: Oficina das Artes, 2002.
- FERREIRA, I.M. *Bioma cerrado: caracterização do subsistema de vereda*. Observatório Geográfico de Goiás, Porto Nacional, 2005. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/215/o/MENDES_idevone_bioma_cerrado.pdf> Acesso em: 19 abr. 2020.
- FURNANS, J.; AUSTIN, B. Hydrographic survey methods for determining reservoir volume. *Environmental Modelling & Software*, v. 23, p. 139 - 146, 2008.
- HAKANSON, L. *A manual of lake morphometry*. Berlin: Springer Verlag, 1981.
- KUCZYŃSKA-KIPPEN, N. Biodiversity of zooplankton in polish small water bodies. In: Korzeniewska, E.; Harnisz, M. Polish river basins and lakes - Part II. *The Handbook of Environmental Chemistry, Springer*, v. 87, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12139-6_3
- LAKEWATCH, F.A. *Beginner's guide to water management: Lake Morphometry*. 2. ed. Gainesville, FL: Department of Fisheries and Aquatic Sciences. 2001.
- MARTINS, M.; CRUZ, A.; GOMES, A.; ROYE, D.; DINIS, P. Eventos hidrometeorológicos graves e inundações urbanas na cidade do Lubango: desafios para o OT. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, v. 11, p. 157 - 161, 2019.
- PEEL, M.C.; FINLAYSON B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geizer climate classification. *Hydrobiology and Earth System Sciences*, v. 11, p. 1633 - 1644, 2007.
- RAMOS, M.V.V.; CURY, N.; MOTA, P.E.F.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.N.; SILVA, M.L.N. Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. *Ciência Agrotécnica*, v. 30, n. 2, p. 283 - 293, 2006.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T.; FONSECA, C.E.L. Ecosistemas de matas ciliares. In: Simpósio Matas Ciliares: Ciência e Tecnologia. Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte: CEMIG/UFLA, p. 12 - 25. 1999.

RIBEIRO, L.F.; HOLANDA, F.S.R.; ARAÚJO FILHO, R.N. Revegetação das margens do rio Paramopama utilizando técnica de bioengenharia de solos. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 31 - 40, 2013.

SANTOS, R.F. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 183 p.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. *Limnologia*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, p. 67 - 75, 2010.

WETZEL, R.G. *Limnology lake and river ecosystems*. 3. ed. San Diego: Elsevier, 2001.

