ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Análise das relações entre uso do solo e qualidade da água do Lago Bonsucesso, em Jataí, Estado de Goiás, Brasil

Wellmo dos Santos Alves¹, Wilker Alves Morais², Lucas Duarte Oliveira³, Maria Antonia Balbino Pereira⁴, Alécio Perini Martins⁵, Simonny Montthiel Araújo Vasconcelos⁶, Fernanda Luisa Ramalho⁷

¹Doutorando pela Universidade Federal de Jataí, wellmoagro2@gmail.com; ³Pós-doutorando e professor no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, wilker.alves.morais@gmail.com (autor correspondente); ^{3,4}Acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, duarte-oliveira2010@hotmail.com, mariaantonio099@live.com; ⁵Professor na Universidade Federal de Jataí, alecioperini@yahoo.com.br; ⁶Mestre pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, smontthiel.engeamb@gmail.com; ⁷Doutoranda pela Universidade Federal de Goiás/Goiânia, ramalho_luisa@hotmail.com.

Artigo recebido em 15/04/2018 e aceito em 15/01/2019

RESUMO

Objetivou-se realizar o levantamento do uso da terra e da cobertura vegetal da bacia do Córrego Bonsucesso, em Jataí (GO), caracterizando os impactos na água do Lago Bonsucesso, por meio das variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, concentração de sólidos suspensos, cor verdadeira, cor aparente, fósforo total e estudo do estado trófico. Predomina na bacia área de agricultura (77,24%), seguida de Cerrado/matras (13,81%), pastagem (7,54%), água (0,39%), área construída (0,37%), rodovias pavimentadas (0,29%), área urbanizada (0,22%), solo exposto (0,09%) e areia (0,05%). Na média geral, todas as variáveis estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05 ou corpos de água com baixo impacto (água doce Classe 2), exceto fósforo total ($0,74 \pm 0,35 \text{ mg L}^{-1}$). O resultado obtido de fósforo total enquadra o Lago Bonsucesso em hipereutrófico.

Palavras-chave: águas superficiais, estado trófico, geotecnologias, gestão de recursos hídricos.

An analysis of the relations between the land use and quality of the water of Bonsucesso Lake, in Jataí, Goiás State, Brazil

ABSTRACT

This paper had as an objective the survey of land use and vegetation coverage of the river basin of Córrego Bonsucesso (Bonsucesso Stream), in Jataí (GO), characterizing the impacts of the water in Bonsucesso Lake, through variables such as temperature, dissolved oxygen, pH, electric conductivity, total dissolved solids, turbidity, suspended solid concentration, true color, apparent color, total phosphorus and the study of the trophic state. In the area basin agriculture (77.24%) predominates, followed by Cerrado/woods (13.81%), pasture (7.54%), water (0.39%), constructed area (0.37%), paved roads (0.29%), urban area (0.22%), exposed soil (0.09%) and sand (0.05%). In the general average, all the variables are in accordance with CONAMA Resolution 357/05 or water bodies with low impact (Class 2 fresh water bodies), except total phosphorus ($0,74 \pm 0,35 \text{ mg L}^{-1}$). The total phosphorus result fits Lake Bonsucesso in hypereutrophic.

Keywords: surface water, trophic state, geotechnologies, water resources management.

Introdução

Desde tempos remotos, o ser humano procurou localizar-se estrategicamente e desenvolver-se próximo aos recursos hídricos, modificando a paisagem natural e, conseqüentemente, degradando o ambiente, impactando negativamente a qualidade da água. Esse fato é explicado por razões econômicas, sociais, locomotivas e bélicas.

Dentre os fatores que podem influenciar a qualidade da água podem ser destacados: o

substrato rochoso; o clima; o tipo de solo; o uso e o manejo do solo; a cobertura vegetal; e as atividades desenvolvidas nas áreas de drenagem dos cursos hídricos. Os fatores apresentados vão influenciar tanto os processos físicos que ocorrem nas vertentes como o escoamento superficial e a erosão, como na composição química, física e biológica das águas (Silva e Gasparetto, 2016). A agricultura e pecuária, dentre todas as atividades associadas aos corpos de água, causam um impacto

mais perceptível do que outras, como alteração nos processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais.

Em estudos da qualidade de águas superficiais em bacias hidrográficas é essencial o levantamento do uso da terra e cobertura vegetal para entender os efeitos das ações antrópicas nos valores das variáveis de qualidade das águas.

Com a finalidade de facilitar, de forma efetiva e econômica, a caracterização e análises físicas do meio, o geoprocessamento se tornou ferramenta muito usada na elaboração de estudos do uso da terra e cobertura vegetal em bacias hidrográficas, facilitando a compreensão da realidade do ambiente.

Em áreas onde ações antrópicas são expressivas, a qualidade da água possui tendência em ser afetada tanto por fatores naturais como por impactos das atividades humanas. Dessa forma, a avaliação da qualidade da água de bacia hidrográfica é fundamental para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos e de seus múltiplos usos (Souza e Gastaldini, 2014).

Conforme Silva et al. (2018), a eutrofização pode afetar tanto qualitativamente quanto quantitativamente os corpos hídricos. Assim, tona-se importante o uso do Índice de Estado Trófico (IET) para auxiliar na avaliação da qualidade da água perante os diversos usos do solo. Esse índice permite a simplificação da divulgação dos resultados quanto aos possíveis impactos que envolvem a degradação ambiental em um dado ponto monitorado (Aguilar et al., 2015). Esse índice tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias (CETESB, 2017).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização do uso da terra e da cobertura vegetal da bacia do Córrego Bonsucesso, caracterizando a qualidade da água do Lago Bonsucesso.

Material e Métodos

Todo o processamento digital das bases de dados geográficos foi realizado no *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.1®, com licença de uso para o laboratório de

Geoinformação da Universidade Federal de Jataí (UFJ).

As coletas e preservação das amostras de água foram realizadas conforme a Resolução 724/2011 da Agência Nacional de Águas (ANA), que estabelece procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) (Brasil, 2011).

Os procedimentos analíticos das amostras de água seguiram o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Área de Estudo

A bacia do Córrego Bonsucesso localiza-se inteiramente no município de Jataí (GO), Sudoeste de Goiás. O Córrego Bonsucesso nasce nas coordenadas 51°42'25,937"W e 17°39'33,793"S e desagua na margem esquerda do Ribeirão Paraíso, nas coordenadas 51°47'33,423"W e 17°48'9,865"S. Próximo à foz desse córrego localiza-se o Lago Bonsucesso (Figura 1). Esse lago foi construído no ano de 2000, para recreação e lazer, além de apresentar criação de peixes, sendo um importante ponto turístico da região, com aproximadamente 72 ha de lâmina d'água.

Afluente da bacia do Rio Claro, inserida na Bacia do Rio Paranaíba, a bacia do Córrego Bonsucesso apresenta quatro classes geológicas, com predominância da classe Grupo São Bento - Formação Serra Geral, seguida de coberturas detríticas indiferenciadas, Grupo São Bento - Formação Botucatu e depósito aluvionares (Tabela 1 e Mapa 2); três classes geomorfológicas, com destaque para a classe SRAIIB-RT (Superfície Regional de Aplainamento IIB com cotas entre 800 e 1000 m, com dissecação fraca e associada a Relevos Tabulares na Bacia do Paraná), seguida de SRAIIB-RT (Superfície Regional de Aplainamento IIB com cotas entre 650 e 750 m, com dissecação média e associada a Relevos Tabulares na Bacia do Paraná), e FA (Faixas Aluviais), podendo ser observado na Tabela 2 e Figura 3; e 2 ordens de solos, sendo LVd (Latossolos Vermelhos Distróficos), predominante, e GHe (Gleissolos Hálicos Eutróficos), ver Tabela 3 e Figura 4 (SIEG, 2015).

Figura 1. Mapa de localização da bacia do Córrego Bonsucesso e do Lago Bonsucesso, no município de Jataí (GO).

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2015).

O mapa de solos da área de estudo foi atualizado conforme EMBRAPA (2013).

Destacam-se na área de estudo o cultivo de soja e milho safrinha, sendo o plantio da soja realizado de outubro a novembro, e do milho safrinha, de janeiro a abril. Estas culturas exigem aplicação de adubos químicos para uma boa produtividade.

Os Latossolos são caracterizados como ácidos e com baixo teor de nutrientes importantes

para a produção agrícola, necessitando de correção da acidez e adubação. Os adubos químicos aplicados em maior quantidade na bacia hidrográfica do Córrego Bonsucesso são os que apresentam em sua composição nitrogênio, fósforo e potássio, conhecidos popularmente como NPK, sendo o fósforo aplicado em maior quantidade.

Os maiores índices pluviométricos na área de estudo ocorrem entre outubro e abril, e o período de estiagem, entre maio e setembro.

Tabela 1. Classes Geológicas da bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO)

Classe	Litotipo	km ²	%
Grupo São Bento - Formação Serra Geral	Basalto, basalto-andesito.	87,01	58,22
Coberturas detríticas indiferenciadas	Depósitos de areia, depósitos de cascalho, depósitos de argila.	58,76	39,32
Grupo São Bento - Formação Botucatu.	Arenito.	2,78	1,86
Depósito aluvionares	Depósitos de areia e depósitos de cascalho.	0,89	0,6
Total		149,44	100

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Mapa Geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal disponibilizado pelo SIEG (2015).

Figura 2. Mapa Geológico da bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO).

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Mapa Geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal (escala 1:500.000) e Base Hidrográfica de Goiás (escala 1:1000.000) disponibilizados pelo SIEG (2015).

Tabela 2. Classes Geomorfológicas da bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO)

Classe	km ²	%
SRAIIB-RT (m)	115,68	77,40
SRAIIIB-RT (fr)	33,46	22,39
FA	0,30	0,21
Área total	149,44	100

SRAIIB-RT = Superfície Regional de Aplainamento IIB com cotas entre 800 e 1000 m, com dissecação fraca e associada a Relevos Tabulares na Bacia do Paraná; SRAIIIB-RT = Superfície Regional de Aplainamento IIIB com cotas entre 650 e 750 m, com dissecação média e associada a Relevos Tabulares na Bacia do Paraná; FA = Faixas Aluviais.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás e Distrito Federal disponibilizado pelo SIEG (2015).

Figura 3. Mapa Geomorfológico da bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO).
 Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás e Distrito Federal (escala 1:500.000) e Base Hidrográfica de Goiás (escala 1:1000.000) disponibilizados pelo SIEG (2015).

Tabela 3. Classes de solos da bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO)

Classe	Km ²	%
LVd	149,28	99,89
GHe	0,16	0,11
Total	149,44	100

LVd = Latossolos Vermelhos Distróficos; GHe = Gleissolos Hálicos Eutróficos.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Mapa de Solos do Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba disponibilizado pelo SIEG (2015).

Figura 4. Mapa de solos da bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO).
 Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Mapa de Solos do Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba no Estado de Goiás (escala 1:250.000) e Base Hidrográfica de Goiás (escala 1:1000.000) disponibilizados pelo SIEG (2015).

Uso e Cobertura da Terra

A rede de drenagem, a partir da base 1:1000.000, da bacia e o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução de 30 m, foram disponibilizados pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG, 2015). A imagem (base maior), de setembro de 2015, órbita/ponto 223/72, com resolução de 30 m, usada para gerar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi do sensor OLI acoplado ao satélite Landsat 8, disponibilizada pelo *United States Geological Survey* (USGS, 2015).

O limite da área da bacia (vetor) foi gerado em formato *shapefile* por meio do comando *Basin*, ferramenta do *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.1®, a partir da imagem SRTM.

Depois de gerado o vetor com a delimitação da área de estudo, este foi usado como máscara para extração da imagem da bacia hidrográfica a partir da imagem anteriormente obtida (base maior), através da ferramenta *Extract By Mask* do *software* ArcGIS. A partir desta imagem foi elaborado o mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Córrego Bonsucesso, nas coordenadas geográficas e Datum Sirgas 2000.

A classificação temática do uso do solo e da cobertura vegetal das terras foi realizada adotando a técnica de classificação digital supervisionada pelo método de máxima verossimilhança, por meio da ferramenta *Image Classification* do *software* ArcGIS, com apoio do programa *Google Earth Pro* e visita em campo para coletas de informações para a seleção de áreas de treinamento conhecidas, tornando possível que o algoritmo classificador operasse fundamentado

na distribuição de probabilidade de cada classe, abrangida em função das classes estabelecidas (agricultura, floresta, pastagem, água, área construída, rodovias pavimentadas e área urbanizada).

A quantificação dos diferentes usos e cobertura vegetal das terras foi realizada com base na contagem do número de *pixels* classificados em cada uma das classes de interesse.

Coletas, Preservação e Análises de Amostras de Água

As coletas e análises físico-químicas em campo foram realizadas no dia 20 de maio de 2015, entre 9 e 12 horas, em 20 pontos, nomeados de Ponto 1 (P1) a Ponto 20 (P20), estrategicamente planejados no Lago Bonsucesso, na profundidade de 10 a 30 cm. A distribuição espacial dos pontos pode ser observada na Figura 5. Nesta data, nas últimas 24 h anteriores às coletas, ocorreu precipitação de 0,1 mm na área de estudo, conforme dados observados da Estação: 83464 - Jataí – GO, disponibilizados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP, 2018).

Figura 5. Mapa de distribuição espacial dos pontos amostrais no Lago Bonsucesso, localizado na bacia do Córrego Bonsucesso, no município de Jataí (GO).

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de imagem do Sensor OLI acoplado ao Satélite Landsat 8 disponibilizada pelo USGS (2015).

Em cada ponto foram realizadas análises de temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), potencial Hidrogeniônico (pH) e condutividade

elétrica (CE), por meio de uma sonda multiparamétrica portátil modelo HI 9829.

As amostras foram preservadas em uma caixa térmica e levadas para o Laboratório de Geociências Aplicadas da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, onde foram realizadas,

imediatamente, análises de turbidez, concentração de sólidos suspensos (CSS), cor verdadeira (CV), cor aparente (CA) e fósforo total (PT).

A turbidez foi analisada pelo método de relação entre o sinal nefelométrico (90°) da luz dispersada e a luz transmitida; a CSS, pelo método gravimétrico (60 °C, 24 h); a CV e a CA, pelo método padrão platina-cobalto; e PT, pelo método do ácido persulfato.

Foi realizado o cálculo do desvio padrão (DP) e as médias comparadas com os limites para água doce classe 2 estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe padrões de classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento entre outras providências (Brasil, 2005).

Conforme a resolução supracitada, em seu artigo 42, enquanto não aprovado o enquadramento

de um corpo de água doce, este será considerado como classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (Brasil, 2005). Assim, pelo motivo do Lago Bonsucesso não ter seu enquadramento oficialmente aprovado, considerou-se seu enquadramento como água doce classe 2.

Estudo do Estado Trófico

Os resultados para PT, em $\mu\text{g L}^{-1}$, foram usados para obtenção do Índice de Estado Trófico (IET), proposto por Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013), com aplicação da equação 1 (E1):

$$IET(PT)_{etr} = 10 * \left[6 - \left(\frac{-0,27637 * \ln PT + 1,329766}{\ln 2} \right) \right] \quad (E1)$$

Na qual: $IET(PT)_{etr}$ corresponde ao Índice de Estado Trófico (IET) com aplicação dos resultados para fósforo total (PT) para análise do estado trófico em reservatório (etr); e $\ln$, ao logaritmo natural.

O IET tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou

ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2017).

Os resultados correspondentes ao IET (PT) devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo (CETESB, 2017).

Foi realizado o cálculo do desvio padrão e as médias tiveram como referência a classificação do estado trófico para reservatório apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação do Índice de Estado Trófico (IET) para reservatórios

Categoria	Valor numérico
Ultraoligotrófico	$\leq 51,1$
Oligotrófico	51,2 - 53,1
Mesotrófico	53,2 - 55,7
Eutrófico	55,8 - 58,1
Supereutrófico	58,2 - 59,0
Hipereutrófico	$\geq 59,1$

Fonte: Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013).

Resultados e Discussão

Na Tabela 5, 6 e 7 são apresentados os resultados obtidos para a caracterização do uso da terra e cobertura vegetal, variáveis da qualidade da água e estudo do estado trófico, nesta ordem.

Observa-se na Tabela 5 que a bacia do Córrego Bonsucesso apresenta área de 149,44 km². Esta é ocupada predominantemente por agricultura (77,24%), seguida de matas (ciliar e de galeria) e Cerrado (fragmentos, áreas de preservação

permanente e reserva legal) (13,81%), pastagem (7,54%), Lago Bonsucesso (0,39%), área construída (0,37%), rodovias (0,29%), área urbanizada (0,22%), solo exposto (0,09%) e areia (0,05%).

Na Figura 6 pode ser observada a espacialização do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Córrego Bonsucesso.

Na Figura 7 observa-se, no entorno do Lago Bonsucesso, o Hotel Thermas Bonsucesso, o Thermas Park Jatahy, áreas de lazer e outros (áreas pavimentadas, lavouras e pastagens).

A agricultura extensiva e intensiva predominante na área de estudo, pecuária e mesmo as outras áreas menos representativas, como áreas construídas e urbanizadas, se não visarem a sustentabilidade ambiental, podem causar prejuízos ambientais e econômicos, como, por exemplo, perda de solos, assoreamento dos cursos hídricos, contaminação e eutrofização das águas, alto custo com adubação química para suprir as perdas de nutrientes carreados pelas águas das chuvas das propriedades rurais para os corpos d'água entre outros.

Tabela 5. Uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO)

Caracterização	Área	
	km ²	%
Agricultura	115,42	77,24
Matas/Cerrado	20,64	13,81
Pastagem	11,27	7,54
Lago Bonsucesso	0,58	0,39
Área construída	0,56	0,37
Rodovias	0,44	0,29
Área urbanizada	0,32	0,22
Solo exposto	0,13	0,09
Areia	0,08	0,05
Área total da bacia	149,44	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Córrego Bonsucesso, localizada no município de Jataí (GO).

Fonte: Interpretado e elaborado pelos autores a partir de imagem do Sensor OLI acoplado ao Satélite Landsat 8 disponibilizada pelo USGS (2015).

Entre as fontes difusas que afetam a qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui para a deterioração dos recursos hídricos, tanto pela contaminação de corpos d'água por substâncias orgânicas e inorgânicas, naturais ou sintéticas, como, ainda, pela veiculação de agentes biológicos.

Batista et al. (2016), no estudo sobre a caracterização e diagnóstico das águas do Ribeirão

Paraíso em Jataí-Goiás, observaram qualidade da água classificada como ótima no ponto um, ambiente com vegetação preservada, e classificada como boa, no ponto cinco, onde foram observadas plantações, presença de pastagem próximas às margens do ribeirão e pouca mata ciliar, podendo, ressaltam os autores, incrementar nutrientes no corpo hídrico e, conseqüentemente, provocar alterações indesejadas na qualidade da água.

Figura 7. Imagem do uso da terra e cobertura vegetal no entorno do Lago Bonsucesso, localizado na bacia do Córrego Bonsucesso, no município de Jataí (GO). Círculo azul: Hotel Thermas Bonsucesso; círculo vermelho: Thermas Park Jatahy; círculo amarelo: áreas de lazer. Fonte: Adaptado pelos autores de Gonçalves (2013).

Silva et al. (2017) avaliaram a qualidade ambiental do manancial do Rio Monjolinho, São Carlos-SP. Os resultados enfatizam a importância da vegetação na gestão de bacias hidrográficas e na produção agrícola sustentável.

As características físicas, químicas e biológicas da água de bacias hidrográficas sob sistemas florestais são particularmente adequadas para o fornecimento de água de alta qualidade. As alterações na paisagem provocadas pelo uso e ocupação do solo tornam os sistemas naturais suscetíveis aos processos erosivos e intensificação do escoamento superficial, resultando no aumento de fluxos de sedimentos, nutrientes e outros componentes intervenientes na qualidade da água (Rodrigues Filho et al., 2015).

A degradação da qualidade de corpos hídricos, especificamente em áreas agrícolas, deve ser monitorada. Um dos impactos ocasionados

pelas atividades antrópicas (dentre elas as agropastoris) é a eutrofização, que pode ocasionar a morte de plantas e animais devido ao aumento de nutrientes no corpo hídrico, principalmente de fósforo e nitrogênio, além de ocasionar a diminuição do OD e redução do espelho d'água (Wiegand et al. 2016).

Os resultados para a temperatura (T) variaram de 22,40 a 24,70 °C, com média igual a $23,86 \pm 0,58$ °C. Os valores de T aumentaram do P1 ao P20 (Tabela 6). Essa variação pode ser justificada pela diferença de horário nas análises realizadas em campo, uma vez que teve início às 9 horas, no P1, e terminou às 12 horas, no P20, e ainda pela presença pouco considerável de vegetação às margens do lago, ver Figura 6 e 7.

Rocha, Cabral e Braga (2014) encontraram valores de T nas águas dos afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO)

variando de 19,70°C a 28,50°C, foi observado ainda que as leituras no período de estiagem tiveram os menores valores em relação aos dados do período chuvoso. Os autores afirmam que a variação pode ser explicada em função do horário do dia em que foram feitas as medições de água, devido a menor incidência de radiação solar pela manhã do que no período da tarde, além da proteção das margens (preservação da mata ciliar) proporcionar o sombreamento do curso hídrico.

Fatores como localização e sazonalidade podem interferir diretamente nas variações de temperatura (Piratoba et al., 2017), o que pode ter influenciado nos resultados obtidos para o Lago Bonsucesso.

Não há limites de T estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água doce classe 2. Entretanto, é uma variável condicionante de outras, tem função importante de controle no meio aquático, pois influencia as demais variáveis (CETESB, 2017).

Os valores de oxigênio dissolvido podem ser influenciados pelo uso e ocupação da terra da bacia, onde elevados valores podem estar relacionados a condições de não recebimento de efluentes domésticos e industriais pelos corpos hídricos. Entretanto, baixos valores podem ser influenciados pela elevada concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água (Barcelos et al., 2017).

Tabela 6. Valores obtidos para as variáveis físico-químicas analisadas no Lago Bonsucesso, do ponto amostral 1 (P1) ao ponto amostral 20 (P20), localizado na bacia do Córrego Bonsucesso, em Jataí (GO)

Variáveis (unidade)	Valores obtidos			Referência*	
	Mín.	Máx.	Méd. e DP	Mín.	Máx.
T (°C)	22,40	24,70	23,86 ± 0,58	-	-
OD (mg L ⁻¹)	6,33	7,36	7,14 ± 0,22	5	-
pH (unidade de pH)	7,21	7,52	7,35 ± 0,08	6	9
CE (μS cm ⁻¹)	24,13	25,61	25,01 ± 0,36	-	-
STD (mg L ⁻¹)	12,00	12,79	12,48 ± 0,17	-	500
Turbidez (UNT)	17,00	20,00	18,30 ± 0,78	-	100
CSS (mg L ⁻¹)	1,00	7,33	4,45 ± 1,37	-	-
CV (mg Pt L ⁻¹)	10,00	150,00	54,00 ± 37,74	-	75
CA (mg Pt L ⁻¹)	80,00	210,00	120,00 ± 45,77	-	-
PT (mg L ⁻¹)	0,23	1,57	0,74 ± 0,35	-	0,03

Mín. = mínimo; Máx. = máximo; Med. = média; DP = desvio padrão; T = temperatura, OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial hidrogeniônico; CE = condutividade elétrica; STD = sólidos totais dissolvidos; UNT = unidade nefelométrica de turbidez; CSS = concentração de sólidos suspensos; CV = cor verdadeira; CA = cor aparente; PT = fósforo total.

*Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água doce classe 2 em ambiente lêntico.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O limite mínimo de OD estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para água doce classe 2 é de 5 mg L⁻¹. Conforme se observa na Tabela 6, os valores obtidos para este parâmetro variaram de 6,33 a 7,36 mg L⁻¹, sendo a média igual a 7,14 ± 0,22 mg L⁻¹, atendendo em todos os pontos o nível exigido.

Os estudos de Carvalho et al. (2016) no Ribeirão São João, Porto Nacional (TO), apresentaram valores de 4,80 a 5,30 mg L⁻¹, abaixo dos observados no Lago Bonsucesso. Os autores afirmam que as razões para isto se devem a descargas de matéria orgânica e nutriente da zona urbana. Foi possível constatar ainda que em 61,10% das análises os teores de OD ficaram abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para água doce de classe 2.

É importante adicionar que na avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, no estado da Bahia, foram observados valores de OD em inconformidade com a Resolução CONAMA 357/05, segundo os autores, devido ações antrópicas como lançamento de efluente “*in natura*” e resíduos sólidos nos corpos hídricos (Santiago et al., 2016).

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. A influência dessa variável sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, em determinadas

condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Assim, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, como consta na Resolução CONAMA 357/05. Os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9 (CETESB, 2017).

Conforme Silva e Gasparetto (2016) o pH representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas no ambiente aquático e compreende intervalo de 0 a 14, sendo que os valores de pH inferiores a 7 indicam condições ácidas, e superiores a 7, condições alcalinas das águas naturais.

Os resultados para pH foram de 7,21 a 7,52. Para o CONAMA, os limites para água doce classe 2 é no mínimo de 6 e no máximo de 9. Portanto, todos os valores de pH estão em conformidade (Tabela 6).

Ressalta-se que Silva e Gasparetto (2016), no estudo da qualidade da água na sub-bacia do rio do Campo - Campo Mourão-PR, encontraram valores de pH inferiores a 6, ou seja, menores que o limite mínimo (6) estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

Valores abaixo dos observados no Lago Bonsucesso foram encontrados por Batalha et al. (2014) em um estudo no rio Tapajós (AM), no qual os resultados variaram de 5,33 a 6,03. De acordo com os autores esse resultado abaixo da neutralidade, tendendo à acidez, pode ser atribuído à decomposição de matéria orgânica que influencia a acidez natural das águas.

Não há limite de condutividade elétrica (CE) exigido pelo CONAMA para o enquadramento de corpos de água, entretanto, conforme a CETESB (2017), em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados. Ainda segundo CETESB (2017), a CE representa a quantificação de sais localizados na coluna d'água, podendo representar uma medida indireta da concentração de poluentes.

Os índices verificados de CE oscilaram de 24,13 a 25,61 $\mu\text{S cm}^{-1}$, com média igual a $25,01 \pm 0,36 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela 6).

Nos estudos de Piratoba et al. (2017) na área portuária de Barcarena, Pará, as médias dos valores variaram de 45,08 a 68,08 $\mu\text{S cm}^{-1}$ no período menos chuvoso, e 35,77 a 43,22 $\mu\text{S cm}^{-1}$, no período mais chuvoso, sendo maiores que os valores observados no Córrego Bonsucesso. Os autores afirmam que o uso do solo, a sazonalidade e a localização dos pontos amostrais pode modificar a CE.

A cobertura vegetal pode influenciar os valores de CE. Unidades hidrográficas com alta exploração do solo apresentam maiores temperaturas e, ainda, maior CE, sendo o aumento desta variável em decorrência do escoamento superficial. Ocorre o contrário nas bacias hidrográficas com predomínio de vegetação.

A turbidez é um importante parâmetro a ser analisado, pois corpos hídricos com elevados valores de turbidez pode ser um indicativo de impactos ambientais locais oriundos de processos erosivos que podem estar relacionados ao uso inadequado do solo por atividades agropecuárias, além da ausência de vegetação nativa (Medeiros, Silva e Lins, 2018).

Os valores para a turbidez variaram de 17,00 a 20,00 NTU, sendo a média de $18,30 \pm 0,78$ NTU. Todos os resultados estão dentro do valor permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para água doce classe 2, que é igual a 100 NTU (Tabela 6). Os valores baixos de turbidez têm relação com a data da amostragem (período de estiagem), com ocorrência de 0,10 mm de precipitação nas últimas 24 h.

Nos estudos de Buzelli e Cunha-Santino (2013), no reservatório de Barra Bonita (SP), os valores encontrados na estiagem foram de $14,76 \pm 0,97$ UNT, e no período chuvoso, de $41,26 \pm 5,54$ UNT. Esses resultados classificaram o ambiente aquático como classe 2, como observado no Córrego Bonsucesso. De acordo com os autores, as intensas pressões antrópicas, principalmente em decorrência das atividades agrícolas, às quais o reservatório está submetido, ajudam a intensificar a degradação da água.

Água muito turva causa à diminuição da penetração da radiação solar em corpos hídricos e, consequentemente, desequilíbrio em ecossistemas aquáticos.

Para os recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (CETESB, 2017). Os sólidos suspensos podem causar o aumento da turbidez das águas.

Os valores para sólidos totais dissolvidos (STD) variaram de 12,00 a 12,79 mg L^{-1} , sendo a média igual a $12,48 \pm 0,17 \text{ mg L}^{-1}$. Os resultados para STD estão todos dentro do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para água doce classe 2, que é, no máximo, de 500 mg L^{-1} (Tabela 6).

Nos estudos de Andrietti et al. (2015) no Rio Caiabi (MT), foram encontrados valores acima

dos obtidos no Lago Bonsucesso, variando de 68,00 mg L⁻¹ (período chuvoso) a 29,00 mg L⁻¹ (período de estiagem). Os autores afirmam que esses resultados são reflexos, principalmente, da ação do escoamento superficial das áreas agrícolas e de pastagens.

Valor maior de STD, igual a 136,70 mg L⁻¹, foi observado por Silva et al. (2014) na avaliação da qualidade da água do Lago Bolonha em Aurá, Belém (PA), provavelmente devido ao carreamento de partículas pela água da chuva para o manancial, uma vez que, conforme estes autores, a campanha foi realizada em um dos períodos mais chuvosos da região.

Os resultados de concentração de sólidos suspensos (CSS) foi de 1,00 a 7,33 mg L⁻¹ e média igual a 4,45 ± 1,37 mg L⁻¹. Considerando o limite máximo de 500 mg L⁻¹ para CSS em água doce classe 2, ou seja, o mesmo valor estabelecido para STD, todos os valores obtidos estão em conformidade com a Resolução Conama 357/05, ver Tabela 6.

Sousa e Gastaldini (2014), em um estudo sobre a influência dos diferentes usos e ocupação do solo na qualidade da água, realizado nas bacias hidrográficas do Rio Vacacaí (Mirim), município de Santa Maria (RS), observou resultados de CSS de 4,20 a 49,60 mg L⁻¹, diferentemente dos valores do Lago Bonsucesso. Os autores afirmaram que os valores de CSS foram mais elevados nas bacias com características rurais, devido às práticas agrícolas.

Assim como os valores altos de turbidez, altas concentrações de sólidos em suspensão (provoca o aumento da turbidez) reduzem a passagem de luz solar, podendo afetar a biodiversidade aquática.

Para a cor aparente (CA), os valores foram de 80,00 a 210,00 mg Pt L⁻¹ e média de 120,00 ± 45,77 mg Pt L⁻¹. A Resolução CONAMA 357/05 não define limite para CA (Tabela 6). A CA pode variar de acordo com a presença de substâncias dissolvidas ou de material orgânico ou mineral em suspensão (Mendes e Ferreira, 2014).

Valores mais baixos que a média do Lago Bonsucesso foram encontrados no estudo de Marmontel e Rodrigues (2015) realizado na sub-bacia do Córrego Pimenta, afluente do Rio Paraíso (SP), os valores de cor verdadeira (CV) variaram de 25,80 a 93,10 mg Pt L⁻¹ (período de estiagem) e de 19,50 a 97,90 mg Pt L⁻¹ (período chuvoso). Os autores afirmaram que a cobertura da terra com mata ciliar nos estados preservados pode diminuir os valores dessa variável.

Na Tabela 6 observa-se que a CV apresentou índices de 10,00 a 150,00 mg Pt L⁻¹. Observou-se que no P11 (110,00 mg Pt L⁻¹), P12

(100,00 mg Pt L⁻¹), P13 (80,00 mg Pt L⁻¹), P15 (100,00 mg Pt L⁻¹), P16 (150,00 mg Pt L⁻¹) e P19 (80,00 mg Pt L⁻¹) não atenderam ao limite determinado pelo CONAMA para água doce classe 2 que é igual a 75,00 mg Pt L⁻¹, atendendo para os outros pontos. Contudo a média geral (54,00 ± 37,74 mg Pt L⁻¹) atendeu ao nível estabelecido.

Zuffo et al. (2013) em um estudo nas principais bacias hidrográficas do Estado de Rondônia, observou em alguns pontos valores acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para classe 3. Os autores afirmaram que as diferenças de CV são relacionadas à vazão dos corpos hídricos, valores máximos e mínimos de CV coincidem com valores máximos e mínimos de vazão.

Variações de CV podem estar relacionadas com a decomposição de matéria orgânica, devido a produção de ácidos húmicos e fúlvicos que, quando carregados para os corpos hídricos, podem alterar a cor (Oliveira et al., 2017).

Os resultados para fósforo total (PT) variaram de 0,23 a 1,57 mg L⁻¹, sendo a média geral igual a 0,74 ± 0,35 mg L⁻¹. O limite máximo exigido para PT pelo CONAMA para água doce classe 2 em corpos lânticos é de 0,03 mg L⁻¹, logo, mesmo considerando a média geral, essa exigência não foi atendida, ver Tabela 6.

Cucio e Porto (2015), no estudo de dados fornecidos pela CETESB do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP), observaram que das 78 análises, 30 delas estavam com valor acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para classe 1 e que, assim como no Lago Bonsucesso, algumas amostras também apresentaram valores acima dos limites para classe 2. Os autores concluíram que das amostras que os resultados estiveram acima do limite para PT, muitas foram coletadas com episódio de chuvas nas últimas 24 horas, podendo ser devido carreamento de nutrientes para o corpo d'água.

Em outro estudo, realizado por Melo et al. (2018), sobre a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Una-Pernambuco, foram observados valores altos de PT. Os autores destacam que a área de drenagem desse curso hídrico é em grande parte ocupada por atividades agrícolas, associada ao uso intensivo de fertilizantes, ricos em fósforo, o que também pode ter contribuído para os elevados níveis de Fósforo nos cursos d'água estudados, podendo ser provenientes do escoamento superficial e lixiviação dos solos.

É importante ressaltar que a Formação Serra Geral, que corresponde a 58,22% de toda a formação geológica da área de estudo (Tabela 1 e Figura 2), com composição de basaltos (com

fluoroapatita), brechas e vulcanoclásticas, pode possibilitar naturalmente a adição de fosfato na água (Licht, 2015).

Ressalta-se ainda que a adição natural de fósforo à água é importante para o equilíbrio do ecossistema aquático e que, relata Pantano et al. (2016), um processo, conhecido como bomba de fósforo no ambiente aquático, que promove a circulação do fosfato entre a coluna de água e os sedimentos, controla perfeitamente a produtividade primária em ecossistemas não impactados.

Conforme Santos et al. (2018), o carreamento de fósforo no solo para os corpos hídricos pode ser favorecido devido ao uso de fertilizantes com altas concentrações de fósforo nas áreas agrícolas, visto que a agricultura é a atividade predominante na bacia hidrográfica, conforme foi apresentado na caracterização do uso e cobertura da terra na área de estudo, podendo também ser oriundo de área urbanizada e/ou área construída (Tabela 5 e Figura 6).

Os componentes físico-químicos e biológicos encontram-se em maiores concentrações, devido a tendência de maiores fatores erosivos, a menor infiltração e o maior fluxo superficial da água, proporcionando baixa reciclagem de fósforo.

A alta adição de nutrientes (principalmente fósforo, nitrogênio e potássio) em corpos hídricos pode causar a proliferação, em grande quantidade, de algas, o que diminui a penetração da radiação solar na água.

Para o índice de estado trófico (IET) para fósforo total, foram observados valores de 62,52 a 70,14, com média geral igual $67,17 \pm 2,02$ (Tabela 7). Considerando este índice, conforme a classificação de Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013), ver Tabela 4, o estado trófico para os pontos amostrais foi classificado como hipereutrófico, ou seja, com alta concentração de nutriente em relação às condições naturais, podendo provocar alta produtividade de algas e, consequentemente, desequilíbrio no ecossistema aquático.

Os valores altos de PT e, consequentemente, do IET, podem estar relacionados com o uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica, a qual tem uma grande área destinada à pecuária e ao cultivo da cana de açúcar, além de que em partes do reservatório é possível verificar a falta da vegetação nativa nas margens do corpo d'água, fazendo com que o carreamento de sedimentos para o curso hídrico seja mais elevado nesses pontos.

Tabela 7. Valores obtidos no estudo do estado trófico do Lago Bonsucesso, do ponto amostral 1 (P1) ao ponto amostral 20 (P20), localizado na bacia do Córrego Bonsucesso, em Jataí (GO)

Parâmetro	Valores obtidos			Classificação*
	Mín.	Máx.	Méd. e DP	
IET(PT) _{etr}	62,52	70,14	$67,17 \pm 2,02$	Hipereutrófico ($\geq 59,1$)

Mín. = mínimo; Máx. = máximo; Méd. = média; DP = desvio padrão; IET = Índice de Estado Trófico.

*Classificação conforme Cunha, Calijuri e Lamparelli (2013) para a média geral.

A eutrofização do Lago Bonsucesso, conforme já mencionado, pode ser devido ao uso da terra e cobertura vegetal diversificados na bacia, possivelmente, em decorrência da alta aplicação de fontes de fósforo em áreas agrícolas, predominante na área de estudo, 77,37% da área total (Tabela 5 e Figura 6), que acaba sendo carregado pelas águas das chuvas para a rede de drenagem e, consequentemente, para o lago.

A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente as algas. Grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos. O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio é comprometido pela multiplicidade de

fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas, e por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo (CETESB, 2017). Ainda sobre a eutrofização, Wiegand et al. (2016) afirmam que esse processo consiste no enriquecimento de nutrientes da água, principalmente de fósforo e nitrogênio aumentando assim sua produtividade, ocasionando impactos como aumento da contaminação dos corpos hídricos por metais e substâncias tóxicas liberadas pelas algas e diminuição do OD.

Como já comentado, o Lago Bonsucesso foi construído para recreação e lazer, sendo um importante ponto turístico da região, onde os visitantes andam de *jet ski*, praticam natação, tomam banho etc. Conforme Oliver e Ribeiro (2014), ambientes lênticos (como lagos,

reservatórios), apresentam fatores que contribuem para a proliferação sazonal do fitoplâncton – cianobactéria que é potencial produtor de toxinas, as cianotoxinas, prejudiciais à saúde animal e humana.

Conclusão

A bacia do Córrego Bonsucesso apresenta uso e ocupação diversificados, com área ocupada, predominantemente, por agricultura (76,24%). Esta área e as áreas construídas (0,37%) e urbanizadas (0,22%) podem ser a causa de índices elevados para as variáveis (os parâmetros) cor verdadeira (no P11, P12, P13, P15, P16 e P19) e fósforo total, que não atenderam aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para água doce classe 2, e ainda os índices altos para o estado trófico, enquadrando o corpo hídrico no estado hipereutrófico.

Para os parâmetros temperatura, condutividade elétrica, cor aparente e concentração de sólidos suspensos, todos os resultados estão próximos de valores encontrados para água doce em condições naturais.

Os resultados obtidos para fósforo total e estado trófico inferem que ações devem ser implementadas no intuito de reduzir esses índices e evitar maiores impactos negativos no Lago Bonsucesso, bem como aos demais corpos hídricos na bacia do Córrego Bonsucesso.

A água do Lago Bonsucesso, devido a proliferação de algas, pode ser prejudicial à saúde humana, de animais domésticos e silvestres.

Esses resultados subsidiarão o planejamento e gestão ambiental desse recurso hídrico de importância social, econômica e ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Jataí (UFJ) pelo apoio decisivo para a realização deste trabalho.

Referências

- Aguiar, C. P. O.; Peleja, J. R. P.; Sousa, K. N. S.; Goch, Y. G. F.; Guimarães, A. S., 2015. Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região amazônica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [online] 20. Disponível: DOI: 10.21168/rbrh.v20n4.p1093-1102. Acesso: 22 ago. 2018.
- Andrietti, G.; Freira, R.; Amaral, A. G.; Almeida, F. T.; Bongiovani, M. C.; Schneider, R. M., 2015. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* [online] 11. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1769>. Acesso: 18 ago. 2018.
- APHA-American Public Health Association, 2012. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 22st ed. APHA, AWWA, WEF, Washington.
- Barcelos, A. A.; Ramalho, F. L.; Cabral, J. B. P.; Alves, W. S., 2017. Diagnóstico da qualidade das águas do córrego Sucuri (Caçu-Goiás). *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 10. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234057>. Acesso: 05 jan. 2019.
- Batalha, S. S. A.; Martorano, L. G.; Biase, A. G.; MORALES, G. P.; PONTES, A. N.; SANTOS, L. S., 2014. Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do Rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* [online] 9. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1304>. Acesso: 19 ago. 2018.
- Batista, D. F.; Cabral, J. B. P.; Carvalho, C. B.; Nascimento, C. S., 2016. Caracterização e diagnóstico das águas do Ribeirão Paraíso em Jataí-Goiás. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 9. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233767> Acesso: 22 ago. 2018.
- Bdmep – Banco de Dados Meteorológico Para Ensino e Pesquisa. Estação: 83464 - Jataí (GO). Disponível: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso: 26 ago. 2018.
- Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA), 2011. Resolução nº 724, de 19 de outubro.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 2005. Resolução nº 357, de 18 de março.
- Buzelli, G. M.; Cunha-Santiago, M. B., 2013. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* [online] 8. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>. Acesso: 12 ago. 2018.
- Carvalho, A. P.; Balduino, A. R.; Maciel, G. F.; Picanço, A. P., 2016. Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional –TO. *Revista Geociências* [online] 35. Disponível:

- <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEO/SP/article/view/9527/8875>. Acesso: 20 ago. 2018.
- CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Publicações e Relatórios. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade, 2017. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso: 12 abr. 2018.
- Cucio, M. S.; Porto, M. F. A., 2015. Carga máxima admissível de fósforo e estado trófico do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos – SP. Revista Brasileira de Recursos Hídricos [online] 20. Disponível: 10.21168/rbrh.v20n3.p677-688. Acesso: 12 ago. 2018.
- Cunha, D. G. F.; Calijuri, M. C.; Lamparelli, M. C., 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tsr}). Ecological Engineering [online] 60. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857413003091?via%3Dihub>. Acesso: 06 jan. 2019.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª ed. EMBRAPA, Brasília.
- Gonçalves, A., 2013. Foto Aérea. Disponível: <<http://www.olibat.com.br/wp-content/uploads/2013/05/Lago-Bonsucesso-geral.jpg>>. Acesso: 14 abril. 2018.
- Licht, O. A. B. A., 2015. Revised chemo-chronostratigraphic 4-D model for the extrusive rocks of the Paraná Igneous Province. Journal of Volcanology and Geothermal Research [online] 355. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377027316305017>. Acesso: 22 ago. 2018.
- Melo, D. F. B. C.; Ribeiro, M. H. G.; Albuquerque Junior, E. C.; Gonçalves, E. A. P., 2018. Avaliação da Bacia do Rio Una-Pernambuco: Perspectiva da Qualidade da Água após a Construção de 4 Barragens para Contenção de Cheias. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 11. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234154>. Acesso: 22 ago. 2018.
- Marmontel, C. V. F.; Rodrigues, V. A., 2015. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. Floresta e Ambiente [online]. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v22n2/2179-8087-floram-21798087082014.pdf>. Acesso: 10 ago. 2018.
- Medeiros, W. M. V.; Silva, C. E.; Lins, R. P., 2018. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. Revista Ambiente & Água [online] 13. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2054>. Acesso: 05 jan. 2019.
- Mendes, L. S.; Ferreira, I. M., 2014. Influência da sazonalidade na qualidade da água bruta no município de Ituiutaba – MG. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde [online] 10. Disponível: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/viewFile/27633/15793>. Acesso: 05 jan. 2019.
- Oliveira, S. C.; Amaral, R. C.; Almeida, K. C. B.; Pinto, C. C., 2017. Qualidade das águas superficiais do Médio São Francisco após a implantação dos perímetros irrigados de Gorutuba/Lagoa Grande e Jaíba. Engenharia Sanitária e Ambiental [online] 22. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n4/1809-4457-esa-s1413-41522017136784.pdf>. Acesso: 05 jan. 2019.
- Oliver, S. L.; Ribeiro, H., 2014. Variabilidade climática e qualidade da água do Reservatório Guarapiranga. Estudos Avançados [online] 28. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142014000300007>. Acesso: 22 ago. 2018.
- Pantano, G.; Grosseli, G. M.; Mozeto, A. A.; FADINI, P. S., 2016. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. Quim. Nova [online] 39. Disponível: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6442. Acesso: 22 ago. 2018.
- Piratoba, A. R. A.; Ribeiro, H. M. C.; Morales, G. P.; GONÇALVES, W. G., 2017. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science [online] 12. Disponível: 10.4136/ambi-agua.1910. Acesso: 10 ago. 2018.
- Rocha, H. M.; Cabral, J. B. P.; braga, C. C., 2014. Avaliação Espaço-Temporal das Águas dos Afluentes do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros/Goiás. Revista Brasileira de Recursos Hídricos [online] 19. Disponível: 10.21168/rbrh.v19n1.p131-142. Acesso: 12 ago. 2018.
- Rodrigues Filho, J. L.; Degani, R. M.; Soares, F. S.; Periotto, N. A.; Blanco, F. P.; Abe, D. S.; Matsumura-Tundisi, T.; Tundisi, J. E.; Tundisi, J. G., 2015. Alterations in land uses based on amendments to the Brazilian Forest Law and their influences on water quality of a watershed. Brazilian Journal of Biology

- [online] 75. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.08813>. Acesso: 22 ago. 2018.
- Santiago, B. E. C.; Jesus, T. B.; Santos, L. B., 2016. O. Avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 9. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233753>. Acesso: 22 ago. 2018.
- Santos, R. C.; Lima, A. S.; Cavalcanti, E. B.; Melo, C. M.; Marques, M. N., 2018. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online] 23. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n1/1809-4457-esa-s1413-41522017159832.pdf>. Acesso: 15 jan. 2019.
- SIEG-Sistema Estadual de Geoinformação DE Goiás. Downloads/SIG-Shapefiles. Disponível: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso: 23 dez. 2015.
- Silva, D. C. V. R.; Queiroz, L. G.; Alaminio, D. A.; Fernandes, J. G.; Silva, S. C.; Paiva, T. C. B.; Pompêo, M. L. M., 2018. Avaliação da eficiência de um índice de estado trófico na determinação da qualidade da água de reservatórios para abastecimento público. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online] 23. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n4/1809-4457-esa-23-04-627.pdf>. Acesso 06 jan. 2019.
- Silva, F.L.; Oliveira, E.Z.; Picharillo, C.; Ruggiero, M.H.; Costa, C.W.; Moschini, L.E., 2017. Naturalidade da Paisagem verificada por meio de indicadores ambientais: manancial do Rio Monjolinho, São Carlos-SP. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.6.p1921-1933>. Acesso em: 12 jan. 2019.
- Silva, V. B.; Gasparetto, N. V. L., 2016. Qualidade da água na sub-bacia do rio do Campo - Campo Mourão-PR. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 9. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233423>. Acesso: 22 ago. 2018.
- Silva, L. M.; Morales, G. P.; Lima, A. M. M., 2014. Avaliação da qualidade das águas superficiais dos mananciais do Utinga e dos Rios Guamá e Aurá, Belém, Pará. *Enciclopédia Biosfera* [online] 10. Acesso: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.08813>. Acesso: 22 ago. 2018.
- Souza, M. M. de; Gastaldini, M. C. C., 2014. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online] 19. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v19n3/1413-4152-esa-19-03-00263.pdf>. Acesso: 22 ago. 2018.
- USGS-United States Geological Survey. EarthExplorer. Disponível: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: 23 dez. 2016.
- Wiegand, M. C.; Piedra, J. I. G.; Araújo, J. C., 2016. Vulnerabilidade à eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil). *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online] 21. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-21-02-00415.pdf>. Acesso 06 jan. 2019.
- Zuffo, C. E.; Nascimento, G. F.; Abreu, F. A. M.; Cavalcante, I. N., 2013. Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais em Rondônia. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* [online] 36. Disponível: http://dx.doi.org/10.11137/2013_2_25_39. Acesso: 18 ago. 2018.