

Influência do uso e cobertura do solo na qualidade da água - estudo de caso do córrego Laranja Doce, Dourados/MS

Thayne Danieli Schmidt Zolin^{1,2} , Shaline Sefara Lopes Fernandes¹ , Vinícius de Oliveira Ribeiro^{1,2*} ,
Nelison Ferreira Corrêa^{2,3} , Laercio Alves de Carvalho¹ , Jonailce Oliveira Diodato² 

1 Pós-Graduação em Recursos Naturais - PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS, Rodovia Dourados-Itahum Km12, Caixa postal 351, CEP 79804-969, Dourados, MS.

2 Laboratório de Modelagem em Saneamento e Geotecnologias - LASANGE, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS, Rodovia Dourados-Itahum Km12, Caixa postal 351, CEP 79804-969, Dourados, MS.

3 Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - PGTA, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Avenida Costa e Silva, s/nº, Bairro Universitário, 79.070-900 Campo Grande, MS.

*Autor para correspondência: vinicius.ribeiro@uems.br

Recebido em 16 de novembro de 2021.

Aceito em 26 de junho de 2022.

Publicado em 20 de julho de 2022.

Resumo - O processo de antropização traz consigo, inevitavelmente, alterações tanto positivas quanto negativas sobre o meio ambiente. O presente trabalho buscou avaliar a influência dos usos e cobertura do solo sobre a qualidade da água na microbacia do córrego Laranja Doce, em Dourados/MS. A microbacia foi subdividida em duas sub-bacias de influência, sendo uma de uso prioritariamente agropecuário (borda direita), e a outra porção com adensamentos urbanos (borda esquerda). Nestas, por geotecnologias, efetuou-se a caracterização de uso e cobertura do solo. Análises de qualidade da água foram efetuadas nos pontos de exutório das áreas experimentais. Como resultado, a microbacia apresentou elevado grau de antropização (83%). Em linhas gerais, a sub-bacia da borda esquerda (maior adensamento urbano e presença de estações de tratamento de efluentes), tiveram pior desempenho no comparativo dos indicadores analisados, em especial no tocante a coliformes termotolerantes, turbidez e oxigênio dissolvido.

Palavras-chave: Coliformes termotolerantes. Uso antrópico. Bacia hidrográfica.

Influence of the use and occupation of soil on the quality of water – study case in the Laranja Doce stream, Dourados/MS - Brazil

Abstract - Anthropization inevitably entails both positive and negative changes to the environment. The present study aims to evaluate the influence of land use and coverage on water quality in the Laranja Doce stream micro basin in Dourados/MS-Brazil. The micro basin was divided into two sub-basins of influence, one primarily for agricultural use (right margin) and the other for urban densification (left margin). Geotechnologies conducted the land use characterization and cover. In addition, water quality analyses were made at the experimental areas' outflow points.

As a result, the watershed showed a high anthropization degree (83%). In general terms, the sub-basin on the left margin (greater urban density and presence of wastewater treatment plants) had the worst performance in the compared analyzed indicators, especially regarding thermotolerant coliforms, turbidity, and dissolved oxygen.

Keywords: Thermotolerant coliforms. Anthropic use. Watershed.

Influencia del uso y cobertura del suelo en la calidad del agua – estudio de caso del arroyo Laranja Doce, Dourados/MS - Brasil

Resumen - El proceso de antropización conlleva, inevitablemente, cambios tanto positivos como negativos en el entorno. El presente trabajo buscó evaluar la influencia del uso y cobertura del suelo en la calidad del agua en la microcuenca del arroyo Laranja Doce, en Dourados/MS-Brasil. La microcuenca se segmentó en dos subcuencas de influencia, una de uso mayoritariamente agrícola (borde derecho) y la otra porción con densificación urbana (borde izquierdo). En estos, a través de geotecnologías, se realizó la caracterización del uso y cobertura del suelo. Se realizaron análisis de calidad de agua en los puntos de salida de las áreas experimentales. Como resultado, la cuenca en su conjunto mostró un alto grado de antropización (83%). En términos generales, la subcuenca del margen izquierdo (mayor densidad urbana y presencia de plantas de tratamiento de efluentes) tuvo el peor desempeño en la comparación de los indicadores analizados, especialmente en lo que respecta a coliformes termotolerantes, turbidez y oxígeno disuelto.

Palabras llave: Coliformes termotolerantes. Uso antrópico. Cuenca hidrográfica.

Introdução

A análise do uso do solo busca conhecer a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, permitindo uma caracterização das interações antrópicas com o meio ambiente, se constituindo como uma representação espacial dessas interações (Cunha et al., 2022).

Tal análise pode ser usada como suporte às decisões de planejamento e ordenamento territorial e ao desenvolvimento sustentável, pois a avaliação de bacias hidrográficas possibilita o desenvolvimento de uma estratégia de gerenciamento por meio da medição precisa dos parâmetros de cobertura/uso da terra que consequentemente auxiliam na determinação dos processos hidrológicos e ecológicos ocorrendo em determinada bacia hidrográfica (Butt et al. 2015).

Uma das principais etapas para a realização de ações de planejamento ambiental consiste no levantamento do uso e cobertura do solo, comumente realizado por ferramentas geotecnológicas, devido à redução de custos e ao ganho de tempo (Criado e Piroli 2012; Borelli et al. 2020). Isso é possível por estas ferramentas permitirem a identificação de áreas degradadas e aquisição dos dados que são de grande importância para o mapeamento e caracterização de uma região (Dias et al. 2014; Falcão et al. 2020).

Os padrões de uso do solo têm importante influência sobre a qualidade da água de ecossistemas aquáticos dentro de uma bacia hidrográfica (Bu et al. 2014; Dupas et al. 2015; Menezes et al. 2016; Cunha et al., 2022). A erosão é uma grande ameaça global de degradação do solo, e quando atingem corpos de água doce, podem desencadear um aumento do risco de eutrofização pela deposição excessiva de nutrientes que acabam por afetar as características das bacias de drenagem, modificando as características físicas e químicas dos corpos d'água e a composição da biota aquática (Dupas et al. 2015).

Intensas atividades urbanas e agrícolas aumentam a entrada de sedimentos, resíduos orgânicos, nutrientes e outros poluentes nos rios. Dentre os produtos oriundos de descargas de águas residuais e descargas de esgotos domésticos estão os metais pesados (Yan et al. 2018) que são altamente prejudiciais pela toxicidade e por serem persistentes e não degradáveis (Sheng et al. 2012).

A remoção da vegetação ciliar, por exemplo, pode ser considerada um fator que ocasiona a perda da forma física e da função ecológica de ecossistemas ribeirinhos, pois proporciona o aumento da oferta e do transporte de poluentes para os corpos hídricos (Swanson et al. 2017).

Portanto, compreender a relação entre o uso da terra e a qualidade da água é útil para identificar eventuais ou potenciais ameaças, e esse entendimento se faz necessário para seu gerenciamento efetivo, pois podem ser usados para atingir áreas críticas de uso do solo e instituir medidas relevantes que minimizem as cargas poluentes e possíveis medidas para recuperação (Ding et al. 2015).

Estudos recentes baseados em projeções climáticas de 2015 a 2070, envolvendo todos os cenários de dinâmica global, têm indicado uma tendência para um ciclo hidrológico mais elevado, o que poderia aumentar a erosão hídrica global (+30 a +66%), reforçando o possível desenvolvimento socioeconômico futuro e contribuindo para a erosão do solo pela água (Borrelli et al. 2020).

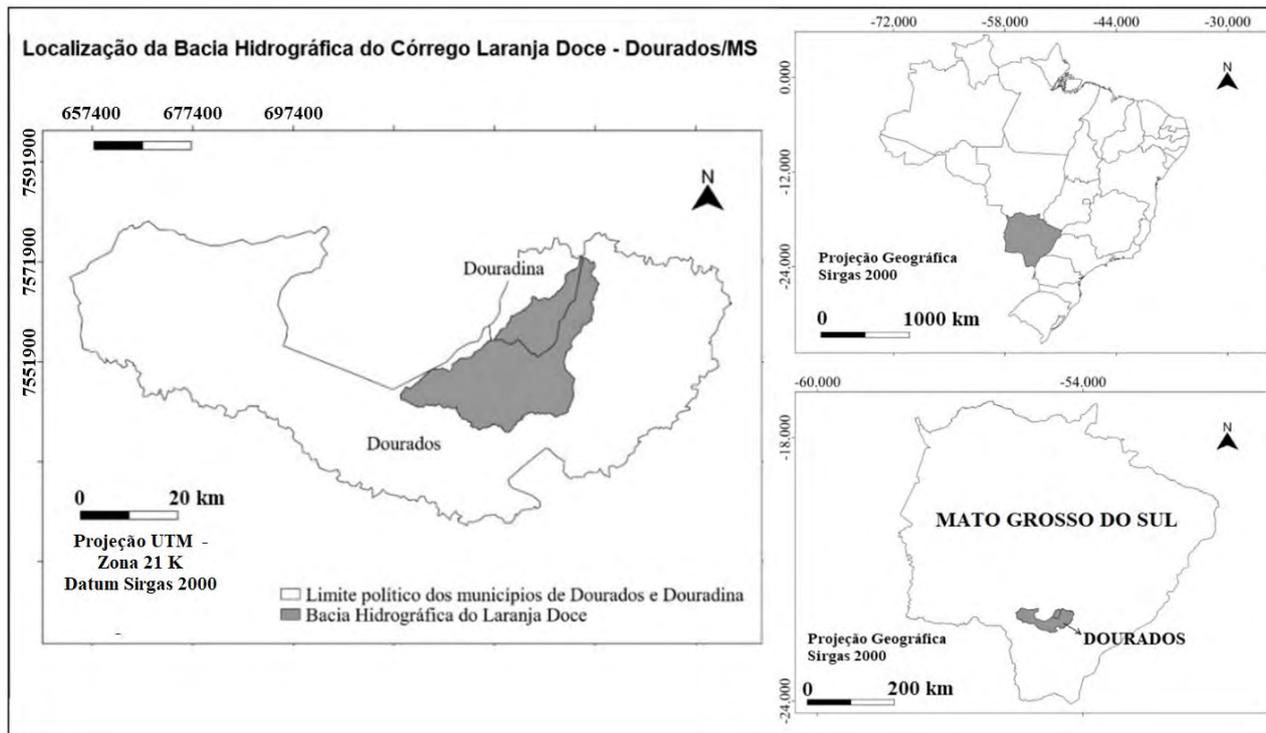
Ante o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso e ocupação dos solos sobre os recursos hídricos do Córrego Laranja Doce, municípios de Dourados e Douradina, MS.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo escolhida para o desenvolvimento da pesquisa refere-se à microbacia hidrográfica (BH) do Córrego Laranja Doce, afluente do Rio Brillhante, situada nos municípios de Dourados e Douradina, Mato Grosso do Sul (Figura 1). O limite da BH foi produzido por Correa et al. (2017). A região tem como característica verão quente e chuvoso, com invernos de temperaturas moderadas e seco, com classificação climática de Köppen característico Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) (Fietz et al. 2017). O Latossolo Vermelho é a classe de solo que abrange a área (IBGE — EMBRAPA 2001), possuindo como característica geomorfológica principal, a configuração plana (MS 2015).

Figura 1. Área de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce, abrangendo os municípios de Dourados e Douradina, MS.



Aquisição de dados

Neste estudo, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2/MSI (USGS 2018) bandas 2, 3, 4 e 8, com data de passagem em 29 de maio de 2018.

Os dados vetoriais em formato *shapefile* (ESRI 1997), representativos do limite político administrativos do Estado de Mato Grosso do Sul e dos municípios de Dourados e Douradina, foram obtidos no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2017) na escala 1: 250.000 e tendo como referência geodésica o SIRGAS 2000.

Uso e ocupação do solo

Utilizando as imagens Sentinel-2/MSI na composição R-G-B (*red-green-blue*) para as bandas 4, 3 e 2 respectivamente, efetuou-se a classificação supervisionada de imagens com o auxílio da ferramenta *Supervised Classification* da extensão Sextante do *software* livre e gratuito gvSIG versão OADE (2010). Foram divididas em cinco classes distintas de uso e cobertura do solo para a microbacia: área urbana; área indígena; florestas naturais e áreas seminaturais (revegetação); zonas úmidas e corpos aquosos e áreas agrícolas, conforme padrão CORINE *Land Cover* (2000). A escolha das classes foi feita por meio da interpretação visual de imagens, a partir de pontos de controle pré-estabelecidos em visitas a campo, sendo visitadas cinco áreas para cada classe.

Após a identificação das classes, o arquivo do tipo *raster* foi convertido para vetor através da poligonização, para poder ser feito o cálculo de área para cada classe definida, permitindo assim, a obtenção do percentual das classes de uso e cobertura do solo.

Divisão da bacia hidrográfica em sub bacias

De modo a atestar a influência dos usos do solo da bacia hidrográfica na qualidade da água, efetuou-se a delimitação de sub bacias hidrográficas no interior da bacia do Laranja Doce, adotando-se como ponto de exutório o último trecho antes do encontro entre as margens direita e esquerda, tendo como coordenadas: Zona UTM 21S 753863 m E, 7559221 m S e 750689 m E, 7558983 m S, respectivamente.

O processo se deu de forma automatizada através do uso do pacote de algoritmos GRASS, instalado no QGIS 2.14.16 (QGIS *Development Team* 2016). As rotinas executadas para modelagem hidrológica consistiram na elaboração dos segmentos de fluxo e direções de drenagem por meio do algoritmo *r.watershed*. A respectiva área de influência da bacia, através de ponto exutório, foi obtida utilizando-se do algoritmo *water outlet*, que usa como parâmetros de entrada o modelo de direção de drenagem (*aspect*) e as coordenadas geográficas do ponto de exutório.

Análise da qualidade da água

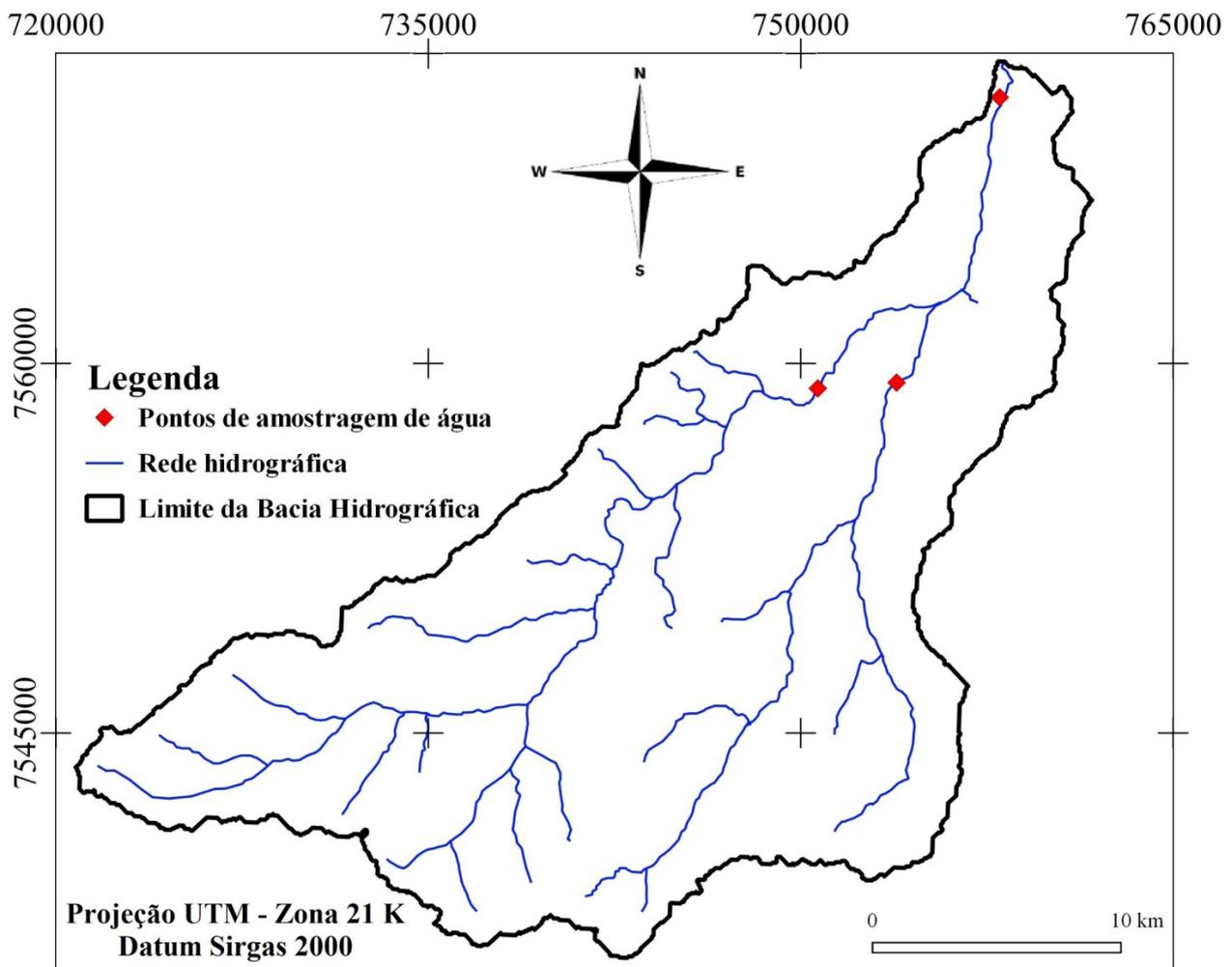
Para análise da qualidade da água foram escolhidos 3 pontos de amostragem (Figura 2), que consistem nos pontos representativos, e de acesso facilitado sob pontes, mais próximos do exutório das áreas de influência da borda esquerda e direita (ME e MD) da microbacia e próximo a foz (FOZ). A localização dos pontos de monitoramento em pontes viárias, facilitou o monitoramento de médio e longo prazo, da qualidade da água do córrego Laranja Doce.

Os parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), turbidez (NTU) oxigênio dissolvido (OD em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), coliformes termotolerantes ($\text{UFC}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$) e $\text{DBO}_{5,20}$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). As coletas foram realizadas no mês de julho de 2018, entre as 10 e 11h (horário de MS), após um período de 09 dias sem qualquer volume de precipitação.

Os parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade, turbidez e OD) foram obtidos localmente por meio do uso de sonda multiparâmetros, marca Horiba®, modelo U-52G. As medições foram efetuadas a um metro de profundidade na seção média do curso de água, nos pontos de amostragem, com tempo médio de registro de dez minutos.

A coleta de amostras para obtenção dos parâmetros de coliformes e demanda bioquímica de oxigênio foram realizadas com auxílio de béquer, autoclavado a 121 °C, fixado em haste com um metro de comprimento, efetuadas a um metro de profundidade na seção média do curso de água, nos pontos de amostragem. As amostras foram acondicionadas refrigeradas em caixa térmica, conforme estabelecido por APHA (2018), e transportadas ao Laboratório de Hidráulica e Saneamento, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Dourados/MS. Para a obtenção dos valores de coliformes utilizou-se a técnica de análise quantitativa dos tubos múltiplos, e para a análise da DBO utilizou-se o método das diluições, incubado a 20°C por 5 dias (APHA 2018).

Figura 2. Pontos de amostragem de água distribuídos nas margens direita e esquerda e na foz da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce, MS.

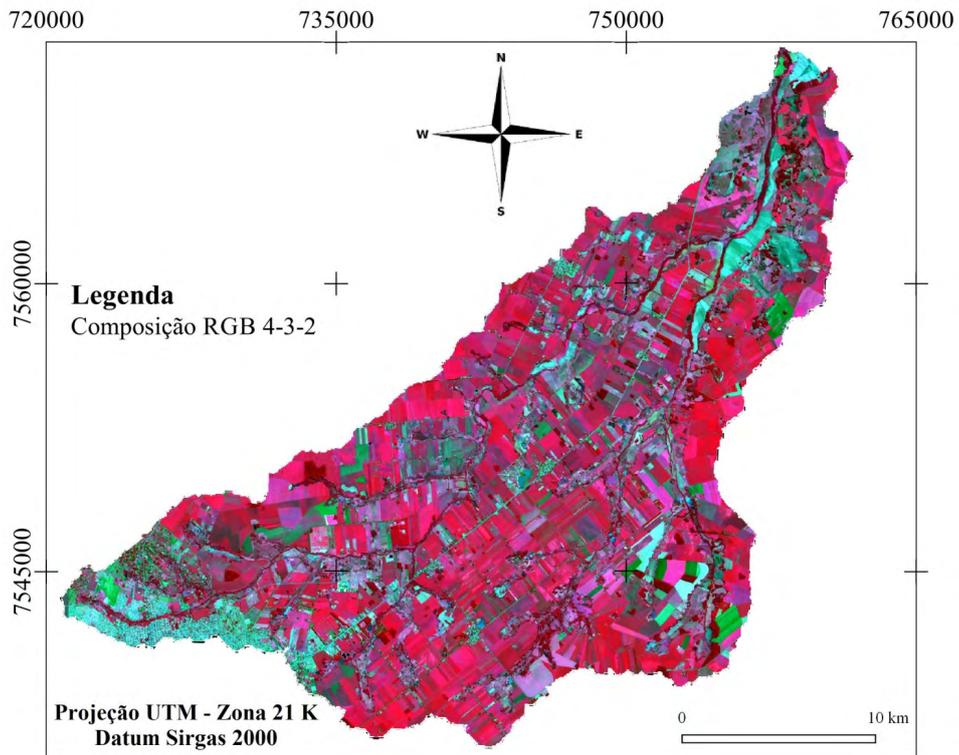


Resultados e discussão

Uso e ocupação do solo

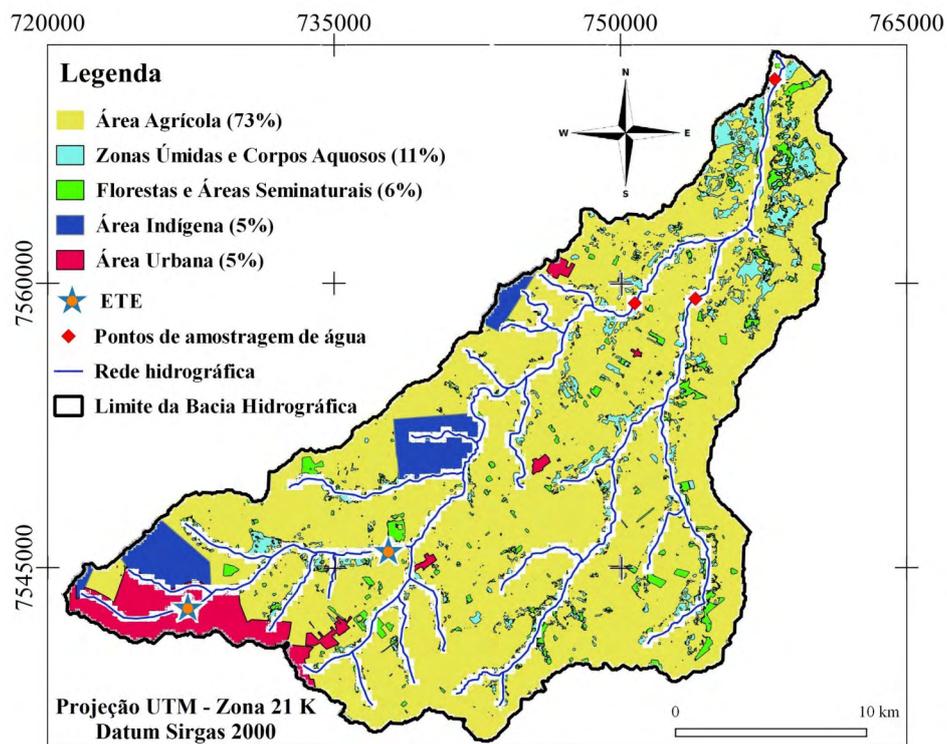
Após a composição colorida em falsa-cor, obteve-se a composição RGB para a bacia hidrográfica do Laranja Doce (Figura 3). Os tons em vermelho e verde-escuro representam locais com presença de vegetação, enquanto a cor ciano aparece nos perímetros urbanos e em áreas úmidas mais drenadas. As áreas acinzentadas correspondem as áreas úmidas.

Figura 3. Composição RGB 4-3-2 para a imagem Sentinel-2 com data de passagem em 29 de maio de 2018 para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, MS.



A BH do Córrego Laranja Doce (Figura 4) possui área total de 631,35 Km².

Figura 4. Carta do Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce, MS.



Como pode ser observado na Figura 4, a Bacia do Laranja Doce é predominantemente antropizada, possuindo algumas áreas de ocupação indígena, presença de área urbana consolidada, apresentando na maior parte do território o uso agrícola e apenas resquícios de fragmento florestal. A porcentagem de cada elemento de Uso e cobertura do solo é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Uso e cobertura da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce.

USO DO SOLO	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)
Área urbana	30,88	5
Área indígena	28,68	5
Florestas e áreas seminaturais	39,67	6
Zonas úmidas e corpos aquosos	70,59	11
Áreas agrícolas	461,53	73

O uso do solo para área urbana (5%), no município de Dourados, está localizado adequadamente conforme o estabelecido pela Lei Complementar n. 205/2012 (Dourados 2012), que dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo e o sistema viário no município de Dourados.

Mais da metade (73%) da BH do Laranja Doce é de uso agrícola. Os fragmentos florestais representam cerca de 6% do total e 11% de zonas úmidas e cursos de água. Este cenário aponta para o elevado grau de antropização da área de estudo.

A invasão de áreas úmidas e de mata ciliar pelas diversas atividades humanas, como ocorre na bacia de estudo e em áreas similares (Coutinho 2015; Garcia e Ballester 2016; Colman et al. 2022), causa desequilíbrio no ecossistema local, pois além de influenciar no microclima, influência nos recursos naturais, aumentando a possibilidade de erosão nas áreas invadidas e do assoreamento dos cursos d'água.

Nas áreas de uso indígena, não foi feito nenhum tipo de levantamento, visto que a Constituição Federal garante aos povos indígenas o direito ao usufruto exclusivo das terras que ocupam tradicionalmente e define que essas terras são bens da União (Brasil 2018).

Divisão da bacia hidrográfica em sub bacias

A partir da definição dos pontos de exutório, foi possível dividir a bacia hidrográfica do Laranja Doce em duas diferentes sub bacias de área de influência (Figuras 5 e 6).

Figura 5. Sub bacia de área de influência à borda esquerda do Córrego Laranja Doce, MS.

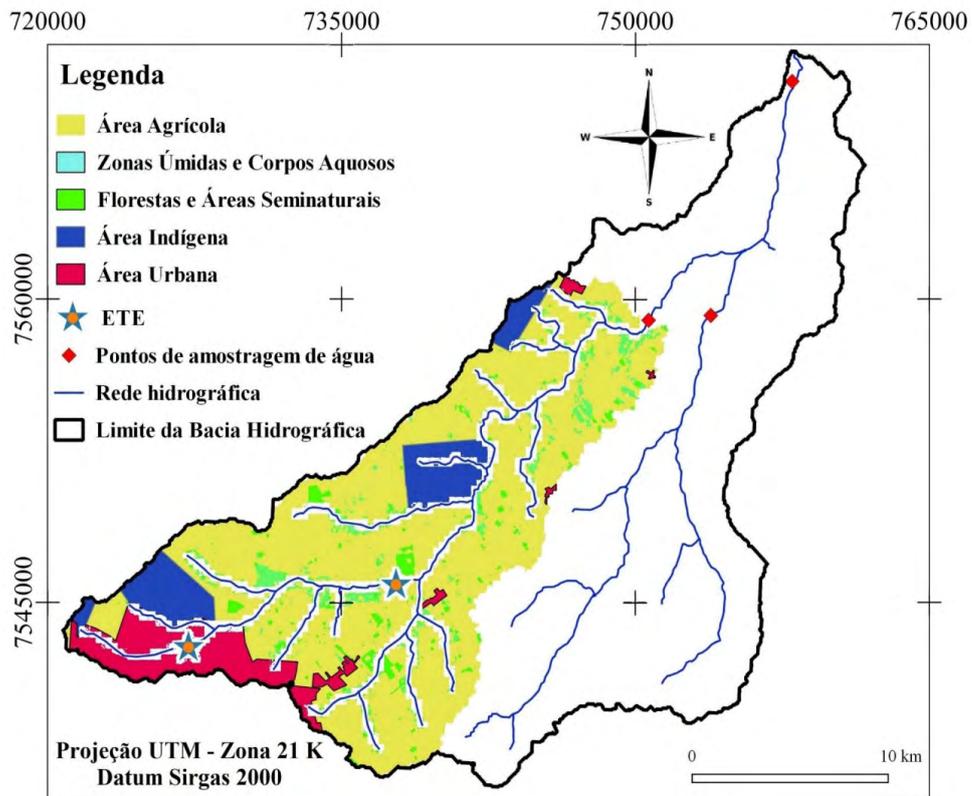
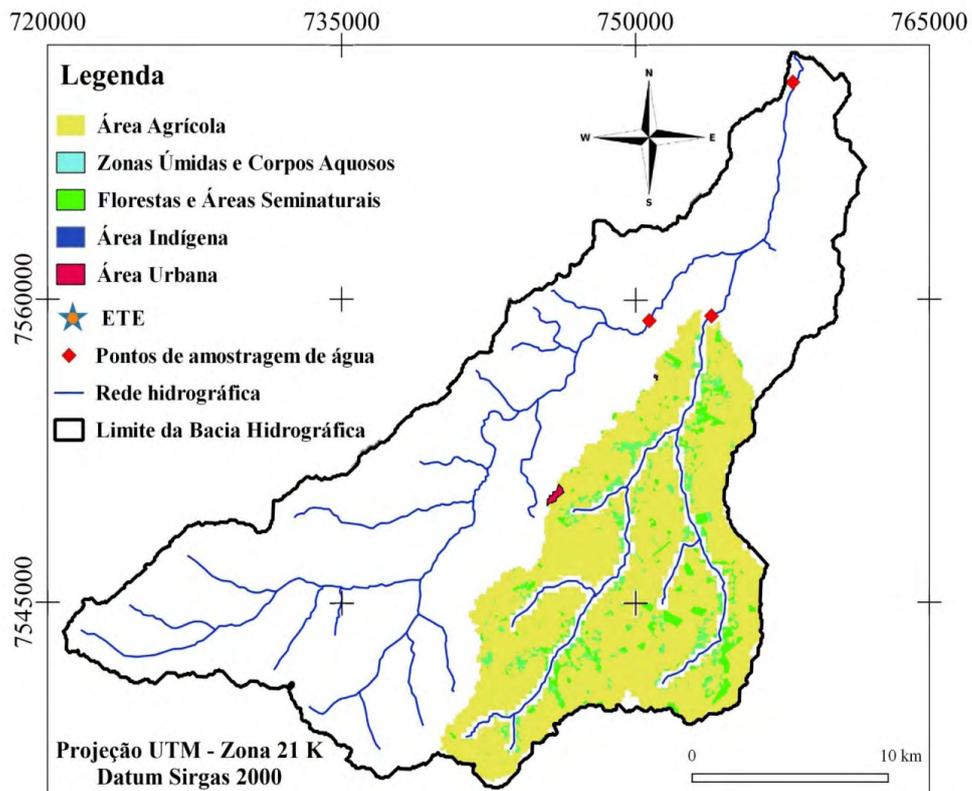


Figura 6. Sub bacia de área de influência à borda direita do Córrego Laranja Doce, MS.



A área de influência à margem esquerda do Laranja Doce, possui um total de 296,83 km², dos quais 30,5 km² (10,28%) são de área urbana; 28,7 km² (9,66%) de área indígena; 17,3 km² (5,84%) de florestas e áreas seminaturais; 26,9 km² (9,05%) de áreas úmidas e corpos aquosos e 193,5 km² (65,17%) correspondem ao uso agrícola. Nela está contida a maioria da área urbana da bacia total (98,80%) e toda a área indígena (100%).

Áreas sob forte influência urbana podem sofrer redução na qualidade de suas águas superficiais com o aumento do escoamento devido à impermeabilização do solo, deposição inadequada de resíduos sólidos e recepção de efluentes domésticos e industriais o que pode aumentar o nível de bactérias fecais, diminuir o oxigênio dissolvido e influenciar grande parte dos parâmetros da qualidade de água (Capp et al. 2012; Pontes et al. 2012; Cunha e Borges 2015).

Já a margem direita, é composta basicamente por áreas agrícolas (170,0 km² ou 84,15%), contendo fragmentos de florestas e áreas seminaturais (12,9 km² ou 6,40%) e algumas zonas úmidas e corpos aquosos (18,7 km² ou 9,27%), com mínima presença de área urbana (0,37 km² ou 0,18%).

As atividades agrícolas, que representam a maior parte da área de influência à margem direita do Laranja Doce, podem contribuir para a degradação de mananciais. O preparo do solo para o cultivo torna o solo mais susceptível à erosão, o que pode acarretar o aumento da turbidez das águas superficiais (Gonçalves e Rocha 2016; Colman et al. 2022) e na contaminação dos corpos hídricos por substâncias orgânicas e inorgânicas. A aplicação de agrotóxicos, fertilizantes e resíduos, oriundos da criação intensiva de animais, estão entre as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água em regiões sob influência rural (Teklu et al. 2018).

Análise da qualidade da água

Em relação aos parâmetros da qualidade água (Tabela 2), pode ser observado que, em todos os pontos amostrais, os parâmetros pH e turbidez estão em conformidade tanto com a Resolução 357 do CONAMA (2005), quanto com a Deliberação n. 36 CECA/MS (2012) para rios de Classe 2.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce, MS.

PONTO	pH	¹ COND. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	² TEMP. ($^{\circ}\text{C}$)	³ TURB. (NTU)	⁴ C. T. (UFC.100 mL ⁻¹)	⁵ OD (mg.L ⁻¹)	⁶ DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)
ME	7,1	103,7	25,3	34,8	22000	3,6	<5
MD	7,2	103,8	23,3	28,1	2400	4,8	<3
FOZ	7,3	94,4	25,0	50,7	400	4,0	<3

1 Condutividade elétrica; 2 temperatura; 3 turbidez; 4 coliformes termotolerantes; 5 oxigênio dissolvido; 6 demanda bioquímica de oxigênio.

A legislação não estabelece padrões para condutividade e temperatura. No entanto, níveis superiores a 100 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, indicam uma possível impactação do ambiente. Ainda, valores elevados desse parâmetro podem indicar características corrosivas da água (CETESB 2014). Portanto, é notada uma perturbação nas duas áreas de contribuição da bacia hidrográfica, onde tanto para margem direita quanto para margem esquerda, foram obtidos valores superiores a 100 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Resultados elevados de condutividade elétrica para corpos hídricos também foram verificados por Buzelli e Cunha Santino (2013), indicando uma possível contaminação para esses afluentes.

Os valores de coliformes termotolerantes, atingiram níveis muito elevados, fazendo com que apenas o ponto que representa a foz, esteja no limite aceitável para rios de Classe 3 (CECA/MS 2012). Na área de contribuição à margem direita da BH, é notada alta presença de coliformes termotolerantes. As bactérias do grupo coliforme apresentam-se em abundância nas fezes humanas e podem ser encontradas nas fezes de animais de sangue quente (Von Sperling 1996), o que indica que o afluente pode estar sofrendo com escoamento superficial, que possivelmente está transportando fezes de animais utilizadas na adubação de lavouras ou provenientes da prática do pastoreio, dado que essa região possui predominância agrícola e não possui evidência do lançamento direto de efluentes.

Diferente da situação anterior, a área de influência à margem esquerda (ME), é detentora da maioria do uso urbano da BH. Agravando a situação, o mesmo corpo hídrico recebe a destinação de efluentes de duas diferentes estações de tratamento (ETE). Essa condição pode explicar o elevado valor para coliformes termotolerantes encontrado no ponto amostral, o qual ultrapassa em 2000% o valor estabelecido pela legislação para rios de Classe 2.

O resultado obtido serve como alerta, pois entre os coliformes termotolerantes podem estar presentes organismos patogênicos, que trazem riscos a quem utiliza a água contaminada. Outra preocupação é em relação à eficiência do tratamento empregado nos efluentes antes do lançamento no corpo hídrico, pois os resultados demonstram que o sistema de tratamento utilizado aparenta não estar sendo eficaz na remoção de coliformes.

Trata-se de uma questão de saúde pública, visto que os coliformes termotolerantes estão associados a um elevado número de patologias e diretamente considerados o motivo da maioria das infecções intestinais humanas conhecidas, além de poder estar envolvida ou ter participação em diversas outras patologias, como meningites, intoxicações alimentares, infecções urinárias e pneumonias (Yamaguchi et al. 2013).

Para o parâmetro oxigênio dissolvido (OD), verificou-se que todos os locais amostrados estão com valores inferiores ao mínimo estabelecido na legislação para rios de Classe 2, sendo de 5 mg. L⁻¹ (CECA/MS, 2012), enquadrando os pontos borda direita (MD) e foz como rios de Classe 3 (OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg. L⁻¹). É possível perceber ainda, que no ponto amostral da área de influência à borda esquerda da bacia do Laranja Doce (ME), o valor de OD encontrado foi de 3,55 mg. L⁻¹, abaixo do permitido tanto para Classe 2 quanto para a Classe 3. O resultado encontrado se deve, possivelmente, devido ao uso e ocupação da região, pois a ME corresponde a área com maior ocupação urbana quando comparada a área à direita, que possui ocupação predominante de uso agrícola. O valor encontrado para ME, pode estar influenciando no valor à jusante, visto que para a foz, local com densidade de vegetação maior e aparentemente mais preservado, o OD foi inferior à MD.

O oxigênio é necessário para a respiração de microrganismos aeróbicos, bem como outras formas aeróbicas de vida. A maioria das espécies de peixe não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4,0 mg. L⁻¹ (Kato e Piveli 2005). Além disso, a presença de OD em águas residuárias é desejável por prevenir a formação de substâncias com odores desagradáveis que comprometem os diversos usos da água como, consumo humano ou meio de recreação (Fiorucci e Benedetti Filho 2005).

Reduções consideráveis de OD podem ocorrer nos ambientes aquáticos, com graves consequências ambientais, se quantidades significativas de matéria orgânica forem incorporadas. É comum tal ocorrência com o lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais ricos em matéria orgânica nos corpos d'água. A elevação da matéria orgânica resulta em maior taxa de respiração de microrganismos, ocasionando à elevação das quantidades de CO₂ e metano e, principalmente, em

uma demanda de oxigênio, cuja disponibilidade é pequena devido à sua solubilidade bastante limitada na água (Fiorucci e Benedetti Filho 2005).

Já para a demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$) todos os pontos amostrados estão no padrão estabelecido pela CECA/MS (2012) para rios de Classe 2, que determina valor máximo para DBO 5 dias a 20°C até 5 mg. L⁻¹. Mesmo em conformidade, é possível notar um valor aumentado da DBO para a ME, o que está em consonância com os demais parâmetros avaliados, que indicam um maior impacto dessa área de contribuição.

Conclusão

Pode-se concluir que a bacia do Laranja Doce possui grande influência antrópica, visto que, pelo menos 83% de sua área, encontra-se antropizada.

A sub bacia da área de contribuição à borda esquerda da bacia hidrográfica, que concentra a maior porção do uso urbano, foi a região que apresentou os piores resultados para os parâmetros qualidade da água avaliados, tendo destaque ao valor elevado para coliformes termotolerantes.

A sub bacia da área de contribuição à borda direita, com predominância de uso e ocupação agrícola, também apresentou valores que indicam a deterioração dos afluentes, porém não tão severos quando comparada à sub bacia oposta.

Os fatores analisados em conjunto, possibilitaram uma caracterização do estado de integridade ambiental da bacia do Laranja Doce. Sendo assim, sugere-se sua aplicação em outras sub-bacias ou bacias hidrográficas do Estado do Mato Grosso do Sul, bem como, para outros Estados de modo a contribuir para formulação de políticas públicas voltadas para à sustentabilidade hidroambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CNPQ e ao Programa de Pós-graduação e Recursos Naturais - PGRN da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS, pela bolsa de estudos concedida a Thayne Zolin.

Participação dos autores: TDSZ - concepção, coleta de dados, pesquisa e confecção do trabalho escrito; LCA - coautor, orientador e responsável pela revisão final; NFC - orientação técnica da pesquisa; VOR - orientações e revisões em todas as etapas; SLE, JOD - análises e interpretações dos dados da pesquisa.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Não se aplica.

Disponibilidade dos dados: O manuscrito teve como base os dados do projeto de tese de Thayne Zolin disponível no repositório http://www.uems.br/assets/uploads/cursos_pos/d193f01e3b6f054b6a7f8a7f1b6cca47/teses_dissertacoes/2_d193f01e3b6f054b6a7f8a7f1b6cca47_2018-11-20_14-38-34.pdf.

Fomento: O primeiro autor agradece o fomento financeiro à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

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

Referências

- APHA. 2018. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.
- Borrelli P, Robinson D A, Panagos P, Lugato E, Yang JE, Alewell C, Wuepper D, Montanarella L, Ballabio C. 2020. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(36): 21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>.
- Brasil. 2018. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Fundação. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/bens-da-uniao/terras-indigenas>. Acesso em jul. 2018.
- Bu H, Meng W, Zhang Y, Wan J. 2014. Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. *Ecological Indicators* 41:187-197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.003>
- Butt A, Shabbir R, Ahmad SS, Aziz N. 2015. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 18 (2): 251-259. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.07.003>.
- Buzelli GM, Cunha-Santino MB. 2013. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Revista Ambiente & Água* 8(1):186-205. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.930>.
- Cappi N, Ayach LR, Santos TMB, Lima Guimarães ST. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). *Geografia Ensino & Pesquisa* 16(3):77-92. <https://doi.org/10.5902/223649947581>.
- CECA- Conselho Estadual de Controle Ambiental. 2012. Deliberação 36, dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as diretrizes, condições e padrões de lançamento de efluentes no âmbito do Estado do Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Disponível em: http://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2015/06/Delibera%C3%A7%C3%A3o_CECA_MS_N%C2%BA36_DE_27_de_junho_de_2012__Enquadramento.pdf. Acesso em 13 jul. 2018.
- CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2014. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade- Apêndice D. São Paulo. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em 13 jul. 2018.
- Colman CB, Guerra A, Roque FO, Rosa IMD, Oliveira PTS . 2022. Identifying priority regions and territorial planning strategies for conserving native vegetation in the Cerrado (Brazil) under different scenarios of land use changes. *Science of the Total Environment*, v. 807, p. 150998. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150998>
- CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução 357, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 13 jul. 2018.
- CORINE. 2000. Coordination of information on the environment. Land cover technical guide: addendum. Copenhagen: European Environment Agency. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>. Acesso em 10 jul. 2018.
- Correa NF, Ribeiro VO, Miotto CL, Paranhos Filho AC. 2017. Obtenção de MDE Corrigido para Delimitação de Bacia Hidrográfica com Auxílio de Geotecnologias Livres. *Anuário do Instituto de Geociências* 40(1): 217-225.
- Coutinho LM. 2015. Mapeamento de uso do solo e Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do Córrego Itabira, Cachoeiro de Itapemirim-ES. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, PB.
- Criado RC, Piroli EL. 2012. Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas. *Revista Geonorte* 3(4):1010-1021.

Cunha DF, Borges EM. 2015. Urbanização acelerada: risco para o abastecimento de água na região metropolitana de Goiânia. *Revista Geo UERJ* 26: 226-244. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2015.13816>.

Cunha ER, Santos CAG, Silva RM, Panachuki E, Oliveira PTS, Oliveira NS, Falcão KS. 2022. Assessment of current and future land use/cover changes in soil erosion in the Rio da Prata basin (Brazil). *Science of the Total Environment*, 818: 151811. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151811>

Dias RM, Salvador NNB, Branco MBC. 2014. Identificação dos níveis de degradação de matas ripárias com o uso de SIG. *Floresta e Ambiente* 21(2): 150-161. <https://doi.org/10.4322/floram.2014.032>.

Ding J, Jiang Y, Fu L, Liu Q, Peng Q, Kang M. 2015. Impacts of land use on surface water quality in a subtropical River Basin: a case study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. *Water* 7(8): 4427-4445. <https://doi.org/10.3390/w7084427>.

Dourados. 2012. Prefeitura Municipal de Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul. Lei Complementar nº 205. Dourados, MS. 173 p. Disponível em: https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/LeiComplementar_205-2012_Zoneamento.pdf. Acesso em 18 jul. 2018.

Dupas R, Delmas M, Dorioz JM, Garnier J, Moatar F, Gascuel-Odoux C. 2015. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. *Ecological Indicators* 48:396-407. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.007>.

ESRI Inc. ARC / INFO version 7.11. 1997. Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1 CD ROM.

Falcao KS, Panachuki E, Oliveira, PTS, Monteiro FN, Menezes RS. 2020. Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration area of the Brazilian Cerrado. *International Soil and Water Conservation Research*, p. 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.004>

Fernandes MM, Ceddia MB, Ramos GM, Gaspar A, Moura MR. 2011. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé-RJ. *Engenharia Ambiental* 8(2): 105-116.

Fietz CR, Fisch GF. 2008. O clima da região de Dourados, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 32 p. (Documentos/Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X; 92)

Fiorucci AR, Benedetti Filho E. 2005. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova* 22:10-16.

Garcia AS, Ballester MVR. 2016. Land cover and land use changes in a Brazilian Cerrado landscape: drivers, processes, and patterns. *Journal of Land Use Science* 11(5): 538-559. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2016.1182221>.

Gonçalves DRP, Rocha CH. 2016. Indicadores de qualidade da água e padrões de uso da terra em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 51(9):1172-1183. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900017>.

GVSIG- OA DIGITAL. 2010. Oxford Archaeology Digital Edition 1.10. Disponível em: <http://oadigital.net/software/gvsigoade/gvsigfeaturesprobs.html>. Acesso em 20 jan. 2016.

IBGE – EMBRAPA. 2001. Mapa de Solos do Brasil. Escala 1:5.000.000. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_solos.php. Acesso em 08 mai. 2016.

IBGE. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base Cartográfica Contínua do Brasil. Escala 1:250.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em 12 jan. 2018.

Kato MT, Piveli RP. 2005. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. ABES: São Paulo.

Menezes JPC, Bittencourt RP, Farias MDS, Bello IP, Fia R, Oliveira LFCD. 2016. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 21(3): 519-534. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016145405>.

- MS. 2015. Mato Grosso do Sul- Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar/ SEMAGRO. Região da Grande Dourados. Disponível em: http://www.semagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/estudo_dimensao_territorial_2015.pdf. Acesso 08 jul. 2018.
- Pontes PP, Marques AR, Marques GF. 2012. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na microbacia do Córrego Banguelo-Contagem. *Revista Ambiente & Água* 7:183-194. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.962>.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. 2016. QGIS 2.14.16 Lisboa. Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <https://www.qgis.org/en/site/forusers/download>. Acesso em: 09 mar. 2016.
- Sheng JJ, Wang XP, Gong P, Tian LD, Yao TD. 2012. Heavy metals of the Tibetan topsoils Level, source, spatial distribution, temporal variation and risk assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 19: 3362–3370. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-012-0857-5>.
- Swanson S, Kozlowski D, Hall R, Heggem D, Lin J. 2017. Riparian proper functioning condition assessment to improve watershed management for water quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 72(2): 168-182. <https://doi.org/10.2489/jswc.72.2.168>.
- Teklu BM, Hailu A, Wiegant DA, Scholten BS, Van den Brink PJ. 2018. Impacts of nutrients and pesticides from small- and large-scale agriculture on the water quality of Lake Ziway, Ethiopia. *Environmental Science and Pollution Research* 25(14): 13207-13216. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6714-1>.
- Tucci CEM. 2008. Urban Waters. *Estudos Avançados* 22(63):97-112. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>.
- USGS. 2018. United States Geological Survey. Earth Explorer. Sentinel-2/MSI. Órbita 224, ponto 075. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 09 mar. 2018.
- Von Sperling M. 1996. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG. 243 p.
- Yamaguchi MU, Cortez LER, Ottoni LCC, Oyama J. 2013. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. *O mundo da saúde* 37(3): 312-320.
- Yan X, Liu M, Zhong J, Guo J, Wu W. 2018. How human activities affect heavy metal contamination of soil and sediment in a long-term reclaimed area of the Liaohe River Delta, North China. *Sustainability* 10(2): 338. <https://doi.org/10.3390/su10020338>.



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.