



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



O Uso do solo e os impactos na qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão Vereda

Micaelle Juliano Vieira¹, Leovigildo Aparecido Costa Santos², Ana Claudia de Lima Silva³, Carlos de Melo e Silva-Neto⁴

¹<http://orcid.org/0000-0002-0731-0306>, e-mail: mklufg@gmail.com (Correspondente)

²Universidade Estadual de Goiás: Anápolis, Goiás, Br. <http://orcid.org/0000-0002-5768-8606> e-mail: eng.leovigildo@gmail.com

³<http://orcid.org/0000-0001-8229-4986> e-mail: analima.acls1@gmail.com

⁴Instituto Federal de Goiás <http://orcid.org/0000-0001-8624-3836> e-mail: carlos.neto@ifg.edu.br

Artigo recebido em 15/04/2023 e aceito em 27/07/2023

RESUMO

A modificação do uso do solo, por meio da substituição da cobertura vegetal por pastagem exógena, juntamente ao crescimento urbano, ocorrida ao longo das últimas décadas, em Goiás, influenciou e impacta, de forma marcante, a qualidade da água. A bacia hidrográfica do Ribeirão Vereda, em Aragoiânia, reproduz essa condição. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo realizar uma análise quali-quantitativa do uso e cobertura do solo nesta bacia, associando com as características apresentadas pela água, utilizando recorte temporal entre os anos de 2010 a 2019 e os principais impactos ambientais decorrentes desse processo. Para alcançar esse objetivo, utilizaram-se os resultados das análises de substâncias orgânicas e os resultados físico-químicos e bacteriológicos na água bruta do ribeirão Vereda. Há relações entre uso do solo pela agricultura com a quantidade de fosfatos, como também a influência do espaço urbano, contribuindo com a maior quantidade de cloretos, tal como a área de solo exposto e a concentração de cloretos, além da denotação entre quanto maior a área de vegetação menor é a Demanda por Oxigênio (DBO). Os parâmetros de qualidade da água vêm sofrendo alterações consideráveis devido aos distúrbios ocasionados pelo significativo domínio (em torno de 70%) da pastagem na bacia. Além disso, constatarem-se agrotóxicos na água bruta, porém, observa-se um declínio desses elementos a partir de 2019.

Palavras-chave: usos antrópicos, agrotóxicos, cobertura florestal, espaço urbano.

Land use and impacts on water quality in the Vereda river basin

ABSTRACT

The modification of land use through the replacement of vegetation cover by exogenous pasture along with urban growth, which occurred over the last few decades in Goiás, has influenced and has a marked impact on water quality. The Ribeirão Vereda hydrographic basin, in Aragoiânia, reproduces this condition. In this sense, this study aims to carry out a quali-quantitative analysis of land use and land cover in this basin, associating it with the characteristics presented by water, using a time frame between the years 2010 to 2019 and the main environmental impacts resulting from this process. To achieve this objective, the results of the analysis of organic substances and the physicochemical and bacteriological results in the raw water of the Vereda creek were used. There are relationships between agricultural land use and the amount of phosphates, as well as the influence of urban space contributing to the greatest amount of chlorides, such as the area of exposed soil and the concentration of chlorides, in addition to the denotation between the greater the Lesser vegetation area is oxygen demand (BOD). Water quality parameters have been undergoing considerable changes due to disturbances caused by the significant domain (around 70%) of pasture in the basin. In addition, we found pesticides in raw water, however, there is a decline of these elements from 2019.

Keywords: anthropic uses, pesticides, forest cover, water quality, urban space.

Introdução

No Brasil, o déficit do setor de saneamento básico é elevado, sobretudo no que se refere ao esgotamento sanitário, com maior carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais. Nas áreas rurais se encontram, majoritariamente, as bacias hidrográficas dos pequenos municípios que utilizam de captação própria para abastecimento público (Galvão Junior e Paganini, 2009). Nesse contexto, os referidos autores apontam que a “produção de água potável vem se tornando um desafio em função da degradação da qualidade dos mananciais”.

No estado de Goiás, a situação é semelhante à descrita acima. Arruda et al. (2016) observaram, em sua pesquisa sobre a gestão dos serviços públicos de água e esgoto, operados por municípios desse estado, que o crescimento das cidades e o uso e ocupação das bacias hidrográficas contribuem, significativamente, com a perda da qualidade da água, que, inevitavelmente, necessitará de maior número de etapas no processo de tratamento. Essa é a realidade do município de Aragoiânia. Possui uma população estimada em torno de 10 mil habitantes, com economia agropastoril, mas com índices vertiginosos de crescimento urbano que está alcançando tributários importantes do Ribeirão Vereda. Além disso, a cidade, como exemplificação da realidade do país, não conseguiu implantar um sistema de saneamento básico até o momento, o que pode ser notado nos parâmetros de qualidade da água, aferidos na análise físico-química do ribeirão, em que se observam índices preocupantes de coliformes na água tratada.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Vereda, observaram-se diversos usos antrópicos, como pastagem, queimadas, solo exposto, meio urbano, floresta plantada (Vieira, 2021). A agricultura também se faz presente, principalmente, a partir da década de 2000, em que se apresentou área recorde, 1,188 km². As culturas frequentes no município são a soja, o milho, o sorgo e o feijão. Assim, o elemento urbano e o agropastoril possuem grande influência na qualidade da água do ribeirão Vereda, pois a ocupação e o uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais (Vieira, 2021).

Uma bacia hidrográfica ideal é aquela em que seus aspectos ambientais se encontram em equilíbrio e a água é a consequência principal dessa harmonia dentro da bacia. O equilíbrio entre os fatores ambientais e os interesses econômicos de utilização do recurso é o cenário mais desejável

para que o bem, água, possa ser administrado visando à sua preservação por longo prazo e mantendo sua qualidade e quantidade, para que, além das atuais, as futuras gerações possam usufruir também, pois a água é um recurso finito como as legislações modernas tentam conscientizar (Brasil, 2006).

Dentre as diversificadas formas de uso e ocupação do solo, o desmatamento ainda continua sendo um grande problema para as áreas nativas do Cerrado. O desmatamento como ação inicial para qualquer outra atividade antrópica provoca danos graves ao ambiente, podendo inclusive afetar a saúde pública com aumento de zoonoses (Adorno et al., 2022). Dentre as principais atividades na qual as áreas são desmatadas, a abertura de áreas para pastagem é a mais frequente.

As pastagens constituem um componente histórico das paisagens das regiões sudeste e centro-oeste. Em Goiás não foi diferente. As atividades agropastoris ocupam, majoritariamente, a área rural do estado onde a substituição da cobertura vegetal original por pastagem é um processo consolidado. De acordo com Pina et al. (2018) e Santos et al. (2021), as pastagens degradadas desencadeiam processos físicos na paisagem com significativas consequências, podendo ocasionar, inicialmente, impactos expressivos no solo, e, profundamente, nos recursos hídricos, na fauna e flora de diversos ecossistemas, uma vez que os efeitos da erosão em pastagens podem afetar mananciais de abastecimento, interferindo na qualidade de vida de comunidades rurais e urbanas. Em trabalho similar ao nosso, Bailão et al. (2020) verificaram que cursos hídricos de baixa ordem, ou seja, cursos diretamente oriundos de nascentes, quando estão próximos a ambientes urbanos tendem a apresentar menor qualidade da água, em especial devido a residuais municipais e industriais e de águas residuais das atividades agrícolas. As alterações do uso do solo podem provocar alterações na água tanto no aspecto físico-químico, quanto microbiológico e até citogenético.

Assim, diante do exposto acima, hipotetizamos que quanto maior a alteração do uso do solo ao longo dos anos, pior é a qualidade de água encontrada no ribeirão Vereda. Na mesma vertente, também hipotetizamos que pior qualidade de água do ribeirão estará associada a alteração do uso do solo em especial de atividades de impacto, como urbanização, solo exposto e atividade agropecuária. Com isso, o objetivo deste trabalho é avaliar como a alteração do uso do solo na bacia do ribeirão Vereda entre os anos de 2010 a 2019

modificaram os parâmetros da qualidade da água do curso hídrico.

Material e métodos

Área de estudo

Desenvolveu-se o estudo na bacia hidrográfica do ribeirão Vereda, localizado no município de Aragoiânia, porém, a nascente inicial se encontra na cidade vizinha, Guaporé. Este município está a, aproximadamente, 35 km da capital, Goiânia. Segundo o Instituto Mauro Borges, situa-se na macrorregião de Goiás, mesorregião do Centro Goiano e microrregião de Goiânia. Tem área de 219,550 km² e está localizado em média a 859 m de altitude. Suas coordenadas geográficas são 16° 54' 43" de latitude Sul e 49° 27' 03" de longitude Oeste.

Aragoiânia se encontra dentro da grande bacia hidrográfica do rio Paranaíba em nível estadual (ANA, 2010). Mas integra a bacia do Rio Meia Ponte, localizado na região centro-sul do Estado. O ribeirão possui extensão de 13,64 km até desaguar no córrego Carlito que desemboca no rio Cachoeira e, por fim, no maior curso da bacia, o rio Dourados que também nomeia a bacia e a região, que, por sua vez, deságua no rio Meia Ponte.

O clima da região, segundo Novais (2020), é do tipo Tropical Semiúmido Central, sendo do subtipo climático do Planalto Central, com uma variação altimétrica em torno de 700-1250, mas em Aragoiânia, especificamente, o ponto mais alto atinge 868,76 m. A TMMMF (temperatura média do mês mais frio) fica entre 18,7 – 21,5 °C, uma precipitação entre 1420-1880 (mm), e um excedente de 450-750 (mm), com déficit entre 175-325 (mm). Além disso, apresenta 5 meses inteiramente secos por ano.

Delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Veredas e extração da rede de drenagem e Classificação do uso do solo

Empregou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE), folha 16S495, fornecido gratuitamente pelo INPE (disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>), para a delimitação da bacia hidrográfica e extração da rede de drenagem (Santos et al., 2019). Realizaram-se as etapas de delimitação e extração da rede com base no software QGIS 3.4, com uso do módulo do Sistema de Suporte à Análise de Recursos Geográficos (sigla em inglês – GRASS) (Lacaze et al., 2018). Após a delimitação da bacia e extração da rede de drenagem, geradas pelo GRASS em formato matricial ou raster,

converteram-se os arquivos resultantes para vetores no formato *shapefile*, de modo a possibilitar a integração com os dados das análises posteriores e as atividades de geoprocessamento.

Para o mapeamento da evolução do solo, utilizaram-se imagens fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>) provenientes do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat-5, referentes aos anos de 1984, 1995 e 2006. Para o ano de 2018, empregou-se uma imagem do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat-8. Escolheram-se as datas das imagens de acordo com o período de estiagem na região, com o objetivo de se utilizarem cenas em que a cobertura por nuvens fosse baixa. Como critério admitiram-se, aproximadamente, 10% de cobertura.

Em seguida, empilharam-se as bandas espectrais das imagens para composição colorida falsa cor RGB, por meio da junção das bandas espectrais nos canais *red* (vermelho), *green* (verde) e *blue* (azul). As imagens provenientes do satélite Landsat-5, com composição formada pelas bandas espectrais na sequência banda 5 (R), banda 4 (G) e banda 3 (B). A composição da imagem Landsat-8 foi feita empregando as bandas 6 (R), (G) e 4 (B). De acordo com Santos e Lima (2018), as imagens em formato RGB facilitam a interpretação das feições terrestres pelo olho humano durante o processo de classificação de uso e cobertura do solo.

Projetaram-se todos os arquivos resultantes para o sistema de projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM), fuso 22S, datum planimétrico WGS 1984 (*World Geodetic System* 84). Após a reprojeção, as imagens dos anos de 2010 a 2019 foram corrigidas geometricamente tendo como base a imagem proveniente do satélite Landsat-8, previamente corrigida (ortorretificada). O método de georreferenciamento empregado foi o modelo polinomial de registro, com polinômio de 1ª ordem e reamostragem do vizinho mais próximo, admitindo-se Erros Quadráticos Médios (EQM) inferiores a 1 pixel, como recomendado por Santos e Lima (2018).

No presente estudo, optou-se pelo método de classificação supervisionada, empregado para a classificação de uso e cobertura do solo em classes pré-definidas pelo classificador (Santos e Lima, 2018). Consideram-se duas etapas principais para a classificação: treinamento e classificação do uso do solo. A etapa de treinamento consistiu na extração de amostras representativas de pixels das classes de

interesse, de modo a direcionar a interpretação das imagens pelo algoritmo classificador. A segunda etapa consistiu na aplicação do algoritmo classificador sobre as imagens. Para tanto, empregou-se o método da Máxima Verossimilhança (MAXVER), como recomendado por Facco et al. (2017) e Santos e Lima (2018). Para a classificação, empregou-se o *plugin Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), no QGIS, utilizando as seguintes classes para a classificação: agricultura, água, Cerrado sentido restrito, floresta nativa, floresta plantada, pastagem, queimada, solo exposto e urbano. Converteram-se os resultados da classificação, em formato matricial (raster), para vetores para atividades posteriores de geoprocessamento, como recorte da área de interesse (bacia hidrográfica), correções, cálculos de área ocupada por classe, geração das planilhas e elaboração dos mapas finais (Figura 01).

Método de análise da água

Foi realizada a coleta e a análise nas águas superficiais do ribeirão Vereda pela SANEAGO, coordenado pela Gerência de Proteção Ambiental e Qualidade do Produto (P-GAQ). O local de coleta das amostras se localiza no ponto anterior ao processo de tratamento que não se localiza no exutório, mas sim na região alta da bacia. Os parâmetros de qualidade da águas, utilizadas para a caracterização dos corpos hídricos e qualidade da água, foram: temperatura (°C), cor (uH), sólidos totais (mg/L), turbidez (UNT ou mg/l de SiO₂), condutividade (µS/cm), potencial de hidrogênio (pH), oxigênio dissolvido (mg/L), dureza (mg/L CaCO₃), nitrogênio (mg/L N-NH₄⁺), nitrito (mg/L N-NO₂⁻), fósforo (mg/L P-PO₄³⁻), coliformes (NMP/100mL), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg/L) e Demanda química de oxigênio (DQO), com avaliações semestrais para as coletas conforme Von Sperling (1996); Vieira (2015), Resolução CONAMA n.º 357 (Brasil, 2005) e Portaria de Consolidação n.º 5, Anexo XX, complementado com normativas e determinações SUTOP / P-GAO da SANEAGO.

Deteccção dos agrotóxicos

Para detecccção de resíduos de agrotóxicos, utilizaram-se os dados das amostras oficiais da SANEAGO nos anos de 2015 a 2019. Os métodos determinados para os parâmetros de referência seguem as recomendações do “*Standard Methods For The Examination Of Water And Wasterwater*” da APHA/AWWA (2012). Posteriormente, realizaram-se ensaios pelos Métodos de Cromatografia Gasosa com detector de massa (GC-

MS) e HPLC (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência). Em seguida, de acordo com Classe II (do ribeirão Vereda), em seu Capítulo VI, Art. 42 da Resolução CONAMA n.º 357, de 2005, em que normatiza que os recursos hídricos que ainda não possuem aprovação do enquadramento, serão consideradas águas doces classe 2, com exceção daquelas águas que apresentam condições de qualidade atuais melhores, determinando assim, uma aplicação da classe mais restrita e exigente. Por fim, coletaram-se amostras realizadas de acordo com a Instrução de Trabalho (IT07.0101).

Análise estatística

Para análise dos dados, foram comparados os percentuais por ano de uso do solo das diferentes classes: agricultura, água, Cerrado sentido restrito, floresta nativa, floresta plantada, pastagem, queimada, solo exposto e urbano ao longo dos anos, de 2010 a 2019 com os atributos de qualidade da água: temperatura, cor, odor, sólidos totais, turbidez, condutividade, potencial de hidrogênio (pH), oxigênio dissolvido, dureza, clorofila, nitrogênio, fósforo, DBO e DQO. Inicialmente, compararam-se esses dados por meio de regressão múltipla entre atributos do solo e da água observando o critério de 95% de significância estatística (p-valor) e coeficiente de correlação (R²). Posteriormente, criou-se uma matriz de correlação para Análise dos Componentes Principais (PCA) com gráfico de distribuição dos vetores, observado os percentuais de variância do eixo 1 e 2 (PC1 e PC2) e atributos para observação dos padrões entre os dados (Bailão et al., 2020).

Resultados

Para análise da bacia hidrográfica, esta foi dividida em alto, médio e baixo Vereda, em que a parte alta é a região de cabeceira, localidade das duas nascentes que se encontram dentro dos limites territoriais do município de Guapó e em significativa proximidade física com um aterro sanitário, além de concentrar ao todo as cinco nascentes iniciais, na zona rural. Enquanto a faixa média da bacia se caracteriza por estar em contato direto com o meio urbano e possuir o ponto de captação SANEAGO, além da maior quantidade de nascentes (6). Por fim, o baixo Vereda, sendo a região de deságue da bacia, com menor quantidade de nascentes, apenas duas, porém, historicamente, é a região que apresenta a maior área de vegetação savânica em toda a bacia.

Assim, explicam-se, neste artigo, os dados ambientais e antrópicos que mais caracterizam cada parte da bacia hidrográfica do ribeirão em

suas 3 regiões distintas em características, formas e usos. Além das possíveis correlações com os principais parâmetros da água encontrados nas amostras realizadas pela SANEAGO.

A seguir, na tabela (01), apresenta uma média histórica dos valores anuais dos atributos que conferem o nível de qualidade da água do ribeirão Vereda. Esses valores foram observados entre janeiro de 2010 a fevereiro de 2020 nos resultados das análises físico químicas e bacteriológicas da água bruta realizado pela SANEAGO, em seguida temos os valores limites estabelecidos na CONAMA 357/05 para a classe II que o ribeirão Vereda se enquadra.

Uso do solo e análises físico-químicas

Entre os diferentes usos do solo e os parâmetros de qualidade de água, observaram-se as seguintes relações entre as variáveis: E, em uma correlação positiva, quanto maior o uso do Solo de

Agricultura (AGRO) maior a concentração de fosfatos na água da captação ($R=0,78$; $p=0,01$). Já quanto maior o Percentual de Área Urbana (URB) maior a Concentração de Cloretos (Cl) ($R=0,66$; $p=0,02$), porém menor a quantidade de Índice de Coliformes Totais (ICOL) na água ($R=0,66$; $p=0,02$) (Figura 02).

Em relação ao Uso do Solo da Vegetação (FLOR), quanto maior a área com esse uso do solo, menor é a Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO) ($R=0,59$; $p=0,05$). Por último, quanto maior a Área Exposta (EXP) maior a Concentração de Cloretos (Cl) na água da captação ($R=0,71$; $p=0,01$). Os outros parâmetros da qualidade de água não apresentaram relação direta com apenas um uso do solo ao longo dos anos avaliados, porém podem ter apresentado efeitos de dois ou mais usos de forma conjunta

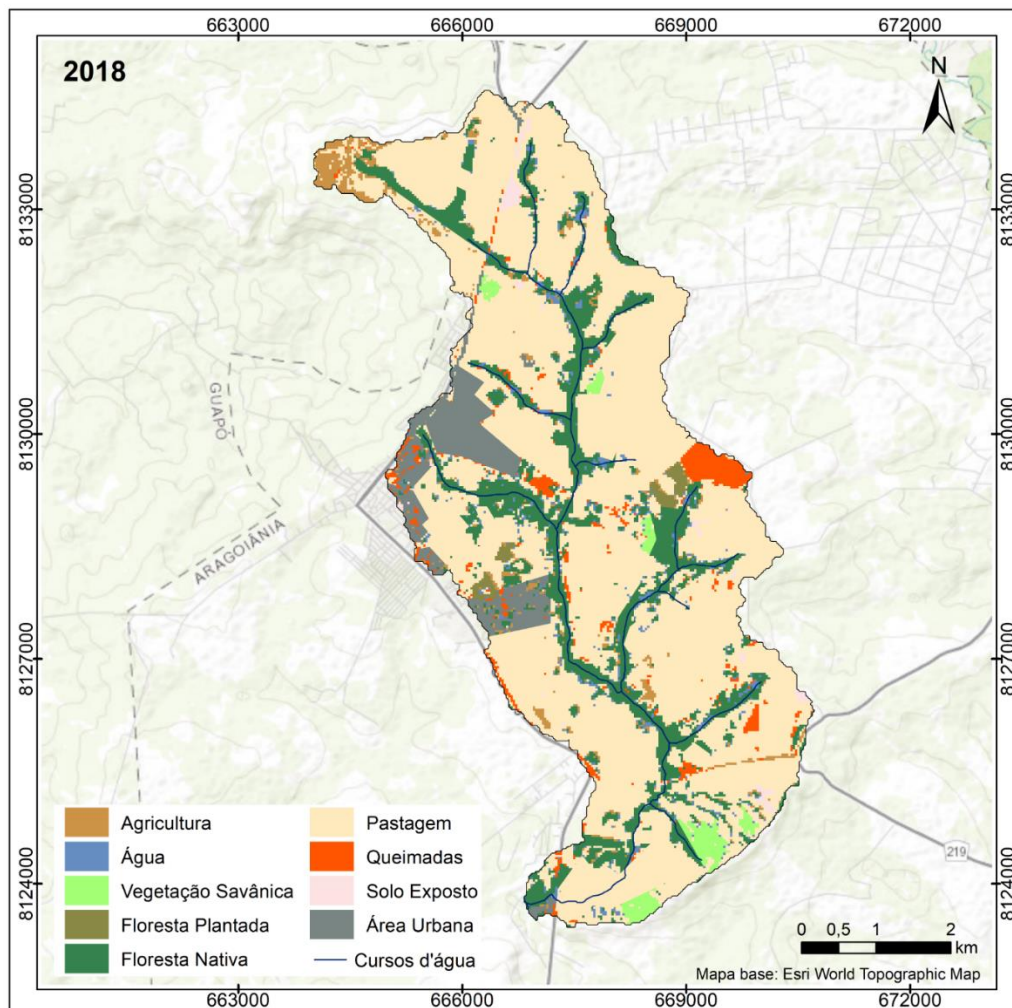


Figura 01 - Uso do solo em 2018 na bacia do ribeirão Vereda, Aragoiânia, Goiás.

Tabela 01. Média dos valores por ano dos atributos de qualidade da água para o ribeirão Vereda

Anos	CL	COND	D.B.O	DUR	E. COLI.	FOSF	ICOL	NIT	N	OD	OC	PH	ST	TEMP	T.AMB	TUR
2010	1	35,14	1,03	2	2170,8	0,09	27902,16	0,020	0,15	7,33	4,6	6,94	376,81	23,66	26,33	26,61
2011	0,58	18,96	0,85	14,66	510,33	1,98	8133,33	0,011	0,18	7,16	1,26	6,66	10,42	23,5	27,33	25,59
2012	1,9	16,69	0,96	6	551,4	0,01	2625,35	0,007	0,14	7,6	1,85	6,96	9,18	21,6	27,3	16,41
2013	1,86	18,15	0,44	8,4	332,33	0,02	7548,55	0,048	0,14	6,12	2,16	6,44	9,98	21,85	24,8	23,27
2014	1,13	18,08	0,9	6	780,51	0,01	8024,6	0,001	0,25	7,4	4,8	6,36	9,94	22,78	27,56	39
2015	1,25	16,72	0,60	6	909	0,02	3941,16	0,021	0,02	7,03	1,1	6,70	9,07	22,8	27,86	21,77
2016	2,5	22,5	0,62	8,66	803,81	0,01	9956,59	0,054	0,30	7	3,9	7,09	32,38	23,08	27,91	24,8
2017	4,5	18,55	0,38	9	813,63	0,03	2201,18	0,015	0,25	7,02	2,3	6,99	10,20	23,91	27,66	23,1
2018	6,5	18,97	0,7	8	1030,9 1	0,73	2626,53	0,005	0,43	7,47	4,3	6,12	10,48	23,46	28,53	48,75
2019	7,5	22,79	0,92	8	1932,6 3	0,06	3775,36	0,006	0,46	6,37	3,75	6,10	12,91	24,86	30,74	33,5
2020	3,5	82,2	1,2	8	1973,5		3627	0,006	0,24	7	4,8	6,23	45,21	26	27	23

Legenda: Atributos e suas unidades de medidas. CL – Cloretos (250 mg/L). COND - Condutividade elétrica – μ S/cm. DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio – mg/L. DUR – Dureza total – mg/CaCO₃. E. COLI – *Escherichia Coli* – NMP/100 ml. FOSF. – Fósforo total – mg/L P-PO⁴. ICOL. – -Coliforme total - NMP/100 ml. NIT. – Nitrito – mg/L N-NO². N - Nitrogênio Amoniacal - mg/L N-NH⁴. OD. – Oxigênio dissolvido – mg/L. OC. – Oxigênio Consumido – mg/L. PH – Potencial hidrogeniônico – μ H adimensional. ST – Sólidos totais dissolvidos – mg/L. TEMP – Temperatura água – C°. T.AMB – Temperatura ambiente – C°. TUR – Turbidez — UNT ou mg/l de SiO₂.

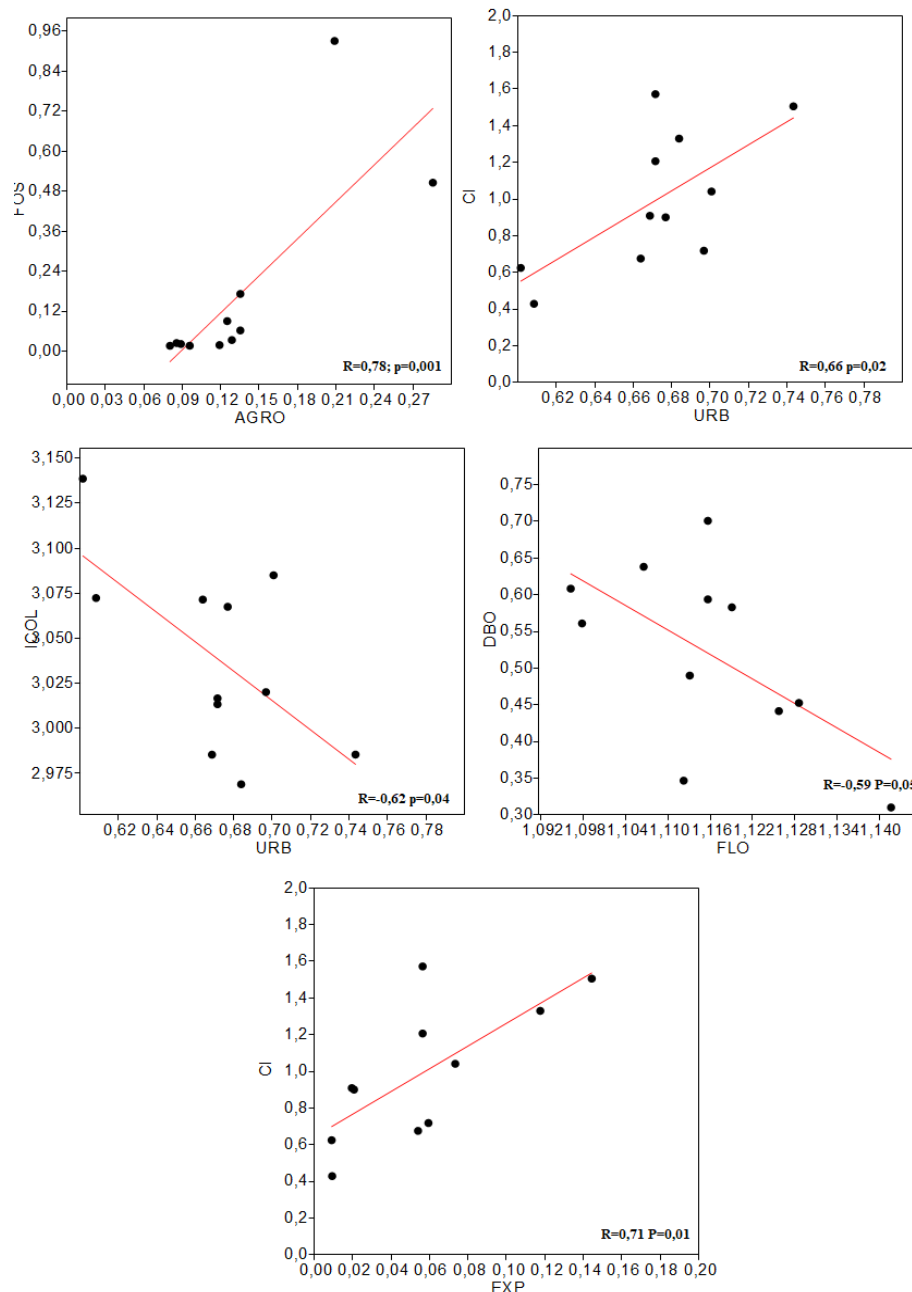


Figura 02. Relações de regressões entre diferentes usos do solo e parâmetros de qualidade da água do ribeirão Vereda, Aragoiânia, GO (apenas as relações que apresentaram significância estatística; $p < 0.05$).

Ao longo dos anos de 2010 a 2019, destacam-se diferentes alterações no uso do solo que afetam a qualidade da água no Ribeirão Vereda. Inicialmente, os anos com maior percentual de pastagem apresentaram relação com os parâmetros de ST, Demanda Biológica por Oxigênio (DBO), Fosfatos (FOS) e ECOL na água. Já em relação aos anos com maior percentual do uso do solo AGRO, estes relacionaram-se com Aumento da Turbidez (TUR), Nitrogênio (N) e Cloretos (Cl).

Em contraponto, quanto maior a cobertura do solo de FLO e SAV, menores foram os valores de DBO, FOS, ECOL e ST, sendo, inclusive, esses usos do solo inversamente proporcionais ao uso do solo PAST. O aumento das áreas de URB não apresentaram relação direta com qualidade da água, mas destaca-se o aumento ao longo desses anos. Outras relações entre uso do solo e qualidade de água ao longo dos anos pode ser visualizada na figura 03.

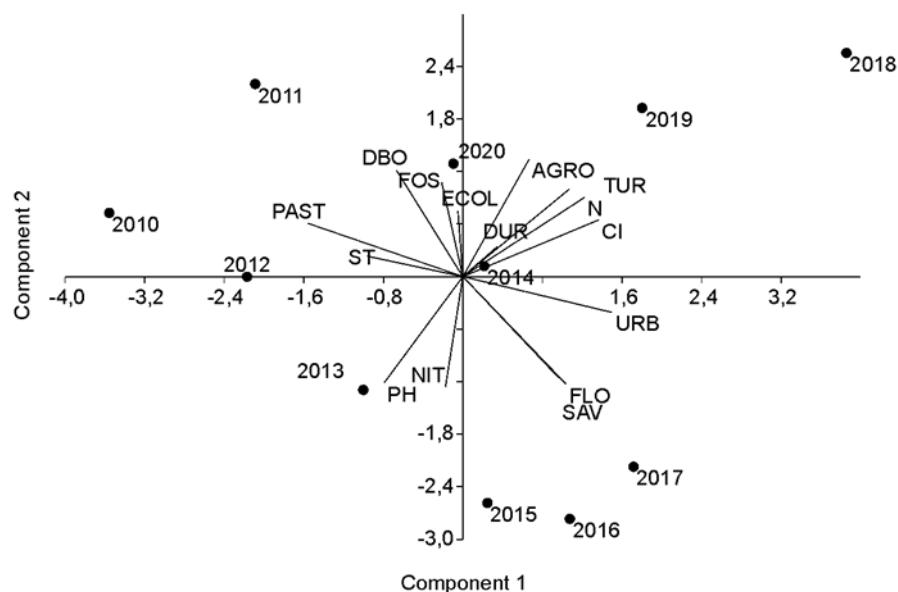


Figura 03. Componentes principais do uso do solo e dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Vereda entre os anos de 2010 a 2019 (PC1 – 30,03%; PC2 – 25,32%).

Identificação dos agrotóxicos

Em Aragoiânia, observaram-se, nas coletas realizadas pela SANEAGO, nas águas do ribeirão Vereda, os seguintes agrotóxicos nos últimos cinco anos (Tabela 02). Nenhum dos agrotóxicos encontrados se apresentaram em mais de três anos

em relação aos dez anos analisados. Isso demonstra que o uso desses componentes foi detectado pontualmente, nem por isso menos perigosas, porém não se pode aferir que são práticas intermitentes no tempo.

Tabela 02. Resíduos de agrotóxicos encontrados em diferentes anos na captação de água do Ribeirão Vereda, GO, em µg/L.

	2015	2016	2017	2018	2019
Tetracloroeteno	0	0,768	0,7696	0	0
triclorofenol	0	0	0,066	0	0
Dicloroeteno	0,736	0	0,66	0	0
Diclorometano	3,904	16,597	0	2,475	0
Atrazina	0,088	0	0	0	0
Etilbenzeno	0	0,438	0,1768	0	0
Tolueno	0	0,946	0,32	0	0
Xileno	0	0,572	0,554	0	0

Considerando-se essa lógica, observa-se que, em 2018, verificou-se apenas um agrotóxico; enquanto em 2019, nenhum foi constatado. Ou seja, nesse curto período analisado, constatou-se um decréscimo na utilização. Apesar disso, o decréscimo não significa que foi abolido o uso de pesticidas na bacia Vereda, pois realizaram-se essas coletas em apenas dois momentos, em cada um desses anos, e isso significa que, na maioria dos meses, não se realizaram coletas. A vigilância é quase semestral enquanto as culturas, como a soja, têm ciclo curto de poucos meses.

A respeito dos nove componentes químicos, apenas um, o Diclorometano, foi verificado em três anos diferentes, enquanto o Triclorofenol e Atrazina foram em apenas um ano.

O restante dos agrotóxicos (Tetracloroeteno, Dicloroeteno, Etilbenzeno, Tolueno e Xileno) se apresentaram em dois anos, principalmente em 2016 e 2017.

Discussão

Os resultados revelam que a bacia hidrográfica do ribeirão Vereda pode ser caracterizada como área condicionada pelos distúrbios antrópicos, provocados pelas atividades agropastoris, que impuseram severas modificações na paisagem ao substituir a cobertura vegetal original por gramínea exótica, que, em 2006, ocupava 75% da superfície da bacia, e em 2018, a pastagem ocupou 67,88%. Esses consistentes índices, provavelmente, contribuíram para o

desequilíbrio ecológico da bacia, e afetaram a qualidade e a quantidade da água do ribeirão Vereda. Um dos principais sinais desse desequilíbrio é o assoreamento existente à montante, há menos de dois km, logo após o trecho que a GO 040 corta o ribeirão.

A pastagem é o elemento importante na paisagem antropica dos Cerrados causar perturbação em diversos elementos como nos solos, nos recursos hídricos, na fauna e flora dos vários ecossistemas. Observou-se, na pesquisa, que a redução da cobertura do solo, proporcionada pelas gramíneas utilizadas para formar as pastagens, levou à exposição mais crítica do solo, iniciando o processo de degradação. Essa relação pastagem e degradação se reproduz na bacia do ribeirão Vereda onde esse elemento constitui o marco para os limites da bacia (67%), em 2018, como também constitui um fator predominante na paisagem de todo o município e região. Santos et al., (2020) verificaram que as áreas de pastagem quase que dobraram em áreas de assentamentos rurais em Goiás, GO, sendo a principal atividade agropecuária realizada nessas áreas, sendo que esta atividade, quando realizada de forma incorreta também pode oferecer risco de contaminação e alteração da qualidade da água das nascentes e dos ribeirões.

Santos et al. (2017), no estudo sobre a bacia do rio Pandeiros, MG, evidencia a ligação entre a dimensão da cobertura vegetal e a qualidade da água. A elevada proporção de vegetação natural na bacia (> 80%) confere a boa qualidade físico-química da água que apresenta baixa variabilidade nos valores das classes de usos e cobertura do solo. Os resultados desta pesquisa revelam a importância da preservação da vegetação natural como agente de conservação da qualidade da água. Comparando a cobertura vegetal da bacia do rio Pandeiros com a existente em 2018 na bacia Vereda, observa-se uma discrepância, pois somando a vegetação savânica (0,573 km²) à floresta nativa (5,555 km²), há, apenas, 17% de cobertura vegetal, ante os 80% da bacia Pandeiros.

A correlação estatística entre a qualidade de água e os usos da cobertura do solo não contradizem os resultados. No geral, neste estudo da bacia Vereda onde o objetivo foi encontrar relações causa-efeito entre pressões antrópicas e as características da água, quanto maior a área com uso do solo para cultivo agrícola, maior será o composto químico fosfato nas águas do Vereda. Constata-se, também, que quanto maior área urbana em proximidade dos tributários da bacia, maior o nível de cloretos, e menor o índice de coliformes fecais no ribeirão Vereda. Esses

resultados são similares aos encontrados por Bailão et al. (2020) no ribeirão Extrema, curso hídrico localizado próximo ao distrito industrial de Anápolis, no qual sofre forte influência da urbanização e das atividades antrópicas ao redor.

Além disso, observa-se a correlação entre vegetação e demanda por oxigênio. Nesse sentido, quanto maior a área de vegetação, menor será a demanda por oxigênio. Bem como quanto maior a área de solo exposto, maior foi constatado a concentração de cloretos na água. Santos (2009) verificou, em sua pesquisa, que “a qualidade da água constitui um elemento essencial e reflexo do uso e manejo do solo e recursos naturais do meio ambiente em questão”. Assim, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, provenientes da precipitação atmosférica. O impacto está diretamente associado ao contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Com isso, a vegetação tem função de proteger o solo contra a erosão, a sedimentação e a lixiviação de nutrientes e partículas, que escoarão para os cursos hídricos que não possuam cobertura vegetal de qualidade biológica e com extensão física.

Portanto, conclui Santos (2009), os sistemas aquáticos são vulneráveis e suscetíveis às diversas formas de usos antrópicos, pois são os receptores naturais do que resulta das várias atividades humanas nas bacias hidrográficas. Em relação aos fatores antrópicos que atingem a bacia hidrográfica do ribeirão Vereda, a influência dos dejetos do meio urbano e as atividades agropecuárias constituem os principais lançadores de poluentes que reduzem a qualidade dos corpos hídricos. Por meio do escoamento superficial, esses produtos químicos usados na agricultura, dejetos e esgotos domésticos são descarregados nos corpos d'água, sendo o destino de tais poluentes.

Segundo Carvalho et al. (2000), a deposição de resíduos agrícolas e de animais altera as características ambientais. A busca por espaço físico, para a pecuária, inicia o processo de desmatamento e desnudação do solo que fica suscetível à lixiviação superficial, chegando a ser profunda em certos casos. Esses processos empobrecem o solo e transportam os sedimentos para áreas mais baixas da bacia, e também aumentam a necessidade de fertilizantes, alterando os nutrientes do solo e assim, submetendo a bacia à contaminação química.

Luíz, Pinto e Scheffer (2012) observaram que a agricultura temporária exercida em uma bacia hidrográfica constitui elemento decisivo para maior carga de sedimentos transportados para o canal do rio principal. Esse processo gera maior

turbidez por causa da expressiva presença de sedimentos em suspensão na água. Segundo os autores, o adequado para evitar essa alteração no curso é manter a maior quantidade de áreas com cobertura vegetal em associação a práticas de conservação e manejo do solo utilizado pela agricultura, para facilitar a infiltração e controlar o escoamento superficial e, assim, inibir os processos de erosão. Santos (2009) constatou, que a relação entre a cobertura vegetal e a qualidade da água pode ser estabelecida da seguinte forma: quanto maior o estado de degradação e retirada da cobertura de uma bacia, maior também será a demanda por oxigênio, o que corrobora com os resultados. Assim, a falta da cobertura vegetal prejudica os dados de qualidade da água quanto os parâmetros analisados. Segundo Santos (2019), as áreas rurais, com seus remanescentes florestais, possuem importância para a conservação da biodiversidade, mas também são fundamentais para a manutenção e melhoria das características físicas e químicas da água. Assim, os córregos que compõem a bacia do ribeirão Vereda estão sendo afetados pela falta de cobertura vegetal para além das faixas de APP.

Outra questão são os efluentes e resíduos pertinentes do meio urbano que são lançados na bacia Vereda, não somente pelo córrego Cassununga, mas esse tributário é o caso mais emblemático devido à localização de sua nascente ter sido soterrada pelo crescimento da cidade. Esses compostos inorgânicos alteram a natureza do corpo d'água e prejudicam seus usos múltiplos possíveis do recurso, pois essas descargas possuem patógenos, os quais ficam distribuídos no canal fluvial e, assim, representam riscos à saúde dos usuários dessas águas e/ou oneração no processo de purificação da água destinada para o abastecimento.

Leonetti et al. (2011)) afirma que a baixa cobertura do saneamento básico do meio urbano brasileiro se torna um problema de grande relevância pois, assim, o esgoto “in natura” causa contaminação dos cursos d'água, fator esse da “morte dos rios”. É uma visão irracional que ainda persiste sobre a inversão da funcionalidade dos corpos hídricos em condutores naturais de escoamento e dispersão de desejos do meio urbano. Aragoiânia possui o Plano de Saneamento Básico aprovado em 2016, porém não efetivado, ou com obras de infraestrutura como ETE, que ainda não estão em operacionalização. Essa ETE é um dos mecanismos que poderiam melhorar a qualidade da água do ribeirão Vereda, ao tratar parte do esgoto que hoje é despejado em córregos tributários da bacia.

As piores condições quanto à presença de OD no curso d'água pode estar associadas ao uso inapropriado da terra na região média da bacia Vereda que possui contato direto com o espaço urbano. Assim, contraditoriamente, a região média da bacia apresentou a maior área de remanescentes florestais em 2018, porém fragmentados e insuficientes. Observa-se um relevante aumento das áreas de floresta nativa em comparação aos outros anos pesquisados. Contudo, a área de pastagem teve sugestiva diminuição, o que pode estar relacionado com a expressiva redução do solo exposto. Mesmo assim, as outras práticas antrópicas continuam com patamares relevantes, como a agricultura e queimadas. No entanto, com o início da exploração pela floresta plantada, e o aumento vertiginoso do meio urbano que degradam a qualidade da água, não pela retirada direta da cobertura vegetal, pois esta já foi removida, sendo substituída por pasto, mas com contaminação por efluentes domésticos.

Outra provável consequência da influência do meio urbano na qualidade da água, para além dos efluentes, é a presença fecal. Conforme Von Sperling (2005), os coliformes fecais são organismos indicadores de contaminação excremental que determinam a potencial de uma água transmitir enfermidades, por conseguinte, a qualidade biológica determina a possibilidade de transmissão de doenças pelos organismos patogênicos. A sobrevivência dos patógenos, após descarregados no corpo hídrico, é altamente dependente da qualidade da água, particularmente com relação ao nível de oxigênio, nutrientes, temperatura e turbidez. E podem, ainda, permanecer adsorvidos nas partículas de areia, argila e sedimento, o que resulta na acumulação desses organismos nos corpos hídricos.

A água tratada e coletada pela SANEAGO, no ribeirão Vereda, em 17/02/2020 apresentou *E. coli* de 1.120,000, enquanto os índices apresentados em 2010 não ultrapassaram 332,000 (13/04/2010). Nas amostras coletadas em 23/02/2010 e 25/02/2010, o mesmo elemento não estava presente. Portanto, foi necessário observar quais foram os usos do solo que se modificaram na paisagem do município, nas décadas passadas, e mais recentemente, na última década, que influíram nesses parâmetros de qualidade do Ribeirão Vereda.

Segundo Von Sperling (2005), a falta de oxigênio, nos corpos hídricos, provoca o desencadear das condições anaeróbias com provável geração de maus odores e a morte de diversos seres aquáticos, inclusive os peixes, sendo que as descargas de material orgânico em excesso

na água. No caso da bacia Vereda, o córrego Cassununga pode ser um dos principais responsáveis pela ocorrência de uma diminuição progressiva de oxigênio do sistema, na bacia. Então, o córrego tributário supracitado, que forma sua bacia dentro do meio urbano da cidade de Aragoiânia, deve possuir os mais altos valores de coliformes fecais da bacia, fato este, se confirmado, com pesquisa específica, pode-se diretamente relacionar com a ocupação humana nessa localidade, onde a bacia apresenta a maior área edificada e, conseqüentemente, se mostrará a mais poluída quanto à presença de coliformes quanto de resíduos cloretados pertinentes à composição química dos diversos produtos de uso doméstico.

Sobre os indicadores levantados nos resultados físico-químicos realizados pela SANEAGO, em relação ao uso do solo, nos córregos rurais que compõem a bacia hidrográfica de abastecimento público de Aragoiânia, a classe pastagem possui destaque pela utilização agropastoril, as queimadas como forma de “limpeza” do pasto, e o solo exposto como consequência desta última. Essas práticas na bacia Vereda são de caráter histórico por conta do viés econômico que direciona as atividades do município. Nada impede que novas formas de utilização da paisagem possam se iniciar na bacia. Formas em que a utilização não seja impactante ao ponto de levar à degradação.

Diferentes usos da terra ao longo do eixo hídrico provocam alterações nas relações entre as variáveis físicas da água. Ao longo de toda bacia, o uso pela pastagem predomina e essa característica se correlaciona com a variável turbidez na água. Além disso, a pastagem desencadeia outros processos físicos significativos como a ocorrência de processos erosivos, com existência de trechos assoreados à montante da parte alta da bacia Vereda. De acordo com Toledo e Nicolella (2002), esses aspectos desencadeiam o processo em que os sedimentos em suspensão se originam com base nessas áreas, ocasionando aos processos erosivos existentes na bacia.

É possível afirmar, também, a importância da influência da concentração de fósforo total para a deterioração da qualidade da água, sendo os dejetos do meio urbano o principal agente causador. No ribeirão Vereda, nos anos de 2010, apresentam-se índices bastante diminutos de fósforo total, que não ultrapassam 0,180 mg/L, enquanto, entre anos de 2018, 2019 e 2020, os índices se mantiveram abaixo desse apresentado em 2010, com isolada exceção em 20/11/2018, em que a porcentagem verificada de fósforo total

chegou a 2,129 mg/L, um índice bastante acima do aceitável segundo a classe do Vereda.

Para Toledo e Nicolella (2002), o elemento químico fósforo é fundamental para a eutrofização dos recursos hídricos, e sua origem é a partir, principalmente, das áreas agrícolas, sendo essa relação utilizada como indicador de qualidade da água. Outros indicadores, como sólidos em suspensão e turbidez, relacionam-se ao transporte de fósforo, indicando que este aporte aos recursos hídricos tem como principal agente o urbano, seguido pelo uso agrícola do solo.

Segundo Bombardi (2017), a região Centro-Oeste foi a que mais consumiu agrotóxicos entre os anos de 2012 a 2014, sendo o Mato Grosso o estado que o mais utilizou, seguido por Goiás. Entre os anos de 2007 a 2014, na região Centro-Oeste, Goiás foi o estado com o maior número de pessoas intoxicadas por agrotóxicos (893). O uso de agrotóxico por hectare no estado de Goiás é maior que a média nacional que fica em torno dos 8,33 kg por hectare. Em Goiás, o consumo varia de 12 a 16 kg por hectare. O que significa um acréscimo que pode chegar ao dobro dos outros estados. A análise de substâncias orgânicas na água bruta do Vereda, realizadas pela SANEAGO, entre os anos de 2015 a 2019, para o sistema de abastecimento de Aragoiânia, verifica 51 elementos químicos (parâmetros), que apontam o resultado para cada elemento. Assim, apresentam-se, a seguir, os 8 componentes agrotóxicos encontrados nas águas do ribeirão Vereda, seguidos pelo Valor Máximo Permitido (VMP), segundo a Res. CONAMA 357/2005. Esses resultados são relevantes pois poucos estudos conseguem demonstrar a presença de agrotóxicos contaminando a água, em especial devido a dificuldade e alto custo do método de detecção, mas também pelo efeito diluidor da água ou tempo de vida do composto no curso. Assim, reforçarmos a relevância da publicização das informações de qualidade de água pelos órgãos ambientais e saneamento, sendo que esses dados poderão informar a população e também ser fonte para novos estudos.

No ano de 2015, detectaram-se os agrotóxicos Dicloroeteno, Diclorometano e Atrazina. O Dicloroeteno foi encontrado na coleta realizada em 01/09/2015 (0,736), em que o Valor Máximo Permitido (VMP) para esse elemento é 3,0 µg/L. O Diclorometano também foi encontrado nessa coleta (3,904), em que VMP é 20,0 µg/L. E, por último, nessa coleta citada, a Atrazina (0,088) em que o VMP é de 2,00 µg/L.

No ano de 2016, foi detectado o Tetracloroeteno, o diclorometano, o etilbenzeno, o

tolueno e o xileno. O Tetracloroetano foi encontrado na coleta de 07/03/2016 (0,891) e, na coleta de 06/09/2016 (0,862), em que o VMP é 10,0 µg/L. O Diclorometano foi encontrado na coleta de 07/03/2016 (5,096), e em 06/09/2016 (3,257), em que o VMP é de 20,0 µg/L. O Tolueno e o Xileno foram detectados, apenas, em 07/03/2016, com os respectivos valores de 0,946 e 0,572 µg/L.

Em 2017 os agrotóxicos presentes foram Tetracloroetano, o Triclorofenol, o Diclorometano, o Etilbenzeno, Tolueno e Xileno. O tetracloroetano constou, na coleta 06/03/2017 (0,858), e em 04/09/2017, com 0,897 em que o VMP é 3,0 µg/L. O triclorofenol aparece na coleta de 04/09/2017 com 0,066, em que o VMP é 10,0 µg/L. O diclorometano constou na coleta 06/03/2017 (0,660), com seu VMP de 3,0 µg/L. O Etilbenzeno aparece nas duas coletas realizadas em 06/03 e 04/09/2017, com os respectivos valores 0,416 e 0,425 em que o VMP é 90,0 µg/L. O Tolueno e o xileno somente apareceram na coleta de 04/09/2017 com os respectivos valores 0,320 e 0,554, em que o VMP para esses compostos é 2,0 para Tolueno, e 300,0 µg/L para o xileno.

Em 2018 apenas o elemento Diclorometano foi detectado (2,475) em 04/09/2018, em que o VMP é 20,0 µg/L. Em 2019 não se detectou nenhum agrotóxico nos resultados de análise das substâncias orgânicas do ribeirão Vereda. Vários fatores influenciam os possíveis danos à saúde e a gravidade dos efeitos, como a via, dose e duração da exposição aos agrotóxicos. A seguir, uma breve descrição de cada componente agrotóxico encontrado na água do ribeirão Vereda.

Segundo a Ficha de Informação Toxicológica (FIT – CETESB, 2020), O Tetracloroetano liberado ao ambiente permanece no ar durante semanas. A maior parte da substância volatiliza na água superficial e o restante, que fica dissolvido, é considerado muito tóxico na exposição aguda. Com efeitos hepáticos, respiratórios, gastrointestinais e no sistema nervoso central. A International Agency for Research on Cancer – IARC classifica o tetracloroetano como possível cancerígeno humano. O Triclorofenol degrada-se lentamente. É considerado bio resistente e com potencial carcinogênico e com toxicidade aguda em ambiente aquático. Não deve ser descarregado em águas superficiais ou para a rede de saneamento.

O Dicloroetano, de acordo com FIT (CETESB, 2017), é um líquido altamente inflamável e sua forma cis é mais frequentemente encontrada como contaminante da água. O diclorometano, segundo a FIT (CETESB, 2017),

não se dissolve na água facilmente. A IARC classifica como provável cancerígeno humano. A atrazina, segundo a FIT, é considerada bio resistente e irrita nariz e garganta. O Etilbenzeno, de acordo com a FIT (CETESB, 2020), é um líquido inflamável sendo considerado pela IARC como possível cancerígeno. O tolueno é um líquido aromático inalável de ação tóxica no sistema nervoso central (SNC). Não classificável quanto à carcinogenicidade. O xileno é um hidrocarboneto inalável, irritante dos olhos, pele e mucosas. Considerado não classificável quanto à carcinogenicidade. Observa-se, assim, que vários desses elementos químicos são perigosos em virtude de serem cancerígenos, mas também de sua composição química inflamável, além da capacidade de degradação dos ambientes hídricos, o que representa risco real para o ribeirão Vereda, seus afluentes e para todo o abastecimento público da cidade.

Conclusão

A qualidade da água e sua relação com o uso do solo, os resultados correlacionam que, quanto maior o uso do solo pela agricultura, maior a quantidade de fosfatos encontrados na água. Quanto maior a área urbana, maior será na água a quantidade de cloretos e menor será a taxa de ICOL. Em relação à influência da vegetação na bacia Vereda, quanto maior a área de vegetação, menor foi a demanda por oxigênio na água. Além disso, quanto maior a área de solo exposto, maior a concentração de cloretos. Assim, a preservação e aumento das áreas florestais têm efeitos pertinentes na proteção e melhora dos parâmetros da água. Os resultados acima confirmam as hipóteses delineadas para o trabalho.

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água do ribeirão Vereda não refletem, integralmente, os impactos que o ecossistema hídrico desta bacia vem sofrendo nas últimas décadas. A análise comparativa não indicou resultados extremamente alarmantes. Entretanto, são preocupantes, existem problemas em estágio consolidado com potencial de agravante como é o caso do crescimento urbano dentro da bacia e o domínio hegemônico da pastagem que destrutura a paisagem.

Em relação à qualidade da água, a bacia Vereda não apresenta historicamente altas médias anuais para coliformes fecais, indicando baixa poluição acima do ponto de captação superficial, mas apresenta picos de poluição provavelmente de ações isoladas não diagnosticadas por essa pesquisa, nem pela SANEAGO.

Entre os parâmetros da água, a turbidez teve grande variação de taxas aferidas, sendo uma característica que deve ser mais estudada, pois indica que a água se encontra com grande quantidade de material em suspensão, fato que está relacionado pelo domínio da bacia pelo uso para pastagem que é incapaz de impedir, plenamente, a lixiviação, e a formação de escoamento superficial laminar. Com essas características encontradas, o favorecimento do carreamento de sedimentos por erosão e escoamento superficial para o canal principal da bacia se torna inevitável quase não haja manejo adequado da pastagem ou inserção de novas formas de exploração do solo da bacia que tenham viés agroecológico. Há de se integrar planejamento e ações sobre medidas corretivas, a fim de reduzir a intensificação dos processos erosivos, e, conseqüentemente, a formação de novas áreas de assoreamento.

Referências

- Adorno, B. R., Santos, L. A. C., de Lima Silva, A. C., de Souza, M. M. O., de Melo, C., & Neto, S. (2022). O desmatamento, o uso do solo do Cerrado e a incidência de leishmaniose visceral, malária e febre amarela no Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(06), 2853-8667.
- Apha – American Public Health Association; AWWA – American water works association & Wef – Water Environment Federation, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Eaton, A. D.; L. S. Clesceri; A. E. Greenberg. Ed, 20 ed. Washington, D.C.
- Arruda, P.N., Lima, A.S.C., Scalize, P.S., 2016. Gestão dos serviços públicos de água e esgoto operados por municípios em Goiás, GO, Brasil. *ver. Ambient. Água*, Taubaté, 11, 2, 362-376.
- Bailão, E.F.L.C., Santos, L.A.C., Almeida, S.D. S., D'abadia, P.L., Morais, R.J.D., Matos, T.N.D., Almeida, L.M., 2020. Effect of land-use pattern on the physicochemical and genotoxic properties of water in a low-order stream in Central Brazil. *Revista Ambiente & Água*, 15(3).
- Bombardi, L.M., 2017. *Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia / Larissa Mies Bombardi*. - São Paulo: FFL-H - USP.
- Brasil, 2005. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n.º 357 de 18 de março de 2005. 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. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. [online] URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- Brasil, 2005. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n.º 430/2011 - "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89.
- Brasil, 2006. Ministério do Meio Ambiente. Caderno setorial de recursos hídricos: saneamento. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao23022011031657.pdf>. Acesso em: março de 2020
- Carvalho, A.R.; Schlittler, F.H.M.; Tornisiello. L.V., 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. Universidade de São Paulo - USP/ESALQ/CENA - Piracicaba – SP.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Ficha de informação toxicológica - Dicloroeteno (cis e trans). Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2017.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Ficha de informação toxicológica – Diclorometano. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2017.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Ficha de informação toxicológica – Etilbenzeno. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2020.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 2017. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. São Paulo.
- Facco, D.S., Benedetti, A.C., Kaiser, E.A, Filho, W.P. 2017. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no estado do Rio Grande do Sul. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, 6846-6855.
- Galvão Junior, A. C., Paganini, W.S., 2009. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 14, 1, 79-88.
- Lacaze, B., Dudek, J., Picard, J. 2018. GRASS GIS Software with QGIS. *QGIS Generic Tools* 1:67–106.
- Leoneti, A.B., Prado, E.L.D., Oliveira, S.V.W.B.D., 2011. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e

- sustentabilidade para o século XXI Revista de administração pública, 45, 331-348.
- Luíz, A.M.E., Pinto, M.L.C., Scheffer, E.W.O. 2012. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do Rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR. Espaço Geográfico em análise, RA'E GA 24. Curitiba, 290-310.
- Novais, G.T., 2015. Classificação climática aplicada ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil. Boletim Goiano de Geografia, v. 40.
- Pina, I.J., Silva-Neto, C. M., Silva Andersson, F., Pulido, C.D.R., Souza, J.D. 2018. Transição Agroecológica no Município de Goiás/GO. Cadernos de Agroecologia, 13(2), 1-10.
- Santos, J. P. dos et al. Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais. Revista Espinhaço | UFVJM, dec. 2017, p. 36-46.
- Santos, A. O. Relação entre o tipo de exploração agropecuária e a qualidade da água. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência Biológicas), Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.
- Santos, L. A. C.; Lima, P. E. M. Comparação entre diferentes algoritmos de classificação supervisionada no mapeamento temático de uma bacia hidrográfica. TreeDimensional, 3, 27-41, 2018.
- Santos, L. A., Pina, I., Brito, T. R. C., Souza, M. M. O., Ferreira, M. E., & Silva-Neto, C. M. Dinâmica de ocupação e passivos ambientais nos assentamentos rurais do município de Goiás-GO. Revista Brasileira de Geografia Física, 14.
- Vieira, B.M.2015. Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória-ES.
- Vieira, M.J., 2021. Os usos antrópicos do solo e seus impactos ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão Vereda: Questionamentos e relevâncias para o abastecimento público de Aragoiânia, Goiás. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Goiás, Campus Cora Coralina. Cidade de Goiás
- Von Sperling, M., 1996. Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG.
- Toledo, L.G., Nicolella, G., 2002. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Scientia Agrícola, 59, 2002, p.181-186.