

Aplicação das ferramentas de geoprocessamento na análise da ocupação do solo e sua interação com a qualidade da água por métodos estatísticos da sub bacia Suaçuí Grande, MG

Nos últimos anos as atividades que contemplam o uso e manejo do solo vêm ganhando destaque frente a sua influência direta na qualidade das águas de uma bacia hidrográfica. A análise espacial de Bacias Hidrográficas compreende o entendimento do sistema físico desde a entrada e saída do volume de água. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo estudar a relação entre a ocupação no solo e sua interação com a qualidade da água do manancial durante o período de 2009 a 2019, nas estações de monitoramento RD049, RD085, RD086, RD087, RD088 e RD089, através da análise estatística das séries temporais dos parâmetros de qualidade da água e do uso e ocupação da área da sub bacia Hidrográfica do Rio Suaçuí Grande (MG). Os métodos estatísticos multivariados ofereceram a possibilidade de relacionar os aspectos mais significativos. As estações monitoradas correspondem a áreas com variabilidade de classes de uso e ocupação do solo e ao longo dos anos foi possível observar um comportamento padrão entre algumas variáveis. Os principais parâmetros responsáveis pela degradação da qualidade da água foram os coliformes termotolerantes, sólidos total, turbidez, fósforo e mercúrio. A correlação cruzada mostrou-se eficiente nas análises, exibindo a relação existente entre os parâmetros e os usos e ocupação do solo. Embora a correlação não tenha sido forte, as características da área de estudo são propensas à erosão do solo e em função da região apresentar uma grande ocupação por pastagens identificou-se a necessidade de um plano de manejo que atuem em tais áreas com ações que minimizem os processos erosivos e conserve as regiões de vegetação nativa ainda expressiva na bacia estudada.

Palavras-chave: Correlação; Escoamento superficial; Degradação ambiental; Recursos hídricos.

Application of geoprocessing tools in the analysis of soil occupation and its interaction with water quality by statistical methods of the Suaçuí Grande sub-basin, MG

In recent years, activities that contemplate the use and management of the soil have been gaining prominence given their direct influence on the quality of water in a hydrographic basin. The spatial analysis of Hydrographic Basins comprises the understanding of the physical system from the entry and exit of the water volume. Therefore, this work aimed to study the relationship between soil occupation and its interaction with the water quality of the source during the period from 2009 to 2019, in monitoring stations RD049, RD085, RD086, RD087, RD088 and RD089, through the statistical analysis of the time series of water quality parameters and the use and occupation of the Suaçuí Grande River sub-basin area (MG). Multivariate statistical methods offered the possibility of relating the most significant aspects. The monitored stations correspond to areas with variability of land use and occupation classes and over the years it was possible to observe a pattern behavior among some variables. The main parameters responsible for the degradation of water quality were thermotolerant coliforms, total solids, turbidity, phosphorus and mercury. Cross-correlation proved to be efficient in the analyses, showing the relationship between parameters and land use and occupation. Although the correlation was not strong, the characteristics of the study area are prone to soil erosion and because the region presents a large occupation by pastures the need for a management plan that acts in such areas with actions that minimize erosive processes and conserve the regions of still expressive native vegetation in the studied basin.


Keywords: Correlation; Runoff; Environmental degradation; Water resources.

Topic: **Engenharia Ambiental**


Received: **06/08/2021**

Approved: **27/08/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Amanda Carla Dias dos Santos 
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4377103482209439>
<http://orcid.org/0000-0003-3681-0550>
amandadias.santos09@gmail.com

Flávia da Silva Cordeiro
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1357163637745538>
flavia.cordeiro@unifei.edu.br

Eliane Maria Vieira 
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/599733754177088>
<http://orcid.org/0000-0003-1749-6105>
elianevieira@unifei.edu.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0023

Referencing this:

SANTOS, A. C. D.; CORDEIRO, F. S.; VIEIRA, E. M.. Aplicação das ferramentas de geoprocessamento na análise da ocupação do solo e sua interação com a qualidade da água por métodos estatísticos da sub bacia Suaçuí Grande, MG. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.8, p.241-258, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0023>

INTRODUÇÃO

A água é um elemento natural abundante que está presente em quase toda matéria do planeta terra. Podemos encontrar sua essencialidade desde a formação do corpo humano como também nos processos produtivos das grandes empresas que são elementares para nossa economia. Nos últimos anos as atividades que contemplam o uso e manejo do solo vêm ganhando destaque frente a sua influência direta na qualidade e quantidade das águas de uma bacia hidrográfica.

Bacia Hidrográfica, conceitualmente, pode ser considerada “um conjunto de terras drenadas por um corpo d’água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes” (SCHIAVETTI et al., 2002).

Dentre as formas de estudo para obtenção da análise das interferências sofridas por uma bacia hidrográfica, a análise ambiental constitui um assunto de interesse para a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, levando em consideração a facilidade da representação da espacialidade cartográfica do fenômeno analisado e a integração dos dados pelo mapeamento temático (RAMALHO, 2002). Suas atividades são executadas por Sistemas de Informação Geográfica (SIG), onde são usados softwares como ArcGIS e o QGIS.

Segundo Criado et al. (2012) os melhoramentos tecnológicos trouxeram avanços na obtenção de imagens com melhor qualidade e resolução e também no modo de processar as mesmas, produzindo aplicativos mais elaborados e com redução de custos, alguns até mesmo com distribuição gratuita, concluindo que “as ferramentas de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas são fundamentais para a análise, planejamento e gestão de bacias hidrográficas, podendo ser aplicadas de diversas maneiras, utilizando filtros nos dados ou delimitando algumas áreas, para facilitar a compreensão dos fatos estudados no espaço geográfico”.

A análise espacial de Bacias Hidrográficas compreende o entendimento do sistema físico desde a entrada e saída do volume de água, por meio da precipitação e escoamento superficial, intermediado pelos volumes evaporados, transpirados e infiltrados. A compreensão dos dados fisiográficos da Bacia é imprescindível para entender a dinâmica do sistema completo (NOVAIS, 2015).

A Legislação Brasileira instituiu pela Lei das Águas – Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, o fundamento de que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O que exige uma visão integrada e dinâmica da paisagem, principalmente em países que apresentam processos geomorfológicos intensificados (MARTINS et al., 2016).

Segundo a Agência Nacional das Águas – ANA (2021), “O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos”. Sendo assim, a análise dos parâmetros de qualidade da água de modo temporal permite a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão.

A busca pelo desenvolvimento sustentável e conseqüentemente pelas práticas de crescimento

socioeconômico que preservem o meio ambiente, intensificam o campo de pesquisas e monitoramentos ambientais. Dados provenientes de resultados da análise de amostras ambientais apresentam variáveis espaciais e temporais que permitem uma avaliação da condição ambiental ao longo do tempo.

O monitoramento realizado por órgãos públicos brasileiros e por empresas privadas ocorre por meio de coleta em campo em pontos previamente definidos. Em relação à esta amostragem, pode-se dizer que há dependência entre amostras, pois pontos próximos têm mais chance de apresentar resultados semelhantes que pontos espacialmente distantes (SABINO et al., 2014).

Segundo Moura et al. (2010), por consequência das grandes dimensões de uma bacia hidrográfica, a análise da qualidade da água gera muitos dados, sendo indispensável o uso de métodos de avaliação de dados. Os métodos estatísticos multivariados oferecem a possibilidade de reduzir essas informações e selecionar os aspectos mais significativos. Sendo assim, essa ferramenta constitui-se de extensos bancos de dados contendo resultados referentes a vários tipos de análises, que são tratados e interpretados estatisticamente para serem utilizados. Estas medidas, planejadas para atender às finalidades específicas, registram a evolução temporal de cada grandeza estudada e descrevem sua concentração nos vários locais selecionados para coleta (CARVALHO, 2003).

Sendo assim, o trabalho teve como objetivo estudar a relação entre a ocupação no solo e a qualidade da água do manancial durante o período de 2009 a 2019, nas estações de monitoramento RD049, RD085, RD086, RD087, RD088 e RD089, através da análise estatística das séries temporais dos parâmetros de qualidade da água e do uso e ocupação (multitemporal) da área da sub bacia Hidrográfica do Rio Suaçuí Grande (MG).

METODOLOGIA

Para o processamento dos dados geoespaciais foi utilizado como software *SIG QGIS 3.12.3 Bacuresti*. Para as análises estatísticas foi utilizado o *software RStudio*. O *Microsoft software Excel 2016* foi utilizado para os cálculos em relação aos dados de qualidade da água.

Para a caracterização da bacia foram obtidos os mapas temáticos de geologia, pedologia e o uso e ocupação do solo. Para gerar o mapa de declividade foi empregado o Modelo de Elevação Digital (MDE) elaborado a partir de dados altimétricos das imagens do satélite japonês ALOS/PALSAR (*Advanced Land Observing Satellite*), banda L, no modo *Fine Beam Dual* (FDB). Reclassificado de acordo com as recomendações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018). Os valores respectivos para cada área foram gerados através da extensão GRASS na ferramenta *r.report* do *QGIS 3.12.3 Bacuresti*.

Para a classificação do mapa pedológico da bacia do Rio Suaçuí Grande, foi utilizado a paleta de cores disponibilizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, da EMBRAPA (EMBRAPA, 2018). Já para o mapa geológico foi utilizada uma base cartográfica Geológica do Estado de Minas Gerais disponibilizada pela Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA, 2019). Para transformar o modelo de representação de Vetor para Raster foi utilizada a ferramenta Converter Vetor

para Raster (Rasterizar) disponível na aba GDAL em Conversão de Vetor. As classes da legenda e a paleta de cores estão de acordo com as disponibilizadas no Mapa Geológico de Minas Gerais executado pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM (CPRM, 2003).

Para os mapas de Uso e Ocupação do Solo foi empregada uma base cartográfica do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil dos anos de 2009 a 2019. Para a classificação do uso e ocupação solo, foram utilizadas as paletas de cores disponibilizadas na coleção 5 do MapBiomas 2019.

Para cada ponto de monitoramento foi gerada a bacia de contribuição com a utilização da ferramenta *QSwat* do *QGIS*, e empregando tais limites os mapas de uso do solo foram recortados a fim de se identificar e quantificar os usos que poderiam interferir na qualidade e quantidade da água no ponto monitorado.

Foram adotados dois índices para analisar a qualidade dos corpos hídricos onde os pontos de amostragem se localizam, utilizamos os dados dos parâmetros de qualidade da água disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) dos anos de 2009 a 2019. As análises foram realizadas para o período de seca e de chuva. Os índices escolhidos foram:

Índice de Qualidade da Água – IQA

Conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas pelo IGAM (2005), que é calculado pelo produtório ponderado considerando os parâmetros com os seus respectivos pesos, sendo eles: Oxigênio dissolvido – OD (% Saturação), 0,17; Coliformes termotolerantes* (NMP/100mL), 0,15; Potencial Hidrogeniônico - pH, 0,12; Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L), 0,10; Nitratos (mg/L NO_3^-), 0,10; Fosfato total (mg/L PO_4^-), 0,10; Variação da temperatura (°C), 0,10; Turbidez (UNT), 0,08; Sólidos totais (mg/L), 0,08. Na Equação 1 foi apresentada a fórmula multiplicativa, onde IQA é o índice de qualidade da água, podendo variar de 0 a 100, q_i é a qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade e w_i é o peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, também variando entre 0 e 1. Para realizar a classificação do IQA, foram utilizadas faixas de valores que variam de 0 a 100 e equivalem a um nível de qualidade, segundo a classificação do IGAM (2005) apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Classificação do IQA.

Excelente	Bom	Médio	Ruim	Muito ruim
(90 < IQA < 100)	(70 < IQA < 90)	(50 < IQA < 70)	(25 < IQA < 50)	(25 < IQA < 0)

Fonte: Adaptado IGAM (2005).

Equação 1: Cálculo do Índice de Qualidade da Água.

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Fonte: Adaptado de IGAM (2005).

Índice de Contaminação por Tóxico – CT

Neste índice foram analisados quinze parâmetros tóxicos: arsênio total, bário total, cádmio total,

chumbo total, cianeto livre e cianeto total, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total. De acordo com o IGAM (2005), sua classificação é dada de acordo com a Tabela 2, onde comparam-se os valores analisados com a letra P, que significa os limites definidos nas classes de enquadramento dos corpos de água na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008.

Tabela 2: Classificação da CT.

Baixa	Média	Alta
Concentração $\leq 1,2 P$	$1,2 P < \text{Concentração} \leq 2 P$	Concentração $> 2P$

Fonte: Adaptado de IGAM (2005).

Para realização das análises estatísticas foram construídas 2 tabelas no *software Excel*, divididas pelos períodos de seca e de chuva, contendo os dados das séries históricas disponibilizadas pelo IGAM no período compreendido entre os anos de 2009 e 2019, trabalhando com os parâmetros necessários para o cálculo do IQA e da CT individualmente e os índices. Tais valores foram confrontados com os dados de Uso e Ocupação existentes em cada bacia de contribuição. Foram realizadas correlações cruzadas, por meio do *software RStudio*, entre as variáveis do cálculo do IQA e do CT com as classes de uso e ocupação do solo, utilizando as funções: Cor.Cruzada = cor ("X" Parâmetro de qualidade do IQA ou CT, "Y" Classe de uso e ocupação) e cor.test ("X" Parâmetro de qualidade do IQA ou CT, "Y" Classe de uso e ocupação).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da bacia

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Suaçuí Grande, localizada no estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, sendo esta uma sub bacia do rio Doce (UPGRH - DO4), uma área de 12.413 km² (PARH SUAÇUÍ, 2010).

O rio Suaçuí nasce no município de Serra Azul de Minas, no Parque Estadual do Pico do Itambé, no maciço rochoso da Serra do Espinhaço, com o nome de rio Vermelho. Encontrando-se com os rios Turvo Grande e Cocais, no município de Paulistas, recebe o nome de rio Suaçuí Grande (PARH SUAÇUÍ, 2010).

Além do rio Suaçuí, há também na área de estudo dois rios onde se localizam os pontos de monitoramento: o rio Urupuca, abrangendo parte dos municípios de Água Boa, São José da Safira, Malacacheta, Itambacuri, Marilac e Franciscópolis (BARRETO et al., 2017), e o rio Itambacuri abrangendo parte dos municípios de Governador Valadares, Jampruca, Campanário e Itambacuri.

Foram adotados 6 pontos de amostragem para a utilização dos dados de qualidade da água disponibilizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), sendo eles RD049, RD085, RD086 e RD089 no Rio Suaçuí Grande, RD087 no Rio Urupuca e RD088 no Rio Itambacuri. A Figura 1 apresenta a localização da área do estudo e dos pontos de monitoramento nesta.

A bacia Suaçuí Grande apresenta duas classes de solo aparecem com grande expressão na bacia (figura 2). Cerca de 50% da área é composta de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, que são solos

profundos, acentuadamente drenados, com horizonte B latossólico de coloração vermelho amarela, apresentam baixa saturação de bases (distróficos) e alta saturação com alumínio (álícos), o seu manejo adequado proporciona boas condições para o uso em agropecuárias (PARH SUAÇUÍ, 2010). No geral, os latossolos apresentam teor de silte a 20% e argila variando entre 15% e 80%. São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade, são muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions (CTC) (SOUZA et al., 2021).

Em segundo lugar aparece os Argissolos Vermelho Eutróficos, que têm profundidade variável e com um gradiente textural entre os horizontes A e B, que tem uma menor condutividade hidráulica, o que favorece a ocorrência de processos importantes de erosão, mesmo quando o relevo é suavemente ondulado. A classe com menor expressão é a de Neossolos Litólicos, que são solos pouco desenvolvidos, com horizonte A assente diretamente sobre a rocha, com profundidades. São solos rasos e muito rasos e situam-se em áreas de relevo forte, ondulado a montanhoso (PARH SUAÇUÍ, 2010).

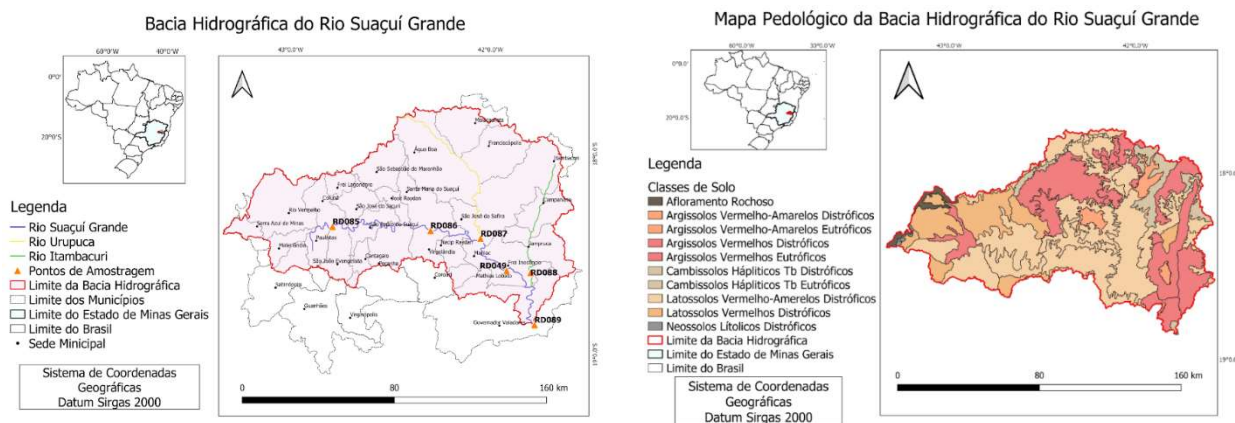


Figura 1: Localização da área de estudo.

Figura 2: Mapa Pedológico da Bacia Suaçuí Grande.

Analisando o mapa Geológico da bacia Suaçuí Grande (Figura 3), foi possível constatar que a maior parte da bacia é composta pelo litotipo Gnaiss, Granitóide, que faz parte dos Complexos Ortognáissicos (ortognáissos TTG e granítico, granulítico, migmatítico e anfíbolito) de Guanhães, que apresenta granulação grossa, bandas irregulares, predomínio do quartzo e do feldspato sobre as micas, tornando a foliação menos visível. Podendo apresentar metamorfismo regional de grau alto (CPRM, 2015).

Levando em consideração a porosidade e a permeabilidade das rochas, que consiste na capacidade de reter água e na capacidade de transmitir água, respectivamente, no geral rochas ígneas e metamórficas possuem baixos valores de porosidade quanto de permeabilidade (FEITOSA et al., 2008).

Analisando o mapa de declividade da bacia Suaçuí Grande gerado empregando-se o modelo ALOS/PALSAR no QGIS (Figura 4), foi possível inferir que aproximadamente 50% da área total da bacia é ocupada por um relevo forte ondulado. Esse tipo de relevo é caracterizado por apresentar superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45% (EMBRAPA, 2018). Apresenta grande susceptibilidade à erosão, caso utilizado para fins agrícolas,

a prevenção a erosão é difícil e dispendiosa, podendo ser antieconômico (SALDANHA, 2001).

A importância da análise da declividade de uma bacia se deve ao fato de que ela pode influenciar diretamente em fatores hidrológicos, por exemplo a velocidade de escoamento superficial será de acordo com o relevo, quanto maior a inclinação maior será a velocidade de escoamento.

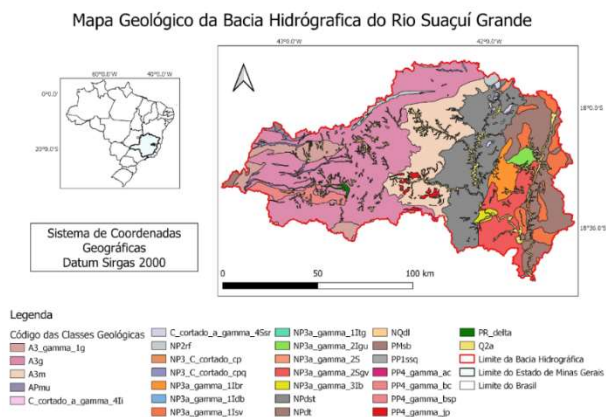


Figura 3: Mapa Geológico da Bacia Suaçuí Grande.

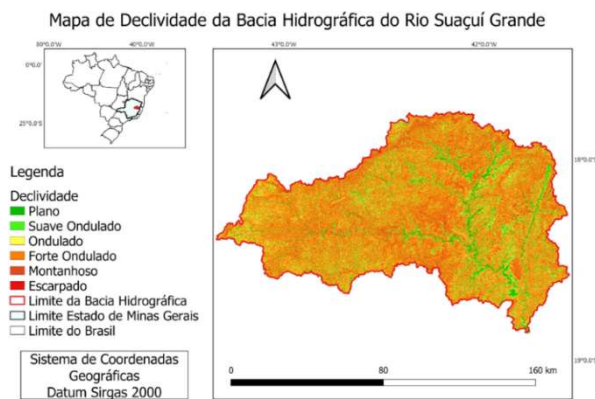


Figura 4: Mapa Pedagógico da Bacia Suaçuí Grande.

Qualidade da água

Foram realizadas duas tabelas de CT, para o período de chuva e de seca. Após análise do percentual de violação dos parâmetros tóxicos, de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 para a classe de enquadramento 2, definida pela CONAMA 357 de 2005, concluiu-se que:

No período de chuva, os parâmetros que se enquadram totalmente em baixa contaminação (substâncias tóxicas em concentrações que excedem em até 20% o limite da classe de enquadramento) são: Arsênio total, Bário total, Cádmio total, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio amoniacal total, Zinco total.

A classe de média contaminação, é indicativo para parâmetros na qual a sua concentração ultrapassou os limites no intervalo de 20% a 100%. Dos parâmetros analisados poucos se encaixaram a essa condição, com exceção de quatro vezes para o parâmetro chumbo total nas estações RD087, RD088 e RD089, cinco vezes para cianeto livre e em uma medição de cobre dissolvido (que se manteve em baixa contaminação em todos os outros anos).

Apenas um parâmetro se manteve em alta contaminação em todas as estações durante os anos no período de chuva e de seca, o Mercúrio total. O chumbo esteve em alta em apenas 2 medições da RD049, e o cianeto livre também, nas RD086 e RD088, significando que as suas concentrações excederam mais de 100% o limite imposto.

A falta de dados do Cianeto Total, impossibilitou o seu enquadramento em uma das classes de contaminação tanto no período de seca quanto no período de chuva.

No período de seca, com exceção do cianeto livre que teve suas duas primeiras medições de cada estação de monitoramento classificadas como média contaminação, e do mercúrio, todos os outros parâmetros foram enquadrados em baixa contaminação.

A *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) realizou, em 2019, um ranking com os 275 contaminantes tóxicos de ameaça potencial mais significativa, na qual o chumbo ocupou a segunda colocação, o mercúrio ocupou a terceira posição, o cianeto a trigésima quinta, e em centésimo vigésimo lugar aparece o cobre (ATSDR, 2019). Tal ranking já demonstra a importância deste estudo nesta bacia, visto os resultados de mercúrio que se manteve em alta contaminação.

O mercúrio pode ser depositado tanto no solo quanto em ambiente aquático, apresentando mobilidade entre os ecossistemas. No solo o tempo de retenção é longo, podendo resultar em um acúmulo desse elemento, o que pode acarretar seu lançamento nas águas através do escoamento superficial e da erosão ao longo de anos. A sua presença fora da faixa de aceitação normativa ganha atenção frente aos grandes danos à saúde humana. Devido à sua acumulação progressiva e irreversível, esse elemento fica retido nos tecidos, causando lesões graves, principalmente aos rins, fígado, aparelho digestivo e sistema nervoso central. Uma de suas formas mais tóxicas é o metilmercúrio (TINÔCO et al., 2010).

No sistema aquático, alguns fatores morfológicos e químicos exercem um importante papel na taxa de adsorção e sedimentação do mercúrio, destaca-se parâmetros como o pH, turbidez, potencial de oxirredução, a presença de argila, ferro, fósforo, e a temperatura, que controlam a natureza das espécies de mercúrio e sua distribuição no ambiente aquático e modificam a sua biodisponibilidade (ALEXANDRE, 2006). A tabela 3 representa uma síntese dos dados analisados, destacando-se as estações com desconformidade.

Tabela 3: Síntese tabela CT.

SECA				CHUVA			
Estação	Data	Cianeto Livre	Mercúrio Total	Chumbo Total	Cianeto Livre	Cobre Dissolvido	Mercúrio Total
RD049	2009	Média	Alta	Alta	-/	Baixa	Alta
	2010	Média	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Alta
RD085	2009	Média	Alta	Baixa	Média	Baixa	Alta
	2010	Média	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta
RD086	2009	/-/	/-/	Baixa	Média	Baixa	Alta
	2010	Média	Alta	Média	-/	Baixa	Alta
RD087	2009	Média	Alta	Baixa	Média	Baixa	Alta
	2010	Média	Alta	Média	/-/	Baixa	Alta
RD088	2009	Média	Alta	Baixa	Média	Baixa	Alta
	2010	Média	Alta	Média	Alta	Média	Alta
RD089	2009	Média	Alta	Média	-/	Baixa	Alta
	2010	Média	Alta	Baixa	Média	Baixa	Alta

Os parâmetros físico-químicos analisados foram comparados com as respectivas classes de enquadramento disponíveis na Resolução CONAMA N° 357/2005, que 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.

Os parâmetros em conformidade foram: DBO, OD, NO_3^- e pH.

O PO_4^- esteve acima do limite estabelecido em cerca de 18% das análises realizadas no período de chuva, e em 4,5% do período de seca. De acordo com o IGAM (2021) o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos, mas quando detectado em excesso pode causar a eutrofização das águas. Por isso, existe uma preocupação em exceder o limite, pois, esse processo é consequência do aumento da

concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos. Como decorrência deste processo, o ecossistema aquático pode passar da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico.

Estudos como o de Barbosa et al. (2015), chegaram a concluir que a degradação da vegetação nativa e a substituição por áreas de agricultura e criação de animais, podem estar contribuindo para a elevação dos níveis de fósforo em períodos de chuvas, devido ao aumento do escoamento superficial.

A turbidez apresentou-se acima do permitido, em aproximadamente 35% das medições analisadas na época de chuva, já no período de seca nenhum valor ultrapassou o limite. De acordo com a ANA (2021) a turbidez é o parâmetro que indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.). Dentre as suas principais fontes está a erosão do solo, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água, afetando os valores de turbidez (BEZERRA et al., 2015).

Os fatores que contribuem para a elevação da Turbidez também foram estudados por Buzelli et al. (2013), destacando que o aumento da turbidez ocorre, comumente, em estações chuvosas devido à movimentação do sedimento em locais rasos, erosão das margens por falta de vegetação ripária, folhagens e galhos de árvores que são levados para dentro do corpo hídrico por ação dos ventos e da correnteza. Detritos orgânicos como algas, bactérias, plâncton, outros, também interferem na turbidez (por biogênese) da água.

Outro ponto que chama a atenção aos níveis de turbidez se deve ao fato de que o seu aumento faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (exemplo: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, conseqüentemente aumentando os custos de tratamento da água. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação (ANA, 2021).

Para os Coliformes Termotolerantes a norma estabelece que não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral e que a E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Como a análise deste estudo foi realizada em apenas 2 períodos de cada ano, ressalta-se que para esse parâmetro ela foi realizada de forma individual a cada medição. Sendo assim, foi possível constatar que no período de chuva as amostras estavam 54% acima do limite pré-estabelecido, e um terço no período de seca. As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas (não causam doenças) mas sua presença em grandes números indicam a possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (exemplo: disenteria bacilar, febre tifóide, cólera) (ANA, 2021).

Foi observado o mesmo comportamento, de maior desconformidade do parâmetro na época de chuva. Resultado semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2019) que observaram uma maior infiltração de água da chuva e esgoto nesse período, gerando um acréscimo excessivo de contaminação por coliformes na água.

Os sólidos totais estiveram acima do limite estabelecido em 12% das medições em análise. O seu excesso pode afetar a comunidade aquática, de modo a alterar as condições de luminosidade das águas superficiais, interferindo no metabolismo de organismos autotróficos submersos, na fotossíntese e, conseqüentemente, danificando outros organismos heterotróficos, dependendo do oxigênio dissolvido (BUZELLI et al., 2013). O seu depósito nos leitos dos corpos d'água podem causar assoreamento, o que chama atenção para o aumento do risco de enchentes. Além disso, podem causar danos à vida aquática pois ao se depositarem destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes (ANA, 2021).

Não consta na legislação valores estipulados para a temperatura, porém sabe-se que os valores extrapolados podem causar alterações nas características físico-químicas e biológicas das águas, causando impactos sobre seu crescimento e reprodução (ANA, 2021). A absorção da radiação solar incidente na superfície da água e a ação dos ventos causa a formação de camadas de diferentes densidades nos corpos hídricos, causando a transferência de calor da superfície para as camadas mais profundas, contribuindo para a redução da concentração de oxigênio dissolvido na água, podendo provocar a morte de animais aquáticos e aumentar a quantidade de matéria orgânica presente na água (ESTEVES, 2011). Além deste fator natural, o lançamento de efluentes também podem interferir na temperatura da água (dado não analisado neste estudo). Nas medições analisadas a temperatura manteve-se entre 15° e 32°, não apresentando evidências para tais alterações.

É notória a diferença da classificação do IQA (Tabela 4) entre os dois períodos analisados. Os parâmetros em cor verde apresentam-se em um bom nível de qualidade, os em amarelo representam uma qualidade média, juntos representam 100% das amostras analisadas no período de seca, significando que as águas estão apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público. Já no período de chuva os resultados em alguns períodos com qualidade ruim, de cor alaranjada. Nesses pontos as águas são impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados (IGAM, 2005).

Tabela 4: IQA .

Período	CHUVA										
Estação	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
RD049	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
RD085	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
RD086	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
RD087	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
RD088	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
RD089	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Período	SECA										
Estação	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
RD049	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

RD085			
RD086			
RD087			
RD088			
RD089			

Percebe-se que a qualidade das águas da bacia Suaçuí Grande, segundo o IQA, varia de ruim a boa, com a qualidade variando nos diferentes pontos de amostragem, em diferentes épocas do ano. Isso pode ser explicado pela quantidade de parâmetros em desconformidade com a legislação, tais como, coliformes termotolerantes, fósforo, turbidez, sólidos totais. Percebe-se que com o aumento da vazão no curso d'água, na época de chuva, houve uma queda no índice de qualidade da água, isso ocorre, pois, esse valor está relacionado ao grande aumento da turbidez e sólidos totais que pode ser causada pelo excesso de matéria orgânica e sólidos carregados para o curso d'água pelo escoamento superficial, superando o efeito de diluição, que tenderia a aumentar a qualidade das águas (ZONTA et al., 2008).

Uso do solo

As bacias de contribuição foram geradas para cada estação de monitoramento adotada. Foram determinadas levando em consideração a topografia.

As estações monitoradas correspondem a áreas com variabilidade de classes de uso e cobertura do solo, sendo assim, realizou-se a análise multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia, obtendo a evolução do grau das atividades ali desenvolvidas e tornando possível a análise das influências sobre a qualidade da água. As Figuras 5 e 6 representam os dois extremos temporais da análise realizada, compreendida entre os anos de 2009 e 2019.

Comparando os valores da variabilidade existente entre o aumento e diminuição das classes de uso e ocupação do solo com a área total dessas bacias. A classe de Infraestrutura urbana, apesar de apresentar aumentos de até 40% ao longo dos anos, no total ocupa apenas aproximadamente 0,10% de sua extensão. Mas não podemos deixar de observar o comportamento padrão entre algumas variáveis, destacando a pastagem e as formações florestais, savânicas e campestres que não apresentaram variações ao longo dos anos. Além destas foram detectados os usos área não vegetada, Rios e lagos, áreas agrícolas e afloramento rochoso.

Assim, para cada bacia de contribuição de cada ponto de monitoramento foram gerados os mapas de uso do solo dos anos em estudo e analisada a evolução destes ao longo do período. A evolução do uso e ocupação na estação de monitoramento **RD049** se dá de forma gradual, existe um equilíbrio entre as áreas de pastagem e formação florestal, juntas ocupam mais de 50% da totalidade da bacia. Houve aumentos significativos na Infraestrutura urbana, mais de 40%, em outras áreas não vegetadas, mais de 300%, e uma pequena, mas significativa diminuição, de aproximadamente 14% da área de pastagem. A parte superior da bacia encontra-se em maior estado de conservação.

Podemos observar que mais da metade da bacia teve sua cobertura vegetal original substituída por áreas resultantes da intervenção humana e seu processo de expansão territorial, social e econômico, sendo

responsáveis pelas áreas de pastagem, agricultura, floresta plantada e infraestrutura urbana.

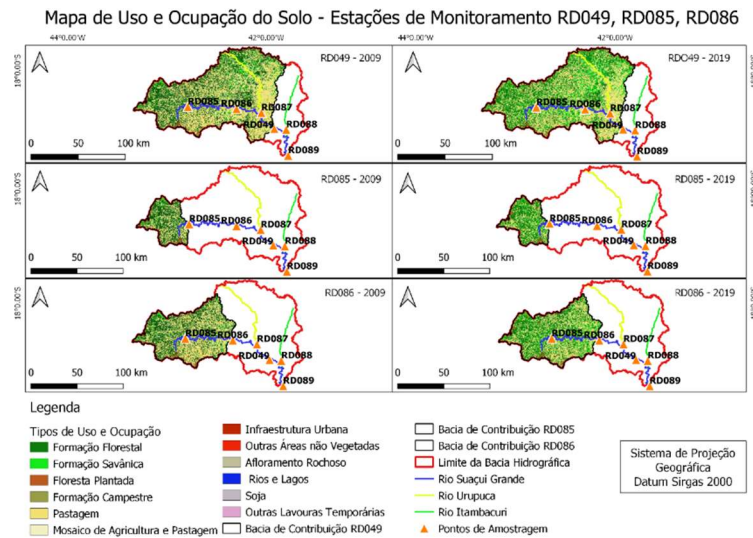


Figura 5: Mapa de Uso e Ocupação das estações de monitoramento RD049, RD085 e RD086.

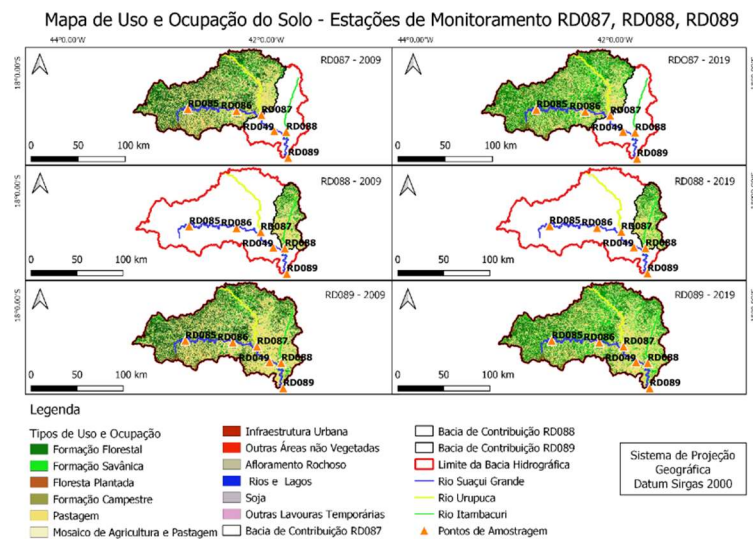


Figura 6: Mapa de Uso e Ocupação das estações de monitoramento RD087, RD088 e RD089.

A área de Pastagem, caracterizada pelas atividades que proporcionam solos sem cobertura vegetal, possibilita diversos níveis de degradação do solo e merece atenção, pois, é um tipo de cobertura vegetal que quando aplicadas técnicas adequadas de manejo, proporciona o recobrimento da superfície do solo durante todo ano, reduzindo a velocidade do escoamento superficial, quando comparado com culturas agrícolas, que deixam o solo exposto durante o preparo do solo para o plantio (PINTO et al., 2005).

Para a bacia de contribuição do ponto **RD085**, a classe de Formação Florestal, apesar da pouca diminuição ao longo desses anos, apresentou-se em destaque na evolução do uso e ocupação na bacia de contribuição da estação de monitoramento RD085, com cerca de 50% da área. Também foi possível observar uma presença significativa de Pastagem, com 22% do total, mas com um decréscimo próximo a 10% de sua área. E um aumento em mais de 18% da infraestrutura urbana.

Na estação **RD086**, a evolução do uso e ocupação do solo mostrou que a formação florestal se manteve constante ao longo dos anos, ocupando uma área de aproximadamente 40% da bacia. Houve

expressivas diminuições ao longo dos anos no mosaico de agricultura e pastagem, cerca de 24%, e na pastagem, cerca de 15%, ocupando respectivamente 10% e 30% da área total da bacia. Importante atentar-se no aumento significativo na Formação Savânica, de 215% da sua área, alcançando 15% da bacia.

A estação de monitoramento **RD087** tem sua evolução do uso e ocupação do solo evidenciando que apesar de um decréscimo das áreas de pastagem e mosaico de agricultura e pastagem, ainda são classes notórias, ocupando juntas cerca de 40% da totalidade da bacia, e a infraestrutura urbana teve um acréscimo de 40% ao longo desses anos.

Nessa bacia observamos que as formações campestre, florestal e savânica aparecem em primeiro lugar em termos de área, ocupando juntas mais de 50%. Esse conjunto representa a parte nativa da vegetação e áreas com o solo mais protegido, sendo de suma importância a sua conservação para a preservação da biodiversidade existente na fauna e flora local, das reservas de água no solo e proteção do solo contra os processos que causam erosão e assoreamento dos rios.

A estação de monitoramento **RD088** apresenta a menor área em termo de contribuição para a bacia do Rio Suaçuí Grande, a sua evolução do uso e ocupação do solo mostrou que 60% de sua área é composta por pastagem e mosaico de agricultura e pastagem. A parte superior da bacia apresenta melhor estado de conservação, composta por formação florestal e formação savânica. A degradação da qualidade física do solo pode estar associada à pastagem, o que pode interferir diretamente na qualidade da água, o que torna essa porcentagem alarmante. Também apresentou significativa área as classes de formação florestal e savânica, juntas compreendem quase 40% da área da bacia.

A evolução do uso e ocupação do solo ao longo dos anos na bacia de contribuição da estação **RD089** pode ser considerada uma visão global da bacia, pois a sua área de influência ocupa todo o domínio da bacia hidrográfica do Rio Suaçuí Grande.

Apesar do pequeno decréscimo da classe de pastagem ao longo dos anos, ela possui grande representatividade, ocupando cerca de 40% da área total. Houve um aumento significativo em aproximadamente 40% na Infraestrutura urbana, o que caracteriza uma expansão populacional, esse aumento pode ter como consequência maiores níveis na produção de efluentes, de resíduos sólidos, mais indústrias, acarretando possíveis fontes de contaminação tóxica, poluição atmosférica, e cada vez mais áreas desmatadas, e todos esses processos podem interferir de forma negativa na qualidade da água dessa bacia.

Em contrapartida a esses valores, temos que as classes de Formação florestal, savânica e campestre, juntas ocupam quase metade da bacia, mantém uma parcela da sua vegetação original, que se manteve com o passar dos anos, demonstrando a conservação dos remanescentes florestais na bacia no período estudado. Já as áreas destinadas à classe de rios e lagos quase não sofreram alterações, mantendo aproximadamente 0,20% da área total.

Análise Estatística

A fim de comparar e analisar os parâmetros de qualidade da água nas seções monitoradas e os tipos

de uso e ocupação da bacia, foi aplicada a Correlação Cruzada.

A correlação é a medida padronizada da relação entre duas variáveis. O resultado sempre estará compreendido entre -1 e 1. Quando positiva indica que as duas variáveis se movem juntas, e a melhor relação ocorre quando a correlação mais se aproxima de 1, indicando uma relação linear forte. Quando negativa indica que as duas variáveis se movem em direções opostas, e que a relação também fica mais forte quanto a correlação mais próxima de -1. Sendo assim uma correlação igual a 1 ou -1 significa que os objetos analisados se movem essencialmente em perfeita proporção na mesma direção, ocasionando uma relação linear, positiva ou negativa, perfeita (SWEENEY et al., 2013).

Segundo Cohen (1988), a classificação adequada para o resultado da correlação é de fraca, para valores obtidos entre 0,10 a 0,29, moderada de 0,30 a 0,49, e forte de 0,50 a 1.

Foi realizada a análise de correlação para o período de chuva e de seca (Figura 7 e 8). A classe de formação campestre foi unida a classe de pastagem para essa análise, pois, em uma das estações não foi encontrada esse tipo de formação, e o software não aceita dados em branco. Sendo assim, alguns parâmetros que apresentavam indisponibilidade de mais de 80% dos dados também não fizeram parte dessa análise (Outras lavouras temporárias, soja, cianeto total).

Podemos observar muitos resultados em que a correlação foi fraca, com destaque para os valores que se aproximaram muito de 0, como na época de chuva o afloramento rochoso x arsênio ($6.45E-04$) sólidos totais x outras áreas não vegetadas ($-6.24E-03$), e na época de seca o lago x arsênio ($3.72E-03$), formação campestre + pastagem x cianeto livre ($-5.20E-03$), mostrando que a ocorrência de um é praticamente insignificante para a presença do outro.

As correlações mais significativas aconteceram entre floresta plantada x IQA (0.51), infraestrutura urbana x IQA (0.54), e na formação savânica x IQA (0.55), ambas no período de seca, época em que o IQA apresentou-se de médio (25% dos casos) a bom (75%). O conjunto formado pela floresta plantada + formação savânica apresentou-se em alguns casos em destaque na área das bacias de contribuição, entende-se a relação obtida quando percebe-se que suas constituições expressam significativa representatividade na área das bacias de contribuição, e isso representa impacto positivo na qualidade das águas.

Algumas correlações, ao não se mostrarem significativas positivas (próximo a 1), podem ser entendidas como benéficas para a qualidade de água na bacia. Como é o caso dos resultados obtidos para a correlação existente entre as variadas classes de uso e ocupação do solo x coliformes termotolerantes e IQA x Coliformes termotolerantes. Na grande maioria dos casos, exceto naqueles onde há outros parâmetros muito desconformes, quando os coliformes termotolerantes diminuem o IQA aumenta, sendo assim, a correlação fica negativa.

No período de chuva se enquadrando em uma correlação moderada, igual a -0.48 e na seca se enquadrando em forte correlação, igual a -0.77, chama-se atenção também nesse último período o valor obtido entre a classe de Infraestrutura urbana x coliformes termotolerantes, se mostrando significativa e igual a -0.50, então, subentende-se que essa contaminação pode não ter relação direta somente com

efluentes domésticos. Tal fato pode estar diretamente relacionado com a grande ocupação das bacias por pastagens destinadas à criação bovina, podendo, portanto, desta atividade ser a origem da contaminação.

Levando em consideração a área da bacia ocupada por pastagem e as interferências que suas atividades podem causar nos parâmetros de sólidos totais e turbidez, esperava-se, no período de chuva, uma alta correlação positiva, porém não apresentou correlação significativa, mantendo-se em fraca correlação. Esse comportamento já foi identificado pelos autores Fernandes et al. (2011), que com isso, observaram que a pastagem bem manejada oferece benefícios de proteção ao solo não afetando a turbidez e a quantidade de sólidos totais.

A correlação mais significativa da turbidez foi com Mosaico de agricultura e pastagem na época de seca, sendo considerada moderada com 0.40, significando que as atividades realizadas nessa classe interferem na quantidade de turbidez.

O “p-valor” nos mostra o grau da significância da correlação. Não apresentaram evidências estatísticas de correlação ao nível adotado de 5% de significância, mas isso não significa que não exista nenhum tipo de correlação em outra hipótese e em outro teste.

Tipos de Uso	F. Florestal		Aflo. Rochoso		F. Plantada		F. Savanica		Infra. Urbana		Mosaico A+P		Outras Áreas		Rio,Lago, Oceano		F. Campestre + Pastagem	
	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p
Coli. Termo	-0.09	0.49	-0.17	0.1716	-0.18	0.15	-0.18	0.15	-0.18	0.16	-0.02	0.87	-0.15	0.24	-0.08	0.51	-0.11	0.38
DBO	-0.21	0.08	-0.05	0.7084	-0.23	0.07	-0.18	0.14	-0.21	0.09	-0.20	0.11	-0.15	0.24	-0.19	0.13	-0.19	0.12
Fosforo T.	0.02	0.90	0.30	0.01458	-0.07	0.60	0.09	0.49	0.08	0.50	0.02	0.89	-0.02	0.85	0.11	0.36	0.14	0.25
Nitrato	-0.01	0.91	0.07	0.5524	0.09	0.46	0.22	0.08	0.11	0.38	-0.03	0.80	0.31	0.01	0.02	0.90	-0.03	0.84
OD	-0.02	0.88	-0.15	0.2197	0.01	0.91	-0.12	0.35	-0.08	0.53	-0.06	0.63	-0.07	0.57	-0.06	0.65	-0.07	0.59
Ph	0.03	0.78	0.16	0.1899	-0.01	0.92	-0.01	0.93	0.06	0.65	-8.97E-03	0.94	-0.15	0.23	0.05	0.67	0.12	0.35
Sólitos T.	0.11	0.38	0.18	0.152	-0.05	0.67	0.11	0.39	0.13	0.31	0.21	0.10	-6.24E-03	0.96	0.19	0.12	0.21	0.10
Temp.	0.31	0.01	0.33	7.39E-03	0.29	0.02	0.34	4.95E-03	0.40	7.87E-04	0.38	1.87E-03	0.31	0.01	0.32	0.01	0.34	5.15E-03
Turbidez	0.14	0.28	0.13	0.29	-1.71E-03	0.99	0.14	0.28	0.15	0.24	0.21	0.09	n	0.84	0.21	0.09	0.21	0.09
IQA	0.03	0.81	-0.07	0.56	0.19	0.12	0.07	0.55	0.06	0.62	-0.05	0.71	0.14	0.28	-0.06	0.65	-0.06	0.64
Arsenio T.	-0.03	0.82	6.45E-04	1.00	0.21	0.08	0.30	0.01	0.12	0.33	-0.17	0.16	0.42	4.51E-04	3.72E-03	0.98	-0.04	0.78
Bario T.	0.05	0.71	0.28	0.02	-0.21	0.10	-0.03	0.81	0.05	0.68	0.22	0.08	-0.15	0.24	0.13	0.29	0.18	0.16
Cadmio T.																		
Chumbo T.	0.12	0.34	0.05	0.67	-0.06	0.62	0.04	0.77	0.08	0.52	0.25	0.04	-0.04	0.77	0.17	0.18	0.17	0.18
Cianeto L.	-0.14	0.25	-0.01	0.92	-0.25	0.04	-0.28	0.03	-0.19	0.13	-3.40E-03	0.98	-0.24	0.05	-0.17	0.18	-0.13	0.29
Cobre D.	-0.17	0.18	0.05	0.68	-0.19	0.13	-0.13	0.30	-0.13	0.29	-0.13	0.29	-0.10	0.41	-0.13	0.29	-0.11	0.39
Cromo T.	0.08	0.55	-0.09	0.46	-0.01	0.93	-6.99E-03	0.96	0.01	0.94	0.12	0.36	-0.03	0.81	0.03	0.82	0.03	0.80
Fenois T.	-0.05	0.66	-0.02	0.88	0.08	0.50	0.06	0.63	-0.01	0.92	-0.20	0.11	0.05	0.72	-0.04	0.72	-0.06	0.64
Mercurio T.	-0.02	0.88	-0.15	0.2197	0.01	0.91	-0.12	0.35	-0.08	0.53	-0.06	0.63	-0.07	0.57	-0.06	0.65	-0.07	0.59
Nítrito	-0.03	0.84	0.20	0.10	-0.09	0.46	0.05	0.70	0.03	0.83	-0.05	0.70	-0.06	0.57	0.05	0.67	0.09	0.46
Nitrogênio T.	0.10	0.41	0.06	0.65	0.06	0.62	0.15	0.24	0.12	0.35	0.09	0.48	0.06	0.61	0.15	0.23	0.14	0.25
Zinco T.	-0.16	0.20	-0.10	0.45	-0.20	0.11	-0.19	0.14	-0.20	0.10	-0.14	0.25	-0.20	0.10	-0.14	0.26	-0.14	0.25

Figura 7: Tabela de Correlação cruzada entre os tipos de Uso e ocupação x parâmetros de qualidade da água - Período de Chuva.

Tipos de Uso	F. Florestal		Aflo. Rochoso		F. Plantada		F. Savanica		Infra. Urbana		Mosaico A+P		Outras Áreas		Rio,Lago, Oceano		F. Campestre + Pastagem	
	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p	c.cor.	valor p
Coli. Termo	-0.41	6.51E-04	-0.32	9.84E-03	-0.37	2.00E-03	-0.46	1.09E-04	-0.50	1.59E-05	-0.41393	5.51E-04	-0.36	3.11E-03	-0.42	4.82E-04	-0.46	1.19E-04
DBO	-0.13	0.46	-0.11	0.39	-0.12	0.32	-0.14	0.25	-0.17	0.18	-0.14	0.27	-0.10	0.41	-0.13	0.28	-0.15	0.22
Fosforo T.	0.16	0.19	0.15	0.22	0.04	0.74	0.15	0.24	0.17	0.17	0.29	0.02	0.15	0.22	0.19	0.12	0.18	0.16
Nitrato	0.08	0.55	0.26	0.03	0.08	0.50	0.23	0.07	0.19	0.13	-5.00E-03	0.9682	0.09	0.45	0.15	0.24	0.18	0.15
OD	-0.27	0.03	-0.20	0.10	-0.19	0.12	-0.17	0.17	-0.26	0.04	-0.31	0.01	-0.08	0.51	-0.28	0.02	-0.29	0.02
Ph	0.02	0.90	0.35	3.68E-03	-0.04	0.77	0.09	0.48	0.13	0.30	-8.81E-03	0.94	-0.02	0.87	0.10	0.42	0.18	0.14
Sólitos T.	-0.26	0.04	0.43	3.62E-04	-0.43	3.18E-04	-0.12	0.33	-0.12	0.35	-0.08	0.52	-0.13	0.30	-0.10	0.41	-0.05	0.70
Temp.	0.30	0.01	0.26	0.04	0.20	0.10	0.20	0.11	0.33	0.01	0.38	0.00	0.05	0.69	0.29	0.02	0.35	0.00
Turbidez	0.21	0.10	0.21	0.08	-0.07	0.56	0.01	0.94	0.15	0.24	0.40	9.97E-04	-0.11	0.39	0.23	0.06	0.02	0.02
IQA	0.42	5.10E-04	0.26	0.03	0.51	1.11E-05	0.55	2.10E-06	0.54	2.53E-06	0.34	5.82E-03	0.46	9.03E-05	0.40	9.73E-04	0.42	4.66E-04
Arsenio T.	-0.03	0.82	6.45E-04	1.00	0.21	0.08	0.30	0.01	0.12	0.33	-0.17	0.16	0.42	4.51E-04	3.72E-03	0.42	-0.04	0.78
Bario T.	-0.17	0.17	0.35	4.53E-03	-0.41	6.02E-04	-0.15	0.23	-0.10	0.40	0.06	0.63	-0.13	0.28	-0.05	0.69	-0.02	0.88
Cadmio T.																		
Chumbo T.																		
Cianeto L.	-7.54E-03	0.95	-0.02	0.90	-0.22	0.07	-0.21	0.09	-0.11	0.40	0.20	0.10	-0.18	0.14	-0.01	0.91	-0.01	0.97
Cobre D.	-0.08	0.50	0.03	0.78	0.17	0.17	-0.11	0.39	-0.09	0.46	-0.02	0.85	-0.11	0.39	-0.07	0.58	-0.05	-0.07
Cromo T.																		
Fenois T.	0.08	0.52	0.08	0.53	0.25	0.05	0.24	0.06	0.17	0.18	-0.08	0.50	0.21	0.09	0.10	0.42	0.09	0.46
Mercurio T.																		
Nítrito	-0.36	2.86E-03	0.25	0.04	-0.47	5.64E-05	-0.28	0.02	-0.27	0.03	-0.23	0.06	-0.28	0.02	-0.24	0.05	-0.21	0.09
Nitrogênio T.	-0.16	0.1881	-0.07	0.58	-0.14	0.25	-0.18	0.15	-0.18	0.15	-0.24	0.05	-0.25	0.04	-0.18	0.14	-0.15	0.22
Zinco T.	0.08	0.5208	9.22E-06	1.00	0.03	0.81	-0.02	0.86	0.04	0.76	0.14	0.27	-0.04	0.73	0.07	0.56	0.07	0.60

Figura 8: Tabela de Correlação cruzada entre os tipos de Uso e ocupação x parâmetros de qualidade da água - Período de Seca.

A grande maioria dos dados obtidos apresentam p-valor maior que 0.05, o que quer dizer que apesar de insignificante não rejeita a hipótese nula adotada. Esse comportamento também foi observado no estudo realizado por Menezes et al. (2016). Neste estudo não foram avaliadas as possíveis fontes de poluição pontual

na área de estudo, o que poderia corroborar para as análises realizadas e explicar os resultados não esperados encontrados.

CONCLUSÕES

Analisando os parâmetros separadamente de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/05 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, considerando o percentual de violação à legislação, os principais parâmetros responsáveis pela degradação da qualidade da água foram os coliformes termotolerantes, sólidos totais, turbidez, fósforo e mercúrio. Contudo, o IQA variou de ruim a bom, e mostrou-se significativamente melhor para as análises no período de seca.

A preservação da cobertura vegetal nativa é de suma importância para a preservação do solo e conseqüentemente da água de uma bacia hidrográfica. O mapeamento das classes de uso e ocupação refletem a marcante presença de áreas de pastagem, e suas atividades podem propiciar processos erosivos do solo e causando arraste de partículas sólidas pelo escoamento superficial para o corpo do curso d'água, conseqüente causando a alteração dos parâmetros e poluição das águas.

O baixo percentual de infraestrutura urbana nas bacias de contribuição, nos leva a acreditar que somente sua presença não comprometeria sozinha a qualidade da água da bacia do Rio Suaçuí Grande, mas as atividades que ali são desenvolvidas mostram-se fonte para um futuro estudo.

A análise estatística realizada mostra-se forte aliada da Engenharia Ambiental nos processos de identificação das relações existentes entre os parâmetros de qualidade da água e os tipos de uso e ocupação, contudo neste estudo não apresentaram evidências estatísticas de correlação ao nível adotado de 5% de significância, mas isso não significa que não exista nenhum tipo de correlação em outra hipótese e em outro teste para os dados da bacia do Rio Suaçuí Grande.

De forma geral os parâmetros de qualidade da água demonstraram que a bacia apresenta uma boa qualidade da água para a classe 2, embora a análise estatística não tenha demonstrado as relações entre o uso de solo e os parâmetros, o fato desta bacia ainda apresentar uma grande área de vegetação nativa, poucas áreas com agricultura e ocupação urbana são fatores que preservam em grande medida a qualidade e quantidade de água na bacia.

Considerando-se a quase estabilidade das áreas de pastagem ao longo dos anos e a caracterização da bacia com solos propensos à erosão, a geologia com grupos com pouca permeabilidade e a declividade moderada, embora possam ser bem aproveitados para a bovinocultura e mesmo a agricultura, tais áreas requerem um manejo eficiente que minimize a exposição do solo.

Por fim conclui-se que a execução de um plano de manejo com enfoque nas áreas de pastagem, apresentando um planejamento estratégico com medidas adequadas buscando minimizar/reverter situações de conflito e otimizar as situações envolvendo essa classe de uso, por ser a que apresenta a maior ocupação, bem como a manutenção das áreas de remanescentes florestais e a restauração das áreas de APP ao longo dos rios, seria fundamental para a gestão eficaz e uso sustentável da área da bacia.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional das Águas. **Indicadores de qualidade: Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. ANA, 2021.
- ALEXANDRE, S. C.. **Avaliação de área contaminada por mercúrio total em Descoberto, Minas Gerais**. Tese (Doutorado - Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Lista de Prioridades de Substâncias**. ATSDR, 2019.
- BARBOSA, I. B.; CIRILO, R. J. A.. Contribuição média de fósforo em reservatório de abastecimento de água - Parte 1. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20, n.1, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1590/S141341522015020000098008>
- BARRETO, C. L. R.; OLIVEIRA, M. C. S. C.. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Urupuca, Minas Gerais, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 9. **Anais**. Belo Horizonte: UESB, 2017.
- BEZERRA, R. A. R.; MARQUES, B. S.; ALMEIDA, F. B.; SAMPAIO, W. M. S.; GIONGO, P.; SILVA, A. M.. Estudo de variação de turbidez (n.t.u) do Rio Santa Maria da Vitória, entre os municípios de Santa Maria do Jetibá e Santa Leopoldina estado do Espírito Santo. **Revista Científica Univiçosa**, v.7, n.1, p.565-570, 2015.
- BUZELLI, G. M.; SANTINO, M. B. C.. Diagnosis and analysis of water quality and trophic state of Barra Bonita Reservoir, SP. **Revista Ambiente & Água**, v.8, n.1, p.186-205, 2013.
- CARVALHO, M. A. G.. **Métodos estatísticos para análise de dados de monitoramento ambiental**. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2003.
- CRIADO, C. R.; PIROLI, L. E.. Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas. **Revista Geonorte**, Geografia Física, v.3, n.6, p.1010-1021, 2012.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Rochas**. CPRM, 2015.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do estado de Minas Gerais**. CPRM, 2003.
- COHEN, J.. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2 ed. Hillsdale, 1988.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- ESTEVEZ, F. A.. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Interciência, 2011.
- FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A.. Ocorrência das águas subterrâneas. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**, v.2, p.13-33, 2008.
- FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M. B.; RAMOS, G. M.; GASPAR, A.; MOURA, M. R.. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. **Revista Engenharia Ambiental**, v.8, n.2, p.105-116, 2011.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Índice de Estado Trófico – IET**. IGAM, 2021.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Índice de Qualidade Das Águas – IQA**. IGAM, 2005.
- MARTINS, Y. T.; MENEZES, S. J. M. C.; CORTINES, E.. Mapeamento de alta resolução e análise espacial da região hidrográfica do rio Piabanha, Brasil, RJ. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO PARAÍBA DO SUL, 3. **Anais**. Juiz de Fora: UFJF, 2016.
- MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C.. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21 n.3, p.519-534, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522016145405>
- MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n.1 de 05 de maio de 2008**. Conselho Estadual de Política Ambiental. Belo Horizonte: DOE, 2008.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P.. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do gama - Distrito Federal. **Revista Química Nova**, v.33, n.1, p.97-103, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100018>
- NOVAIS, M. P. S.. Análise Espacial de Bacias Hidrográficas a partir de SIG: um estudo da Bacia Hidrográfica do Itapicuru–Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. **Anais**. João Pessoa-PB: INPE, 2015.
- OLIVEIRA, C. B.; FERREIRA, A. C.. Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) dos poços do bairro do Calabar e seu entorno, Salvador – BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.7, n.2, p.238-254, 2019.
- PARH SUAÇUÍ. Plano de Ação Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Suaçuí. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia do rio doce e dos planos de ações de recursos hídricos para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio doce**. PARH SUAÇUÍ, 2010.
- PINTO, L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, mg e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Revista Cerne**, v.11, n.1, p.49-60, 2005.
- RAMALHO, M. F. J. L.. A aplicação do sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise Ambiental-Vale do Pitimbu/RN. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 1. **Anais**. Aracaju: UFRN, 2002.
- SABINO, C. V. S.; LAGE, L. V.; ALMEIDA, K. C.. Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, p.87-94, 2014. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000588>

SALDANHA, P.. **Geologia e Meio Ambiente**. Brasília: CPRM, 2001.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M.. **Conceitos de bacias hidrográficas**: teoria e aplicações. Bahia: UESC, 2002.

SISEMA. Sistema Estadual do Meio Ambiente. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: SISEMA, 2019.

SOUZA, D. M. G. D.; LOBATO, E.. **Latossolo**. EMBRAPA: Brasília, 2021.

SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A.; ANDERSON, D. R.. **Estatística aplicada a administração e economia**. 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

TINÔCO, A. A. P.; AZEVEDO, I. C. A. D.; MARQUES, E. A. G. M.; MOUNTEER, A. H.; MARTINS, C. P.; NASCENTES, R.; REIS, E. L.; NATALINO, R.. Avaliação de contaminação por mercúrio em Descoberto, MG. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.4, p.305-314, 2010.

ZONTA, J. H.; ZONTA, J. B.; RODRIGUES, J. I. S.; REIS, E. F.. Qualidade das águas do Rio Alegre, Espírito Santo. **Revista Ciências Agronomia**, v.39, n.01, p.155-161, 2008.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.