

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA MATILDE HREZUCK

ANÁLISE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS,  
MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA-PR, NO PERÍODO DE 1990 A 2020

CURITIBA

2021

JULIANA MATILDE HRECZUCK

ANÁLISE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS,  
MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA-PR, NO PERÍODO DE 1990 A 2020

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de MBA em Gestão Ambiental do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias (PECCA), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora/Professora: Profa. Me. Jandaira Moscal

CURITIBA

2021

## **Análise ambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Município de Guarapuava – PT, no período de 1990 a 2020**

Juliana Matilde Hreczuck

### **RESUMO**

A sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras, localizada no município de Guarapuava – PR, possui uma área de 32.573 hectares a qual abriga o manancial utilizado para o abastecimento de água da sede municipal deste que é o 9º município mais populoso do Paraná, e que foi apontado como um dos que mais vem sofrendo com a seca que ocorre no estado desde o final do ano de 2019. Ademais da função de abastecimento, 23% da sub-bacia está compreendida dentro da Área de Proteção Ambiental da Serra da Esperança, ou seja, a sub-bacia está sob diversas normativas de gestão ambiental. Considerando o cenário exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar a análise ambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras entre os anos de 1990 a 2020. A metodologia adotada utilizou-se do geoprocessamento para, primeiramente, realizar uma análise do uso do solo para o período de estudo, incluindo o cruzamento deste com as funções previstas nas legislações vigentes na área. Em seguida, foi realizada a análise espacial das áreas socioambientais e, por fim, o trabalho procurou correlacionar as vazões médias registradas na estação fluviométrica presente na sub-bacia com as classes de uso do solo ao longo do período de estudo. Foram observadas transições significativas em toda a área da sub-bacia, principalmente nas classes de agropecuária e floresta. Verificou-se que estas alterações não estão de acordo com o uso sustentável recomendado. Quanto às vazões, não foi encontrada correlação entre os dados de vazões fluviométricas e as transições de uso do solo.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Uso solo. Geoprocessamento. Diagnóstico ambiental. Gestão ambiental.

### **ABSTRACT**

The Rio das Pedras hydrographic sub-basin, located in the city of Guarapuava - PR, has an area of 32,573 hectares that lodges the water source used for water supply in the city, which is the 9th most populous city in Paraná, and which was identified as one of the most affected city by the drought that has been occurring in the state since the end of 2019. In addition to the water supply function, 23% of the basin is located in the Serra da Esperança Environmental Protection Area, that is, the sub-basin is under various environmental management regulations. Given the above scenario, this study aimed to execute an environmental analysis of the Rio das Pedras hydrographic sub-basin between 1990 and 2020. The adopted methodology used geoprocessing to initially perform an analysis of the land use, for the period of study, including its intersection with the current legislation of the area. Following, a spatial analysis of the socio-environmental areas was executed and, finally, the present

work attempted to correlate the averages flows rate observed in the fluviometric station present in the sub-basin with the classes of land use throughout the period of study. Relevant transitions were observed throughout all the sub-basin area, mainly in the agricultural and forestry classes. These changes are not in accordance with recommended sustainable use. As for the flows rate, no correlation was found between the fluviometric flow rate data and the land use transitions.

Keywords: Drainage basin. Land use. Geoprocessing. Environmental diagnosis. Environmental management.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade humana e a ocupação desordenada de um território alteram o uso do solo do local, o que influencia em mudanças no ecossistema ali presente. Não apenas as mudanças relativas à urbanização são as que afetam o ambiente, mas o uso antrópico para atividades relacionadas à agricultura, à pecuária, e à extração de recursos como a mineração, o desmatamento, entre outros, também são grandes contribuintes para que as mudanças no uso do solo impactem aspectos paisagísticos, climatológicos, hidrológicos e de biodiversidade, por exemplo (BUTT et al., 2015; SANTOS et al., 2010; SOUZA et al., 2019).

As modificações no uso do solo relacionadas às atividades antrópicas podem afetar as características quantitativas e qualitativas relacionadas ao ciclo hidrológico de uma região. Propriedades como a disponibilidade hídrica, o regime, e a qualidade dos corpos hídricos podem sofrer alterações, uma vez que as atividades humanas influenciam na cobertura vegetal, na compactação do solo, nos processos erosivos, nas taxas de transpiração, no escoamento superficial e no transporte e concentração de sedimentos (DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014; LIMA; SILVA, 2018). Uma vez que todos os processos, sejam eles de qualquer origem, ocorrem dentro de uma bacia de drenagem, e qualquer território permite a divisão por meio de redes hidrográficas de diversas dimensões, as bacias hidrográficas são delimitações de regiões que possibilitam análises que integram ações de planejamento ambiental e gestão dos recursos naturais.

A bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento do manejo de águas é um conceito altamente difundido, e a utilização deste limite como unidade

de gestão ambiental de forma integrada - envolvendo diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais - têm cada vez mais relevância nas práticas de gestão (CARVALHO, 2020). Apesar de ser pouco usual, o monitoramento de microbacias hidrográficas é de essencial importância na gestão do abastecimento de água no Brasil (FRANCISCO; CARVALHO, 2004).

Dada a importância de uma análise integrada, estudos técnicos-científicos apontam a utilização das bacias hidrográficas como unidade territorial de análises que associam o uso do solo, a disponibilidade hídrica, as características socioambientais e os seus respectivos processos dinâmicos ao longo do tempo, como material relevante para compreender os efeitos das atividades antrópicas sobre o ecossistema (DE QUEIROZ, 2010). Estudos integrados das bacias hidrográficas servem como ferramenta de auxílio à tomada de decisão para gestores, e como subsídio na elaboração de ações e de políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável de uma região (SANTOS et al., 2010).

Geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido amplamente utilizadas no monitoramento do uso e ocupação do solo e, por conseguinte, na detecção da degradação do meio ambiente e os riscos atrelados a este fenômeno. A rapidez, o relativo baixo custo e a possibilidade de trabalhar com diversos parâmetros espaciais são características atrativas que contribuem para a expansão da associação e utilização destas ferramentas em estudos ambientais (SANTOS; HERNANDEZ, 2013; SOUZA, 2019).

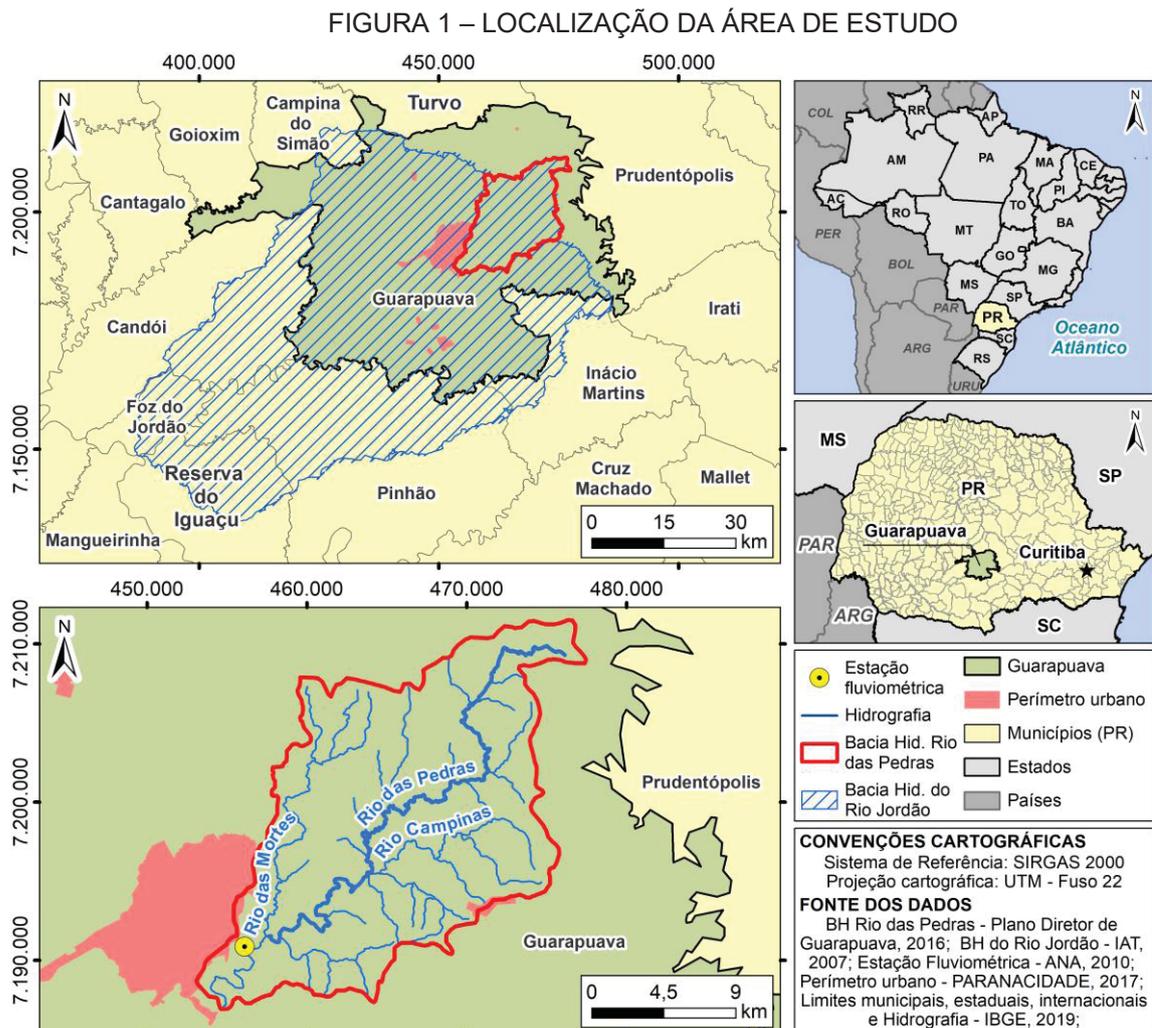
Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras quanto às características de uso e ocupação do solo, vazões hidrológicas e aspectos socioambientais ao longo do período entre os anos de 1990 a 2020. A sub-bacia analisada é parte integrante da Bacia Hidrográfica do Rio Jordão, e está localizada no município de Guarapuava (PR) - município este que foi apontado pelo Agência de Notícias do Paraná (AEN, 2021) como uma das cidades que mais vem sofrendo com a seca que ocorre no estado do Paraná desde o final do ano de 2019.

A metodologia do presente trabalho foi dividida entre a confecção da caracterização da área de estudo, a obtenção dos dados do uso do solo, a compilação e análise espacial dos dados socioambientais, a obtenção e análise dos dados de vazões hidrológicas e por fim, a análise de correlação entre o uso do solo e as vazões hidrológicas. Como resultado, foram observadas transições

significativas em toda a área da sub-bacia, principalmente nas classes de agropecuária e floresta, contudo, verificou-se que estas alterações não estão de acordo com o uso sustentável recomendado. Quanto à correlação da série histórica de vazões com as transições do uso do solo, não foi encontrada correlação entre esses dados, apesar de ter sido verificada tendências isoladas em cada um destes.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras no município de Guarapuava (PR). Com uma área de aproximadamente 32.573 hectares, a sub-bacia integra a Bacia Hidrográfica do Rio Jordão, que abastece a região de Guarapuava e municípios vizinhos. A FIGURA 1 apresenta a localização da área de estudo e seus arredores.



FONTE: A autora (2021).

Parte da área da sub-bacia do Rio das Pedras está localizada dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Esperança, criada pela Lei nº9.905 de 27 de janeiro de 1992. Vestena e Thomaz (2006) destacam que as principais nascentes que formam o Rio das Pedras se localizam dentro desta APA. A estação fluviométrica presente na sub-bacia é pertencente ao IAT (Instituto de Águas e Terras), cujo código de identificação é 65809000 e está localizada no ponto em que o Rio das Pedras deságua no Rio Jordão.

O Plano de Saneamento Básico do Município de Guarapuava (2012) aponta que o manancial superficial do Rio das Pedras serve como abastecimento de água da sede do município. Segundo estimativa do IBGE para o ano de 2021, a população urbana de Guarapuava totaliza 167.217 pessoas, cerca de 91% do total populacional do município.

O uso da terra em geral é diversificado, abrangendo atividades relacionadas à agricultura, indústria, florestamento/reflorestamento, entre outros (CUNHA, 2011; VESTENA, et al., 2004). O clima da região é caracterizado segundo Köppen-Geiger como clima oceânico temperado (Cfb), caracterizado por ser úmido, quando no verão apresenta-se moderadamente quente, com a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C, e nos meses mais frios apresenta-se com temperaturas médias maiores que 10°C, não manifestando diferença significativa no nível de precipitação entre as estações (TERASSI; SILVEIRA, 2013).

A sub-bacia está localizada no bioma da Mata Atlântica, uma das áreas com maior biodiversidade no mundo, com mais 20 mil espécies vegetais e uma grande diversidade em relação à fauna, mas que atualmente conta com apenas cerca de 29% da sua cobertura original, por motivos de ocupação e atividades humanas (MMA, 2020). Quanto à vegetação, atualmente é bastante modificada de seus padrões originais (Floresta Ombrófila Mista) (CUNHA, 2011). De acordo com Vestena et al. (2004), o relevo da sub-bacia varia de plano a montanhoso, apresentando declives entre 8% e 22% em grande parte da área de estudo.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia deste trabalho consistiu simplificada em três etapas: a primeira referente ao diagnóstico ambiental da sub-bacia, em seguida a análise do

uso do solo da sub-bacia, e por fim, a conferência de correlação entre o uso do solo e vazões fluviométricas registradas na sub-bacia.

### 3.1 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA SUB-BACIA

O diagnóstico socioambiental da área de estudo visa reunir informações da temática da sub-bacia em questão de forma a promover a elaboração de análises que possibilitem a observação de problemas e potencialidades da região. A base de dados para a realização do diagnóstico socioambiental é composta por informações dos meios físico, biótico e socioeconômico. A partir da base de dados pode-se realizar análises em um SIG de modo a produzir mapas temáticos com o objetivo de identificar áreas críticas, construir cenários, realizar análises temporais, entre outros. Os dados socioambientais foram obtidos através dos sites das fontes nacionais oficiais, e é possível ver a relação entre dados utilizados e as suas fontes no QUADRO 1.

QUADRO 1 – FONTE DOS DADOS UTILIZADOS

DADOS	FONTE
APP	Cadastro Ambiental Rural (CAR)
Bens tombados	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)
Cavidades naturais	Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBIO/CECAV)
Comunidades Quilombolas	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)
Comunidades Tradicionais	Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG)
Dados do censo demográfico	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Hidrografia	Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Imóveis Rurais	Cadastro Ambiental Rural (CAR)
Infraestrutura viária	PARANACIDADE
Povoados	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Recursos Minerais	Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)
Reserva Legal	Cadastro Ambiental Rural (CAR)
Sítios Arqueológicos	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)
Terras Indígenas	Fundação Nacional do Índio (FUNAI)
Unidades de Conservação	Ministério do Meio Ambiente (MMA)
Vilas	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Zoneamento da APA Serra da Esperança	Instituto Água e Terra (IAT)
Zoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jordão	Plano de Saneamento Básico da Prefeitura de Guarapuava

FONTE: A autora (2021).

Alguns outros dados foram utilizados para analisar a sub-bacia em questão, sendo eles: o Plano de Saneamento Básico (Prefeitura Municipal de Guarapuava,

2012), o Plano Diretor (Prefeitura Municipal de Guarapuava, 2016), o Diagnóstico do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (IAT, 2008 e 2013), Plano de Manejo da APA Serra da Esperança (IAT, 2009) e o Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012). Não foi possível consultar online o Programa de Proteção e manejo da Bacia do Rio das Pedras.

Os dados de Bens tombados, Cavidades naturais, Comunidades Quilombolas, Comunidades Tradicionais, Povoados, Recursos Minerais, Sítios Arqueológicos, Terras Indígenas e Vilas foram utilizados para caracterizar a área, conferindo, através da utilização de *software* de SIG, quais destes itens estavam presentes dentro da área da sub-bacia hidrográfica de estudo e, caso não houvesse nenhuma, apresentando a distância da feição mais próxima de cada item.

Os dados referentes à Unidades de Conservação (UC) e Zoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras foram utilizados de forma comparativa com as classes de uso do solo apresentado pelo MAPBIOMAS, de forma a conferir se a função de cada zona destas áreas está sendo cumprida.

Os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) selecionados para serem analisados neste trabalho foram os de Área de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal e Área de imóveis rurais. A análise dos dados foi realizada apenas para o ano de 2020 devido ao fato de não existirem informações históricas no CAR. As áreas de APP divulgadas pelo CAR são compostas pelas áreas do entorno de rios (variando conforme a largura destes), áreas no entorno de nascentes de rios, áreas de topo de morro, e áreas com declividade maior que 45°. Os dados de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente foram avaliados de forma comparativa entre o uso previsto pela legislação do Código Florestal e o uso do solo apresentado pelo MAPBIOMAS, enquanto as áreas de imóveis rurais foram apenas utilizadas para quantificação de imóveis rurais dentro da área da sub-bacia.

### 3.2 O USO DO SOLO E SUAS TRANSIÇÕES

A análise do uso e cobertura do solo é de grande importância dentro de uma bacia hidrográfica, pois é a partir dela pode-se obter um diagnóstico das atividades antrópicas que afetam, mensurar impactos e confeccionar medidas que promovam o uso sustentável dos recursos nela presente. Os dados de uso e cobertura do solo e transições foram obtidos através do projeto MapBiomias (<https://mapbiomas.org/>), o

qual foi criado com o objetivo de ser uma metodologia rápida e de baixo custo para classificar o uso e cobertura da terra nas últimas décadas. Os dados são disponibilizados anualmente para todos os biomas do Brasil desde 1985 (NEVES et al., 2020). Atualmente o projeto está em sua sexta coleção sendo que cada coleção foi atualizada ao longo de diferentes fases do projeto, sempre aprimorando a versão anterior. A metodologia adotada pelo projeto foi completamente automatizada e integrada ao Google Earth Engine (NEVES et al., 2020). As imagens utilizadas para gerar os dados de uso e cobertura do solo são provenientes do satélite Landsat com resolução espacial de 30m.

Foram obtidos os dados de uso e cobertura do solo para cada ano entre 1990 e 2020, e posterior a obtenção dos dados, estes foram inseridos no *software* de SIG ArcGIS para realizar o agrupamento das classes e cálculo das áreas. Os dados de uso do solo foram agrupados seguindo as classes indicadas pela legenda do MapBiomas coleção 6. Para todos os anos analisados, a composição ocorreu conforme apresentado no QUADRO 2.

QUADRO 2 – AGRUPAMENTO DAS CLASSES

SUBCLASSE	CLASSE
Silvicultura	Agropecuária
Pastagem	
Mosaico de Agricultura e Pastagem	
Soja	
Café	
Outras Lavouras Temporárias	
Área Urbanizada	Área não vegetada
Outras Áreas não Vegetadas	
Rio, Lago ou Oceano	Corpo d'água
Formação Florestal	Floresta
Campo Alagado	Formação natural não florestal
Área Pantanosa	

FONTE: A autora (2021).

Após a análise do uso do solo da área da sub-bacia, estes dados foram cruzados com os dados referentes ao Zoneamento da Unidade de Conservação que está presente em parte da área da sub-bacia, com o Zoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, e com as áreas de Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal presentes dentro da sub-bacia.

### 3.3 VERIFICAÇÃO DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES FLUVIOMÉTRICAS E USO DO SOLO

Com o objetivo de verificar se existe alguma correlação entre o uso do solo e as vazões fluviométricas registradas na sub-bacia, primeiramente fez-se uma análise da série histórica das vazões fluviométricas, em seguida fez-se o cálculo para identificar existência de correlação, e por fim, foi aplicado um teste para verificar tendência nos dados de vazões e uso do solo.

#### 3.3.1 Análise das Vazões fluviométricas

A análise das vazões fluviométricas foi feita através da série histórica de vazões fluviométricas fornecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados foram obtidos a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) do Portal HydroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA) e utilizou-se as informações da estação ETA – GUARAPUAVA (Latitude -25,3978; Longitude -51,4358) de código 65809000, localizada no Rio das Pedras, para os anos de 1990 até 2020. Sendo de responsabilidade da ANA, a estação atende uma área de drenagem de 314km<sup>2</sup>. Escolheu-se trabalhar com as vazões fluviométricas média anuais, pois os dados de uso do solo foram obtidos anualmente. Os dados de vazão não precisaram de tratamento, uma vez que esta estação não continha grandes lacunas na série histórica.

#### 3.3.2 Teste de correlação entre uso do solo e vazões fluviométricas

A verificação da existência de correlação entre o uso do solo e as vazões fluviométricas da sub-bacia foi realizada através do Coeficiente de Correlação de Pearson, que é um teste paramétrico que pode ser aplicado em dados de distribuição normal. O teste de normalidade aplicado aos dados para verificação da possibilidade de utilização da Correlação de Pearson foi através do Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk. A distribuição normal é uma importante característica de dados contínuos que possibilita a modelagem de fenômenos naturais. O resultado do Teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) fornece dois valores: W e valor-p, e pode-se dizer que um conjunto de dado tem distribuição normal uma vez que o valor-p seja maior do que 0,05.

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) pode assumir valores no intervalo entre  $-1$  e  $+1$ , e é uma medida adimensional que mede a intensidade e a direção de relações lineares. A intensidade diz respeito ao grau de relacionamento entre duas variáveis, ou seja, quanto mais próximo dos extremos do intervalo ( $-1$  e  $+1$ ), mais forte é a correlação entre as variáveis, e quanto mais próximo do centro do intervalo ( $0$ ) mais fraca é essa a correlação. A direção está relacionada ao tipo de correlação, se o coeficiente for positivo ( $r > 0$ ), a correlação é direta ( $r > 0$ ), ou seja, valores altos de uma variável correspondem a valores altos da outra variável. Por sua vez, coeficiente negativo ( $r < 0$ ) corresponde a correlação inversa, o que significa que valores altos de uma das variáveis correspondem a valores baixos de outra (HAUKE; KOSSOWSKI, 2011; DEBORTOLI et al., 2016; SILVA, 2020). A significância estatística da correlação (valor  $p \leq 0,05$  ou nível de significância de 95%), é avaliada para descobrir se existe correlação entre as duas variáveis analisadas, e a interpretação do coeficiente de correlação ( $r$ ) apenas poderá ser analisada uma vez que se obtenha valores de significância ( $p$ ) menores ou iguais a  $0,05$ .

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de correlação de Pearson foram realizados através do software de análise estatística de dados PAST, para o nível de significância de 95%.

### 3.3.3 Teste de tendência de Mann-Kendall

Após o teste de correlação, fez-se a análise de tendência nos dados de vazões fluviométricas e uso do solo da sub-bacia. O teste de tendência tem por objetivo determinar se uma série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa. O teste utilizado neste trabalho foi o de Mann-Kendall, sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais (LOPES; SILVA, 2013). O método de Mann-Kendall é utilizado em dados temporais não-paramétricos (MANN, 1945; KENDALL, 1975), e este teste assume que os dados avaliados não possuem correlação entre si, ou seja, são independentes e não existindo correlação serial de curto prazo entre eles. (HELSEL et al., 2006). O resultado do teste apresenta valores de  $p$  (nível de significância),  $S$  e  $Z$ . Valores positivos de  $Z$  indica um aumento da tendência, quando negativa indica uma tendência decrescente (SILVA; SILVA, 2011). O teste de tendência de Mann-Kendall foi realizado através

do software de análise estatística de dados PAST, para o nível de significância de 95%.

## 4 RESULTADOS

Os resultados obtidos através da metodologia detalhada são apresentados nos tópicos abaixo.

### 4.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA

Em relação ao diagnóstico ambiental da sub-bacia, a partir da análise realizada no SIG foi possível observar que dos dados escolhidos para a análise, sete não interceptaram a área de estudo deste trabalho, sendo eles: Terras Indígenas, Comunidades Quilombolas, Sítios arqueológicos, Bens tombados, Cavidades naturais, Vilas e Povoados. Apesar de não interceptarem, a TABELA 1 apresenta a menor distância de cada um dos itens mencionados em relação à área de estudo.

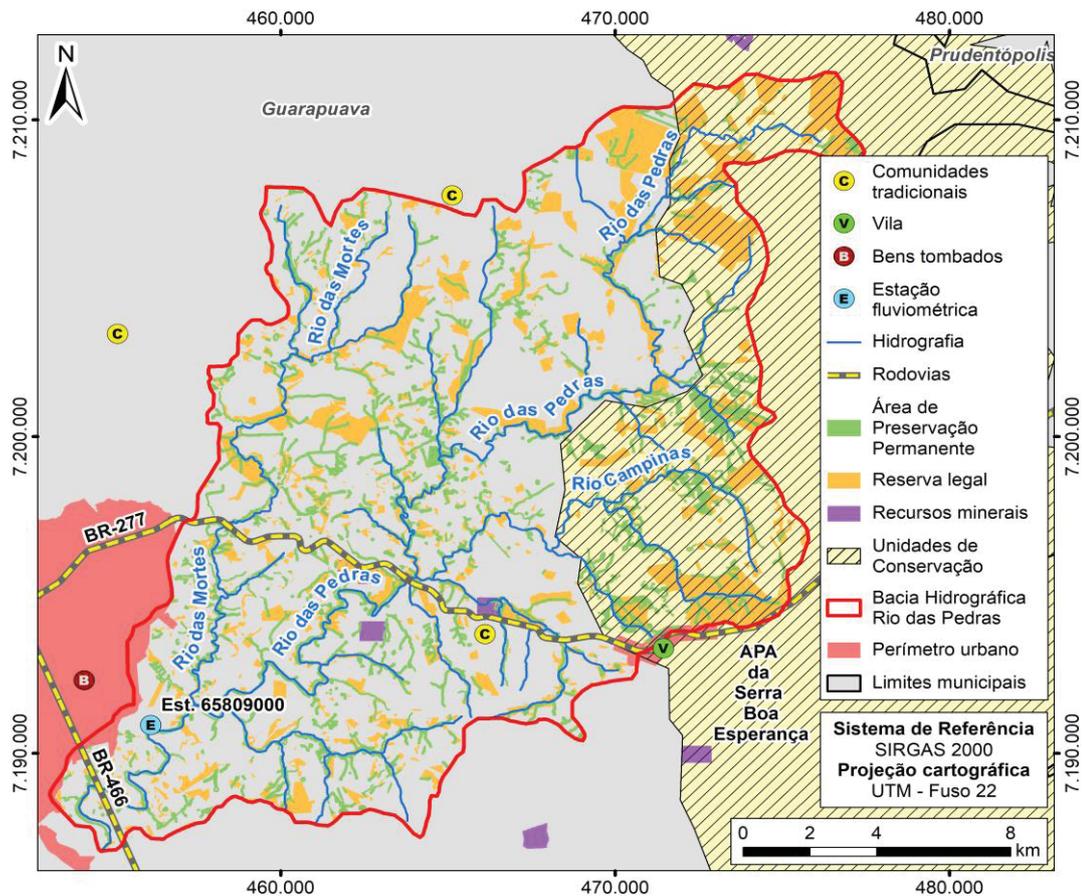
TABELA 1 – DADOS SOCIOAMBIENTAIS ANÁLISADOS

<b>Tipo</b>	<b>Nome / Identificador</b>	<b>Qtd. no interior da BH</b>	<b>Dist. da feição mais próxima (km)</b>
Terras indígenas	Marrecas (Etnia Kaingang)	0	11,1
Comunidades Quilombolas	Invernada Paiol de Telha	0	63,0
Sítios arqueológicos	José Bonetti 2	0	32,0
Bens tombados	Casa do Visconde de Guarapuava	0	1,3
Cavidades naturais	Gruta Marumbi do Elias	0	48,7
Vilas	Guará	0	0,2
Aglomerado Rural Isolado	Povoado São Roque	0	46,1
Comunidades Tradicionais	Faxinal	1	-
Recursos Minerais	-	3	-
Unidade de Conservação	APA da Serra da Esperança	1	-

FONTE: A autora (2021).

As três classes que interceptam a área de estudo são as Comunidades Tradicionais e os Recursos Minerais. A FIGURA 2 apresenta os dados socioambientais analisados para a região da sub-bacia e seus arredores.

FIGURA 2 – CARACTERIZAÇÃO SOCIAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (2021).

As Comunidades Tradicionais são grupos culturalmente diferenciados que possuem formas próprias de organização social. A Política Nacional da Biodiversidade nº4.339/02 reconhece que essas comunidades atuam de forma sustentável no manejo da biodiversidade (BRASIL, 2002). O Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG) fornece a localização das Comunidades Tradicionais apenas de forma pontual, impossibilitando assim a análise da área em questão em relação ao uso do solo.

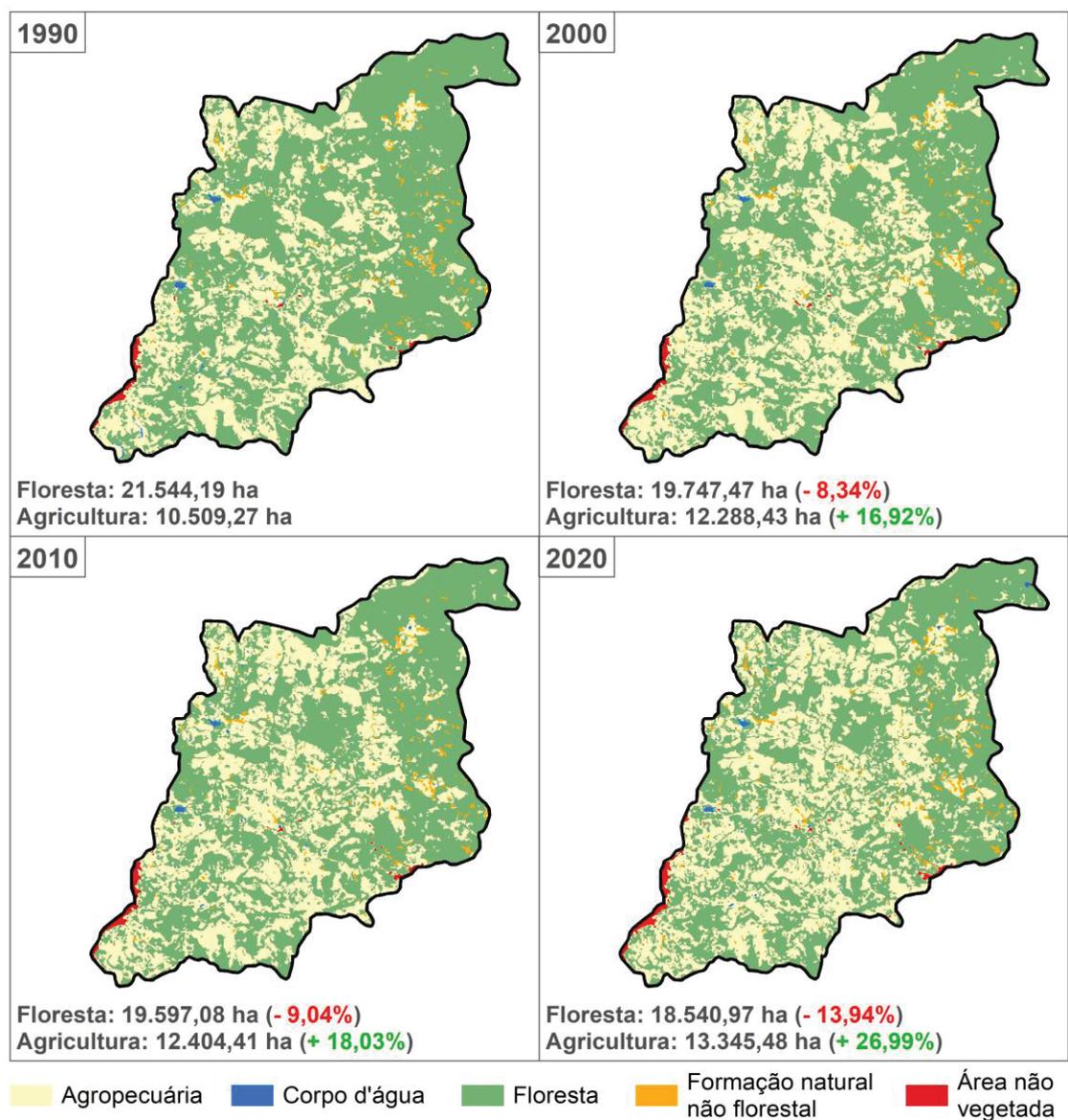
Quanto aos recursos minerais, foi verificada a existência de três áreas dentro da sub-bacia hidrográfica, sendo duas delas referente a obtenção de basalto para brita com fases de pesquisa de ‘concessão de lavra’ e ‘requerimento de lavra’ e áreas de 50 e 48 hectares, respectivamente, e uma área de autorização de pesquisa para retirada de água para engarrafamento, com área de 49 hectares. Estas áreas devem ser alvo de controle direto dos órgãos ambientais e das partes interessadas, devido ao fato da exploração de recursos minerais implicar em alterações do meio

socioambiental do território, nem sempre sendo estas alterações positivas para a conversação do meio ambiente (CODEMGE, 2018).

#### 4.2 O USO DO SOLO E SUAS TRANSIÇÕES

Através da classificação adotada para os cálculos em relação ao uso do solo do período de estudo, foi possível confeccionar a FIGURA 3, que apresenta a classificação realizada para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

FIGURA 3 – USO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO NOS ANOS DE 1990, 2000, 2010 E 2020



\*Porcentagens em relação ao ano de 1990

FONTE: A autora (2021).

A TABELA 2 apresenta o quantitativo de área em hectares das classes de uso do solo para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

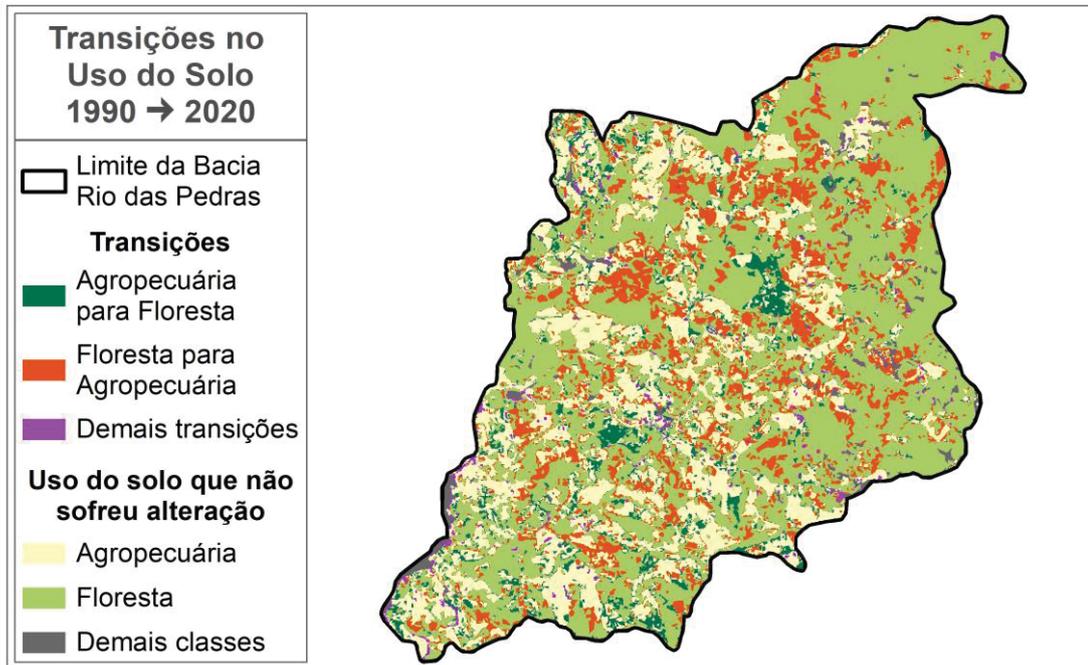
TABELA 2 – USO DO SOLO DA BH DO RIO DAS PEDRAS AO LONGO DAS DÉCADAS

Classe	Uso do solo							
	1990		2000		2010		2020	
	Área (ha)	%						
Agropecuária	10.509,27	32,11	12.288,43	37,54	12.404,41	37,90	13.345,48	40,77
Área não vegetada	134,48	0,41	153,94	0,47	167,34	0,51	208,57	0,64
Corpo d'água	84,82	0,26	49,19	0,15	66,12	0,20	77,73	0,24
Floresta	21.544,19	65,82	19.747,47	60,33	19.597,08	59,88	18.540,97	56,65
Formação natural não florestal	456,87	1,40	492,03	1,50	494,67	1,51	557,74	1,70
<b>Total</b>	<b>32.729,63</b>	<b>100,00</b>	<b>32.731,07</b>	<b>100,00</b>	<b>32.729,62</b>	<b>100,00</b>	<b>32.730,49</b>	<b>100,00</b>

FONTE: A autora (2021).

Através da TABELA 2 pode-se perceber que as classes mais relevantes em termos de alteração no uso do solo foram 'Floresta' e 'Agropecuária', sendo que a primeira sofreu perda de aproximadamente 3.000 (três mil) hectares entre o ano de 1990 e o ano de 2020, enquanto a segunda sofreu um ganho de aproximadamente 2.800 (dois mil e oitocentos) hectares para o mesmo período. Em 1990 a classe de floresta representava aproximadamente 65% do total da área da sub-bacia, enquanto em 2020 esta mesma classe representava 56% desta área. Ao mesmo tempo que em 1990 a classe de agropecuária representava cerca de 32% da área total da sub-bacia, e em 2020 passou a representar aproximadamente 40% desta área. A área não vegetada, que representa principalmente a área urbanizada, teve um ganho de cerca de 75 hectares, o que equivale a aproximadamente 105 campos de futebol. A FIGURA 4 apresenta as transições no uso do solo entre 1990 e 2020 de forma mais objetiva, de maneira a apresentar as transições de classes de uso do solo mais significativas para este período, e agrupando as classes menos significativas.

FIGURA 4 – TRANSIÇÕES NO USO DO SOLO ENTRE 1990 E 2020 NA BH



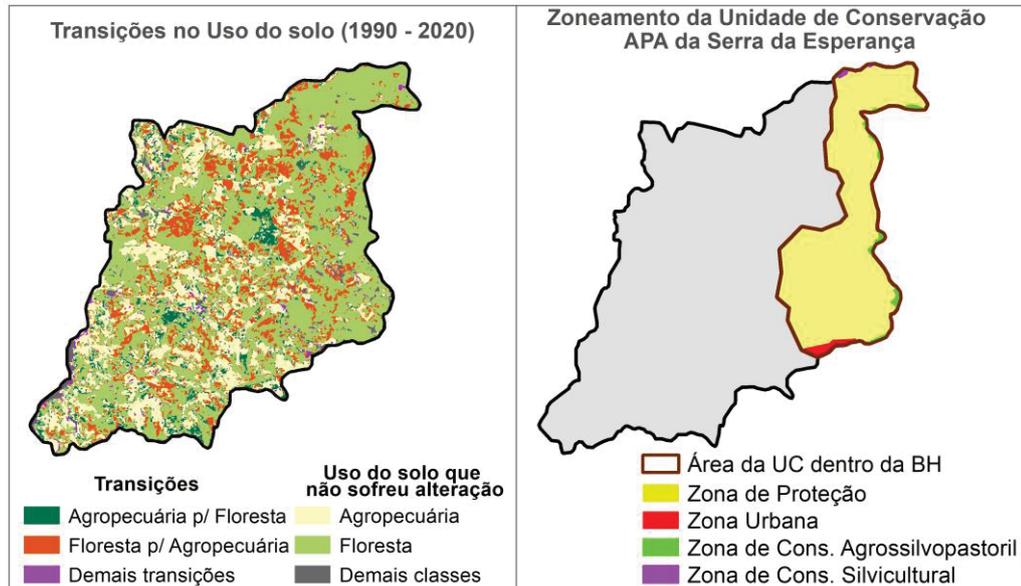
FONTE: A autora (2021).

Através da FIGURA 4, é possível afirmar que as transições significativas no uso do solo ocorreram em toda extensão da sub-bacia de forma generalizada. Observa-se algumas regiões onde as transições ocorreram em maior quantidade de área, o que pode servir como apontamento de regiões que necessitam serem estudadas de forma mais detalhada para entender as causas das transições e os seus impactos.

#### 4.2.1 Unidades de Conservação

Cerca de 23% da sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras está dentro da área da APA da Serra da Esperança, o que representa uma área de 7.493 hectares nessa UC de Uso Sustentável de instância estadual, criada em 1992. A FIGURA 5 apresenta as transições no uso do solo da sub-bacia ao lado da porção de área interceptada pela APA e o zoneamento vigente para esta área, conforme seu plano de manejo.

FIGURA 5 – USO DO SOLO E ZONEAMENTO DA APA DA SERRA DA ESPERANÇA



FONTE: A autora (2021).

A área interceptada entre a sub-bacia hidrográfica e a APA está praticamente toda inserida dentro da Zona de Proteção (97%). As áreas para as classes de uso do solo presentes na porção de interceptação entre a sub-bacia e APA são demonstradas na TABELA 3.

TABELA 3 – USO DO SOLO DA ÁREA INTERCEPTADA ENTRE A APA E BH

Uso do solo - Interceptação entre APA e BH					
CLASSE	1990		2020		Diferença Área (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Agropecuária	833,68	11,13	1.753,04	23,40	919,37
Área não vegetada	13,84	0,18	26,35	0,35	12,51
Corpo d'água	0,74	0,01	9,76	0,13	9,03
Floresta	6.414,42	85,61	5.438,59	72,58	-975,83
Formação natural não florestal	230,28	3,07	265,21	3,54	34,93
<b>Total</b>	<b>7.492,94</b>	<b>100,00</b>	<b>7.492,95</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>

FONTE: A autora (2021).

Percebe-se através de uma análise da TABELA 3 que apesar desta área da sub-bacia estar em uma área protegida, houve uma quantidade significativa de degradação da classe 'Floresta' (cerca de 975 hectares), assim como um ganho significativo da classe 'Agropecuária' (aproximadamente 919 hectares). O Plano de

Manejo da APA Serra da Esperança menciona que para a Zona de Proteção, o uso do solo para fins de agricultura é permissível (com necessidade de consulta e de um parecer do órgão e conselho gestor da APA que permita a implementação da atividade) para agricultura familiar em novas áreas. Nesta pesquisa, não foi possível verificar se o ganho de áreas da classe ‘Agricultura’ entre os anos de 1990 e 2020 está de acordo com o uso permissível mencionado no plano de manejo da APA, mas esta análise é recomendável de ser realizada para garantir que os objetivos e diretrizes do plano de manejo sejam alcançados, ao mesmo tempo que ocorra a preservação da sub-bacia de estudo.

#### 4.2.2 Zoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras

O Plano de Saneamento Básico do Município de Guarapuava (2012) apresenta o mapa de Zoneamento da Bacia do Rio das Pedras, no qual são apresentadas as atividades proibidas, permitidas e obrigatórias de cada zona. O QUADRO 3 resume a permissão do uso da atividade agropecuária para cada zona.

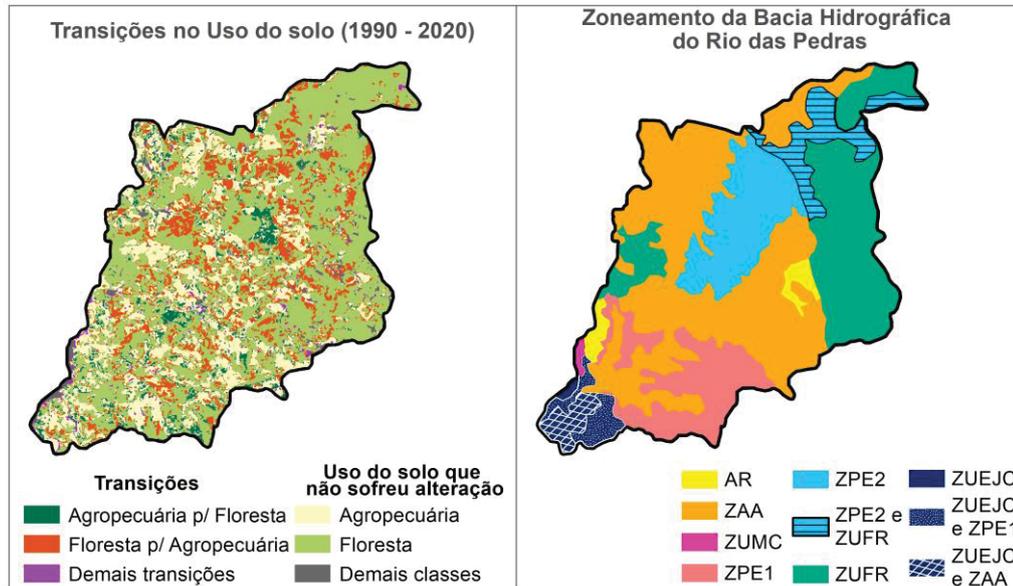
QUADRO 3 – PERMISSÃO DO USO AGROPECUÁRIO NO ZONEAMENTO DA BH DE ESTUDO

<b>Zona</b>	<b>Uso agropecuário</b>
Zona de Uso Florestal Restrito (ZUFR)	Proibida a pecuária extensiva
Zona de Proteção Especial I (ZPE-1)	Proibida a ampliação de atividades agrícolas sobre áreas florestadas
Zona de Proteção Especial II (ZPE-2)	Proibida a ampliação da atividade agropecuária
Zona de Atividade Agrosilvopastoril (ZAA)	Proibida a atividade agropecuária
Zonas Urbanas a Montante da Captação (ZUMC)	Permitido
Zona de Uso Extensivo a Jusante da Captação (ZUC)	Permitido
Zona de Uso Excepcional (ZUE)	Permitido
Faixa de domínio da BR-277 / Outras obras	Permitido
Margens de Rios/Topos de Morros	Permitido
Agricultura Regular (AR)	Permitido

FONTE: A autora (2021).

As quatro zonas que proíbem algum tipo de atividade agropecuária ocupam cerca de 95% da área total da sub-bacia, como pode ser observado na FIGURA 6.

FIGURA 6 – USO DO SOLO E ZONEAMENTO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS



FONTE: A autora (2021).

A TABELA 4 apresenta a quantificação de crescimento da área das subclasses que formam a classe de ‘Agropecuária’ no uso do solo entre os anos de 1990 e 2020 para as quatro zonas que não permitem algum tipo de atividade agropecuária.

TABELA 4 – ÁREA DE AGROPECUÁRIA NAS ZONAS DO PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA

Zona	Classes	1990	2020	Diferença
		Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)
Zona de Uso Florestal Restrito (ZUFR)	Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem	442,70	778,65	335,95
Zona de Proteção Especial I (ZPE-I), Zona de Proteção Especial II (ZPE-II) e Zona de Atividade Agrosilvopastoril	Soja, Outras Lavouras Temporárias, Silvicultura, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem	8.655,27	10.447,87	1.792,61

FONTE: A autora (2021).

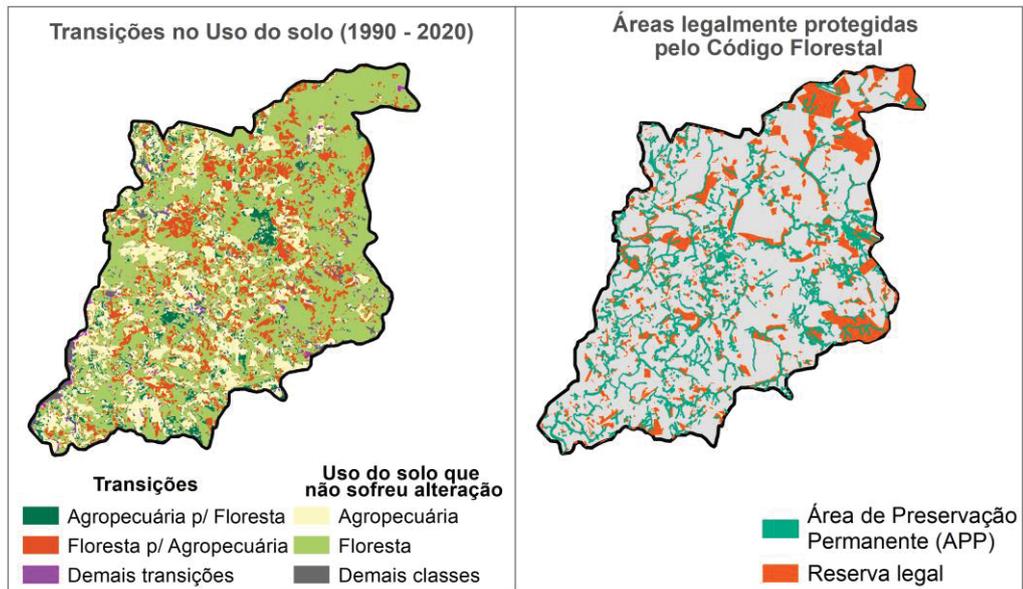
Observa-se através da TABELA 4 que em todas as quatro zonas que proíbem algum tipo de atividade agropecuária ocorreu o aumento desta atividade quando comparados os usos do solo dos anos de 1990 e 2020, ou seja, o zoneamento pré-estabelecido não foi respeitado. A ZUFR - que proíbe a atividade de

pecuária extensiva -, teve acréscimo de cerca de 335 hectares para as classes de uso do solo 'Pastagem' e 'Mosaico de Agricultura e Pastagem' entre o período analisado, enquanto as demais zonas - que proíbem qualquer tipo de atividade agropecuária -, tiveram um acréscimo de aproximadamente 1.792 hectares para as classes de uso do solo 'Soja', 'Silvicultura', 'Outras Lavouras Temporárias', 'Pastagem' e 'Mosaico de Agricultura e Pastagem'.

#### 4.2.3 Cadastro Ambiental Rural (CAR)

Dentro da área da área de estudo estão cadastradas no CAR 869 imóveis rurais. Cerca de 9% da área da sub-bacia é composta por áreas averbadas como APP e 20% é composta por áreas averbadas como Reserva Legal. Ambas áreas são legalmente protegidas, segundo o Código Florestal, sendo a finalidade da APP, como explica Brito (2010), reduzir a erosão das terras, fixar dunas, proteger sítios de extraordinária beleza cênica e de valor científico ou histórico, abrigar exemplares da fauna ou flora ameaçadas de extinção e assegurar condições de bem-estar da sociedade. A Reserva Legal tem a finalidade de contribuir para a manutenção da flora nativa sobre domínio privado, ou seja, é a área com cobertura vegetal destinada à preservação de propriedades rurais, por meio de reserva de biodiversidade, que realiza a manutenção do equilíbrio e reprodução dos sistemas ecológicos (BRITO, 2010). A FIGURA 7 apresenta as transições no uso do solo e a disposição das áreas de APP e Reserva Legal dentro da sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras.

FIGURA 7 – USO DO SOLO E ÁREAS DE APP E RESERVA LEGAL DENTRO DA BH



FONTE: A autora (2021).

As áreas averbadas de APP's para a sub-bacia foram interceptadas com as classes de uso do solo de forma a verificar as inconsistências desta sobreposição. A TABELA 5 apresenta os resultados obtidos.

TABELA 5 – USO DO SOLO NA ÁREA DE APP DENTRO DA BH

Uso do solo - Área de APP		
Classe	2020	
	Área (ha)	%
Agropecuária	847,35	29,50
Área não vegetada	1,09	0,04
Corpo d'água	6,40	0,22
Floresta	1.819,58	63,35
Formação natural não florestal	198,01	6,89
<b>Total</b>	<b>2.872,43</b>	<b>100,00</b>

FONTE: A autora (2021).

Segundo os dados do CAR, a área total de APP para a sub-bacia é de 2.872 hectares, desta área identificou-se que 849 hectares são interceptados pelas classes de "Agropecuária" e "Área não Vegetada", ou seja, classes que não configuram APP. Isto significa que aproximadamente 30% da área de APP não está sendo preservada conforme a legislação.

Em relação às áreas de Reserva Legal, a área total dentro da sub-bacia é de 6.634 ha. A interceptação da área de Reserva Legal com o uso do solo possibilitou contabilizar que aproximadamente 11% da área de RL é classificada como 'Agropecuária', conforme pode ser observado na TABELA 6. Este resultado vai em contrapartida com o que a legislação do Código Florestal prevê como função da área para a sustentabilidade do meio ambiente.

TABELA 6 – USO DO SOLO DA DE RESERVA LEGAL DENTRO BH

<b>Uso do solo - Área de Reserva Legal</b>		
<b>Classe</b>	<b>2020</b>	
	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Agropecuária	708,71	10,68
Área não vegetada	1,23	0,02
Corpo d'água	8,83	0,13
Floresta	5.758,05	86,79
Formação natural não florestal	157,43	2,37
<b>Total</b>	<b>6.634,24</b>	<b>100,00</b>

FONTE: A autora (2021).

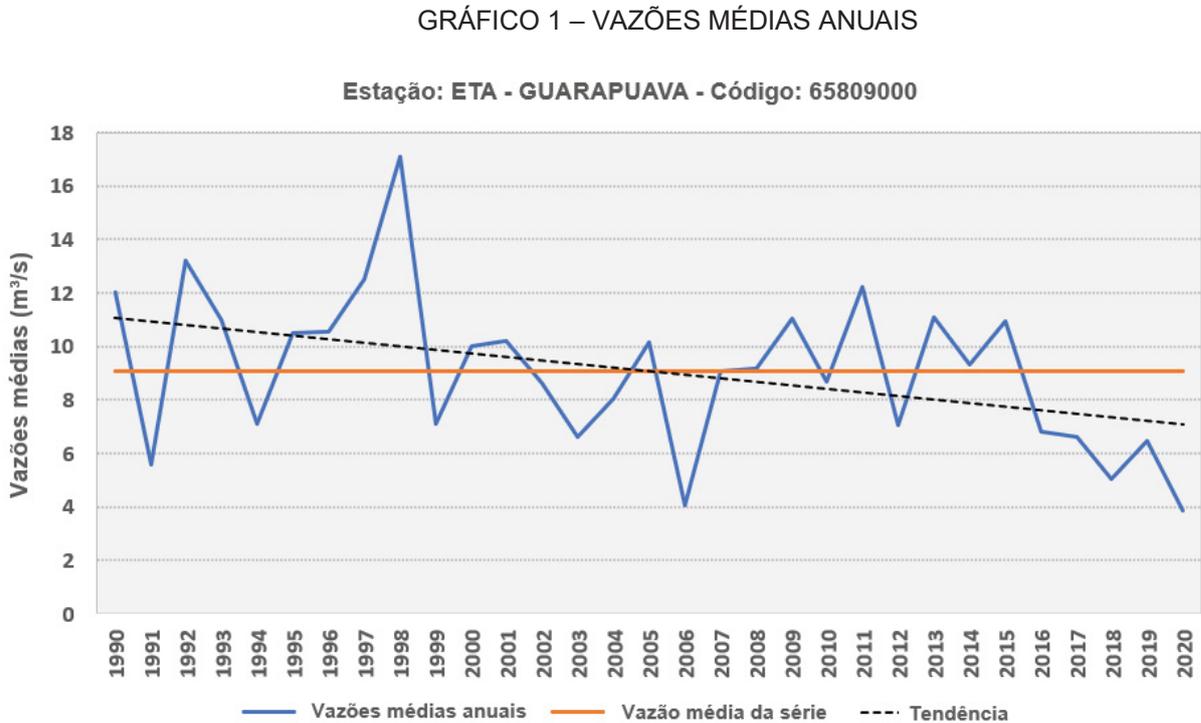
A FIGURA 7 apresenta as transições no uso do solo para o período de estudo e permite a identificação de regiões com tendências de transições. Apesar de não ser possível realizar um diagnóstico temporal em relação às áreas de Reserva Legal e APP, o cruzamento entre as áreas do CAR e as transições do uso do solo, aliado aos ao diagnóstico do uso do solo para 2020, propiciam um panorama recente da situação em relação às funções propostas em lei, e desempenha o papel de diagnóstico inicial para servir de referência a possíveis futuras supervisões de controle e gerenciamento destas áreas.

#### 4.3 VERIFICAÇÃO DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES FLUVIOMÉTRICAS E USO DO SOLO

Os resultados da etapa de verificação entre a correlação entre as vazões fluviométricas e uso do solo são apresentados a seguir.

#### 4.3.1 Análise das Vazões fluviométricas

A partir da série histórica das vazões fluviométricas fornecida pelo SNIHR da ANA, foi possível plotar o GRÁFICO 1 das vazões médias anuais para o período de estudo.



FONTE: A autora (2021).

Pode-se perceber através do GRÁFICO 1 que a tendência da série estudada está decrescendo, sendo observado que desde o ano de 2016 as vazões médias anuais estão abaixo da média geral da série. O maior o valor de vazão média anual foi observado em 1998, enquanto o menor valor de vazão média foi verificado no ano de 2020.

#### 4.3.2 Teste de correlação entre uso do solo e vazões fluviométricas

Os resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, realizados para verificar a possibilidade de aplicação do teste de correlação, podem ser observados na TABELA 7. Observa-se que os valores de p para todas as variáveis resultaram acima de 0,05, o que comprova a normalidade da distribuição destes dados.

TABELA 7 – RESULTADOS DO TESTE DE NORMALIDADE DE SHAPIRO-WILK

<b>Teste de normalidade de Shapiro-Wilk</b>		
<b>Variáveis</b>	<b>p</b>	<b>W</b>
Agropecuária	0,3708	0,964
Área Não Vegetada	0,0862	0,9407
Corpo d'água	0,05454	0,9335
Floresta	0,5776	0,9721
Formação Natural Não Florestal	0,1016	0,9433
Vazões	0,5873	0,9724

FONTE: A autora (2021).

Após ser comprovada a normalidade dos dados utilizados, fez-se a aplicação do teste de correlação de Pearson, e os resultados podem ser observados na TABELA 8.

TABELA 8 – RESULTADOS DO TESTE DE CORREALÇÃO DE PEARSON

<b>Correlação entre as vazões e as classes do uso do solo</b>		
<b>Classes de uso do solo</b>	<b>r</b>	<b>p</b>
Agropecuária	-0,317	0,082
Área Não Vegetada	-0,46	0,009
Corpo d'água	0,242	0,19
Floresta	0,321	0,078
Formação Natural Não Florestal	-0,281	0,126

FONTE: A autora (2021).

Dentre os valores de p observados para as classes de uso do solo, todas as classes, exceto a classe 'Área Não Vegetada' apresentaram valores maiores que 0,05, representando assim que não existe correlação significativa entre estas classes e as vazões fluviométricas. Uma vez que não existe correlação, não é possível analisar os valores do coeficiente de correlação de Pearson para estas classes. Quanto à classe 'Área Não Vegetada', como esta apresentou valor de significância menor que 0,05, pode-se afirmar que existe correlação entre as vazões fluviométricas e esta classe de uso do solo, contudo, o coeficiente de correlação de Pearson (r) observado (-0,46) permite afirmar que a correlação existe é de fraca intensidade, uma vez que está mais próxima do valor de zero do que das extremidades do intervalo. A correlação verificada para esta classe tem direção negativa, isto significa que a correlação entre as duas variáveis é inversa, ou seja, quanto maior a área não vegetada, menor é a vazão fluviométrica.

#### 4.3.3 Teste de tendência de Mann-Kendall

Uma vez que não foi encontrada correlação significativa entre o uso do solo da sub-bacia e suas vazões fluviométricas, aplicou-se o teste de tendência de Mann-Kendall para verificar tendência nos dados de uso do solo e vazões fluviométricas. Os resultados do teste de tendência de Mann-Kendall são apresentados na TABELA 9.

TABELA 9 – RESULTADOS DO TESTE DE TENDÊNCIA DE MANN-KENDALL

<b>Teste de tendência de Mann-Kendall</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>p</b>	<b>S</b>	<b>Z</b>
Agropecuária	$1,6518 \times 10^{-10}$	377	6,3907
Área Não Vegetada	$3,4779 \times 10^{-13}$	429	7,2745
Corpo d'água	0,052673	-115	-1,938
Floresta	$1,6518 \times 10^{-10}$	-377	-6,391
Formação Natural Não Florestal	$3,7818 \times 10^{-6}$	273	4,623
Vazões	0,015064	-144	-2,431

FONTE: A autora (2021).

É possível observar que as classes que apresentaram maiores tendências foram Floresta, Área Não Vegetada e Agropecuária, pois os valores absolutos de (Z) foram maiores. Entre as variáveis testadas, a Floresta, Corpos d'água e Vazões apresentaram tendência decrescente, ou seja, Floresta e Corpos d'água tendem a perder área, e a Vazão diminuir, enquanto as demais classes (Formação Natural Não Florestal, Agropecuária e Área Não Vegetada) apresentaram tendência crescente, o que significa que tendem a ter suas áreas aumentadas ao longo do período analisado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos dados de uso e cobertura do solo e transições provenientes do projeto MapBiomias foi de grande valia para o diagnóstico das mudanças no uso do solo da sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras no período de estudo proposto. Apesar das imagens utilizadas no projeto não serem de alta resolução, foi possível realizar o diagnóstico para a área de estudo, de forma a identificar regiões prioritárias para os gestores voltarem a atenção e propor a realização de estudos mais detalhados - utilizando sensoriamento remoto ou outras técnicas.

O diagnóstico socioambiental permitiu visualizar que a sub-bacia, apesar de já possuir zoneamento próprio proposto pela prefeitura, não vem promovendo o uso do solo conforme a função das zonas propostas, visto que houve um crescimento de cerca de 2.130 hectares da classe de agropecuária em zonas que não permitem este tipo de atividade. O zoneamento da sub-bacia hidrográfica proposto pelo Plano de Saneamento do Município de Guarapuava é antigo (2012), e já existe uma nova versão do plano (2018), contudo, este não propõe um novo zoneamento para a sub-bacia, e nem faz um diagnóstico temporal do uso do solo para a área, o que leva a indicar que não está sendo realizado o monitoramento ou a fiscalização devida.

Ainda em relação ao uso do solo, percebe-se que a porção da sub-bacia que divide sua área com a APA da Serra da Esperança também não está garantindo o uso sustentável conforme o plano de manejo e zoneamento proposto para a área. A pesquisa permitiu observar que houve um aumento na área da classe de agropecuária de 11% para 23%, enquanto para classe de floresta houve um decréscimo de 85% para 72%. Não foi possível realizar uma análise temporal das áreas protegidas pelo Código Florestal analisadas no trabalho – Reserva Legal e APP –, contudo, foi observado que ambas possuem uma cobertura vegetal natural não tão preservada/intacta, principalmente as APP, as quais apresentaram cerca de 30% das suas áreas compostas pela classe de agropecuária.

A sub-bacia, que tem um grau de relevância grande para o município, por ser fonte de abastecimento da sede municipal, encontra diversos conflitos na gestão ambiental proposta. Frente às mudanças climáticas que vem acontecendo com mais força e de forma mais recorrente, principalmente no que tange a disponibilidade hídrica – como está sendo observado no Paraná desde 2019 –, é importante ressaltar que a fiscalização e monitoramento da sub-bacia é de grande importância no que tange a gestão ambiental, a preservação do meio-ambiente e o uso sustentável de seus recursos.

Apesar da avaliação estatística não ter apresentado correlação entre o uso do solo e as vazões hidrológicas da sub-bacia, não se pode afirmar que o uso do solo não afeta e não afetará as características hidrológicas da sub-bacia. Estudos mais detalhados precisam ser realizados nesta temática. Ainda que o teste de tendência considere variáveis independentes, as tendências observadas podem ser indicadores para uma investigação maior sobre estes aspectos.

Em relação às análises hidrológicas, sugere-se que em trabalhos futuros seja utilizada a modelagem SWAT (Soil and Water Assessment Tool), que tem por objetivo prever o impacto nas alterações do uso e manejo do solo em bacias hidrográficas no que diz respeito aos aspectos quantitativos e qualitativos da água e na produção de sedimentos. O modelo utiliza-se de parâmetros fundamentados em características físicas das bacias hidrográficas, que são espacialmente distribuídos em nível de bacias e possuem caráter temporal contínuo, como por exemplo, declividade, geomorfologia, clima, entre outros. (SRINIVASAN; ARNOLD, 1994 apud NETO et al., 2014). O modelo é capaz de simular longos períodos de forma contínua, e diferentes cenários, o que permite perceber impactos ambientais que apenas são visíveis quando avaliados por um longo período de tempo. (SANTOS et al., 2005 apud DE SOUZA et al., 2009) O modelo permite a calibração e a validação dos resultados, o que torna a análise hidrológica associada ao uso do solo um pouco mais sofisticada e robusta, o que aperfeiçoaria a análise proposta neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

Agência de Notícias do Paraná (AEN). Abril mais seco da história volta a agravar a crise hídrica no Paraná. 2021. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=112168>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002**. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. Brasília. 2002. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4339.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4339.htm)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.905 de 27 de janeiro de 1992**. CRIA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - APA, NA SERRA GERAL, CONHECIDA COMO SERRA DA ESPERANÇA, NO ESTADO DO PARANÁ E ADOTA OUTRAS PROVIDÊNCIAS. Brasília. 1992. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-9905-1992-parana-cria-area-de-protecao-ambiental-apa-na-serra-geral-conhecida-como-serra-da-esperanca-no-estado-do-parana-e-adota-outras-providencias>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília. 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

BRITO, Daginete Maria Chaves. Áreas legalmente protegidas no Brasil: instrumento de gestão ambiental. **Planeta Amazônia**: Revista Internacional de

Direito Ambiental e Políticas Públicas, n. 2, p. 37-57, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/view/358>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

BUTT, Amna; SHABBIR, Rabia; AHMAD, Sheikh Saeed; AZIZ, Neelam. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 18, n. 2, p. 251-259, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982315000332?via%3Dihub>>. Acesso em: 3 Out. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.07.003>

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE). Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2018. Disponível em: <<http://www.codemge.com.br>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

CUNHA, Márcia Cristina da. Caracterização das estradas rurais não pavimentadas como elementos presentes na paisagem da bacia hidrográfica do rio das pedras, Guarapuava-PR. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 1, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/view/22>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

QUEIROZ, Manoel Moisés Ferreira; IOST, Caroline.; GOMES, Simone Damasceno; VILAS BOAS, Márcio Antonio. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 5, n. 4, p. 200-210, 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/277877454\\_INFLUENCIA\\_DO\\_USO\\_DO\\_SOLO\\_NA\\_QUALIDADE\\_DA\\_AGUA\\_DE\\_UMA\\_MICROBACIA\\_HIDROGRAFICA\\_RURAL](https://www.researchgate.net/publication/277877454_INFLUENCIA_DO_USO_DO_SOLO_NA_QUALIDADE_DA_AGUA_DE_UMA_MICROBACIA_HIDROGRAFICA_RURAL)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

DE SOUZA, Rodrigo Marcos; DOS SANTOS, Irani; KOBAYAMA, Masato. **O modelo SWAT como ferramenta para a gestão de recursos hídricos: avaliação de vazões de outorga na bacia hidrográfica do Altíssimo Rio Negro**. 2009. Disponível em: <[http://www.labhidro.ufsc.br/Projetos/ARTI\\_2009/Souza/et/a/\(2009/ABRH\)/SWAT.pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Projetos/ARTI_2009/Souza/et/a/(2009/ABRH)/SWAT.pdf)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

DEBORTOLI, Nathan S.; DUBREUIL, Vincent; HIROTA, Marina; FILHO, Saulo Rodrigues; LINDOSO, Diego P. ; NABUCET, Jean. Detecting deforestation impacts in Southern Amazonia rainfall using rain gauges. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 6, p. 2889-2900, 2017. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.4886>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

DELLAMATRICE, Priscila M.; MONTEIRO, Regina Teresa. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1296-1301, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/KTDWxjKS9f6gwG8tYPNMzss/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

FRANCISCO, Cristiane Nunes; CARVALHO, Cacilda Nascimento de. Disponibilidade hídrica - Da visão global às pequenas bacias hidrográficas: O caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Geociência**, ano 3, p.1-13, 2004. Disponível em: <<http://www.comiteguandu.org.br/downloads/ARTIGOS/E/OUTROS/Disponibilidade/hidrica//da/visao/global/as/pequenas/bacias/hidrograficas/o/caso/de.pdf>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

GUARAPUAVA. **Lei nº2543, de 21 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Guarapuava. Legislação do Município de Guarapuava. Paraná. 2016. Disponível em: <[http://www.concidade.com.br/concidade/download/leis/legislacao\\_urbanistica/lei\\_do\\_plano\\_diretor\\_070\\_2016.pdf](http://www.concidade.com.br/concidade/download/leis/legislacao_urbanistica/lei_do_plano_diretor_070_2016.pdf)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

GUARAPUAVA. **Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental da Serra da Esperança**. Paraná. 2009. Disponível em: <[http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/apa\\_serra\\_da\\_esperanca\\_textpm\\_apa.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/apa_serra_da_esperanca_textpm_apa.pdf)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

GUARAPUAVA. **Plano Municipal de Saneamento Básico Município de Guarapuava-PR (PMSB). 1ª Edição Versão final**. Paraná. 2011. Disponível em: <[http://www.concidade.com.br/concidade/download/planos\\_municipais/plano\\_municipal\\_saneamento\\_basico.pdf](http://www.concidade.com.br/concidade/download/planos_municipais/plano_municipal_saneamento_basico.pdf)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

GUARAPUAVA. **Plano Municipal de Saneamento Básico Município de Guarapuava-PR (PMSB). Diagnóstico e Plano de Metas. Período de abrangência: 2018-2021**. Paraná. 2018. Disponível em: <[http://www.concidade.com.br/concidade/download/planos\\_municipais/Plano\\_Municipal\\_de\\_Saneamento\\_Guarapuava\\_2018\\_2021\\_versao\\_audiencia.pdf](http://www.concidade.com.br/concidade/download/planos_municipais/Plano_Municipal_de_Saneamento_Guarapuava_2018_2021_versao_audiencia.pdf)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

HAUKE, Jan; KOSSOWSKI, Tomasz. **Comparison of values of Pearson's and Spearman's correlation coefficient on the same sets of data**. 2011. Disponível em: <<https://repozytorium.amu.edu.pl/handle/10593/15580>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

HELSEL, Dennis R.; FRANS, Lonna M. Regional Kendall test for trend. **Environmental science & technology**, v. 40, n. 13, p. 4066-4073, 2006. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es051650b>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

Instituto Água e Terra (IAT). **Bacia Hidrográfica do Rio Jordão, Fase 1 - Diagnóstico**. Paraná. 2008. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua->

terra/arquivos\_restritos/files/documento/2020-05/diagnostico\_bhj.pdf>. Acesso em: 3 Out. 2021.

Instituto Água e Terra (IAT). **Finalização do Plano da Bacia do Rio Jordão. Contrato nº10/2012. P01: Revisão do Diagnóstico (Atualização das Demandas). Revisão Final.** Paraná. 2013. Disponível em: <[www.iat.pr.gov.br/Fsites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-05/revisao\\_do\\_diagnostico\\_bacia\\_rio\\_jordao\\_revisao\\_final.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/Fsites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-05/revisao_do_diagnostico_bacia_rio_jordao_revisao_final.pdf)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

KENDALL, Maurice G. (1975). **Rank correlation measures.** Charles Griffin, London, 202, 15. Disponível em: <[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1292293](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1292293)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

LIMA, Maria Maiany Paiva; SILVA, Lucas da. Análise da vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, com apoio de geotecnologia. **Revista Brasileira de Geografia Física** [online], v. 11, p. 1442-1457, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234363>> Acesso em: 3 Out. 2021.

LOPES, José Ricardo Ferreira; SILVA, Djane Fonseca da. Aplicação do teste de Mann-Kendall para análise de tendência pluviométrica no estado do Ceará. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 30, n. 3, p. 192-208, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228970>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

MANN, Henry B. (1945). Nonparametric tests against trend. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, 245–259. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/1907187.pdf>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Mata Atlântica.** Disponível em: <[https://antigo.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica\\_emdesenvolvimento.html](https://antigo.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento.html)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

NETO, José de Oliveira Melo; DA SILVA, Antônio Marciano; DE MELLO, Carlos Rogério; JÚNIOR, Arisvaldo Vieira Mélo. Simulação hidrológica escalar com o modelo SWAT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 177-188, 2014. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/161/aa715a0a5d84ae2de251e566c78cd534\\_160fb2b3ab09b66e99b8e84e73bdd40c.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/161/aa715a0a5d84ae2de251e566c78cd534_160fb2b3ab09b66e99b8e84e73bdd40c.pdf)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

NEVES, Alana Kasahara; KÖRTING, Thales Sehn; FONSECA, Leila Maria Garcia; ESCADA, Maria Isabel Sobral. Assessment of TerraClass and MapBiomas data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome. **Acta Amazonica**, v. 50, p. 170-182, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/FsCzXK8TVrCLpjdvbm9jq5P/?lang=en&format=pdf>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

Projeto MapBiomas – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 15/07/2021 através do link: <<https://mapbiomas.org/download>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

SANTOS, Eduardo H. M. dos; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 826–834, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/vbWrQ57Pf7SF5tbx6pmxPNq/?lang=pt>>. Acesso em: 3 Out. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000800006>

SANTOS, Gilmar O.; HERNANDEZ, Fernando B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 60-68, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/xjs6bNDzqySpCqJNrC6TmCL/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 3 Out. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000100009>

SANTOS, Irani; ANDRIOLO, M.V.; GIBERTONI, R.C.; PEREIRA FILHO, D.L.B.; KAVISKI, E.; MÜLLER, I.I.; ROHN, M.C.; NISHIDA, E.; SILVA, R.C. **Desenvolvimento de modelo de avaliação da qualidade de água e transporte de sedimentos para pequenas e médias centrais elétricas: modelagem da erosão e transporte de sedimentos**. Curitiba/PR. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), 2005. Acesso em: 3 Out. 2021.

SHAPIRO, Samuel Sanford; WILK, Martin B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965. Disponível em: <[https://www.jstor.org/stable/2333709?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2333709?seq=1#metadata_info_tab_contents)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

SILVA, Djane Fonseca da; SILVA, Roberta Araújo. Uso do teste de Mann-kendall para detecção de tendências climáticas comparativas entre regiões cearenses. **Simpósio Internacional de Climatologia**, v. 4, 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/327139249\\_USO\\_DO\\_TESTE\\_DE\\_MANN-KENDALL\\_PARA\\_DETECCAO\\_DE\\_TENDENCIAS\\_CLIMATICAS\\_COMPARATIVA\\_S\\_ENTRE\\_REGIOES\\_CEARENSES](https://www.researchgate.net/publication/327139249_USO_DO_TESTE_DE_MANN-KENDALL_PARA_DETECCAO_DE_TENDENCIAS_CLIMATICAS_COMPARATIVA_S_ENTRE_REGIOES_CEARENSES)>. Acesso em: 3 Out. 2021.

SILVA, Paulo Renato de Freitas da. **A expansão agrícola no cerrado e seus impactos no ciclo hidrológico: estudo de caso na região do MATOPIBA**. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/38445>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). HIDROWEB V3.2.6. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

SOUZA, Kaíse Barbosa; SILVA, João Batista Lopes; RATKE, Rafael Felipe; LISBOA, Gerson Santos; ALMEIDA, Karla Nayara Santos. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-

Preto, Piauí. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 567-573, 2019. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7181/6168>>. Acesso em: 3 Out. 2021. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i5.7181>

SRINIVASAN, Raghavan; ARNOLD, Jeffrey G. Integration of basin-scale water quality model with GIS. **Water Resources Bulletin**, v. 30, p. 453-462, 1994. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1752-1688.1994.tb03304.x>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

TERASSI, Paulo Miguel De Bodas; SILVEIRA, Hélio. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Formação** (Online), v. 1, n. 20, 2013. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/2058>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

VESTENA, Leandro Redin; THOMAZ, Edivaldo Lopes. Avaliação de conflitos entre áreas de preservação permanente associadas aos cursos fluviais e uso da terra na bacia do rio das pedras, Guarapuava-pr. **Ambiência** - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais V. 2 No 1, 2006 p. 73-85. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/362>>. Acesso em: 3 Out. 2021.

VESTENA, L. R.; BERTOTTI, L. G.; GARDIM. **Uso da terra da bacia hidrográfica do Rio das Pedras**. In: BATTISTELLI, M.; CAMARGO FILHO, M.; HEERDT, B. Proteção e manejo da bacia do Rio das Pedras: relato de experiências. Guarapuava: Editora BeD Ltda, 2004. Acesso em: 3 Out. 2021.