

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, SETOR PALOTINA

ANA CARLA CASAGRANDE POERSCH

QUALIDADE DA ÁGUA A PARTIR DE ANALISES FÍSICAS E QUÍMICAS E  
APLICAÇÃO DE SIG EM AFLUENTES DA BACIA DO BAIXO RIO IGUAÇU.

PALOTINA

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, SETOR PALOTINA

ANA CARLA CASAGRANDE POERSCH

QUALIDADE DA ÁGUA A PARTIR DE ANALISES FÍSICAS E QUÍMICAS E  
APLICAÇÃO DE SIG EM AFLUENTES DA BACIA DO BAIXO RIO IGUAÇU.

Monografia apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas  
no curso de graduação em Ciências Biológicas da  
Universidade Federal do Paraná Setor Palotina.

Professora Dra. Lucíola Thais Baldan

PALOTINA

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pelo imprescindível suporte afetivo e material. Por cuidarem de mim em toda a minha vida e por me fornecerem todo o suporte desde o início da faculdade. Amo vocês!

Aos meus amigos, por me apoiarem mesmo em horas ruins e por não se importarem por eu estar extremamente sumida. Por todos os cafés, conversas, festas, risadas e choros que compartilham comigo desde o início da faculdade até esse final extremamente corrido. Minha turma sempre foi e sempre será muito importante para mim, a grande maioria se formou um pouco antes, mas garanto que tudo que passamos juntos vai continuar sempre presente na nossa memória. Amo todos vocês!

A minha orientadora professora Dra. Lucíola Thais Baldan por me fornecer toda confiança que eu necessitava para realizar esse trabalho, por cuidar e se importar comigo como uma verdadeira mãezona.

Aos professores, agradeço principalmente a professora Dra. Ana Tereza Bittencourt Guimarães e o professor Dr. Luciano L. Wolf por fazerem parte desse projeto tão relevante, auxiliarem nas coletas e discussões. Ao professor Dr. Victor Zwiener por me dar uma luz com as análises realizadas e ao professor Me. Pedro Gusmão por me ajudar com toda parte da utilização do QGIS e do sensoriamento remoto como um todo desde o início.

Agradeço à instituição UFPR, pública, gratuita e de qualidade, na qual aprendi muito mais que os conhecimentos específicos do meu curso.

## RESUMO

Inúmeros processos controlam a qualidade da água em ambientes lóticos, onde quaisquer alterações de ordem física, química ou biológica podem afetar o ecossistema. A forma de uso e ocupação do solo tem importância fundamental no ciclo hidrológico e na ocorrência natural da água, sendo um forte modificador ambiental. Nosso objetivo foi realizar um levantamento de dados físicos, químicos e espaciais, utilizando mapas de uso e ocupação do solo, buscando avaliar a água em oito ambientes lóticos, presentes na bacia do Baixo Iguaçu com diferentes condições de vegetação e ação antrópica. Foram usadas como métricas os parâmetros: temperatura, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, pH, oxigênio dissolvido (OD), amônia, nitrito e ortofosfato. Nas primeiras quatro coletas (1 – outono, 2 – inverno, 3 – verão, 4 – verão), dos doze parâmetros analisados, pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e sólidos totais foram estimados *in loco* com o suporte dos equipamentos Horiba. Na quinta coleta (5 - outono) o pH e a temperatura foram estimados *in loco* e o oxigênio dissolvido fixado em campo. Aplicamos técnicas de sensoriamento remoto utilizando o programa QGIS e o *plugin* SCP para determinar o uso e ocupação do solo e facilitar o processo de classificação das imagens. As coletas foram realizadas nos municípios de Cascavel, Céu Azul e Santa Tereza do Oeste nos meses de maio, agosto e dezembro de 2016, março de 2017 e abril de 2018. Para correlacionar os dados obtidos nas análises de água e na classificação das imagens foram utilizadas as análises de Redundância (RDA) e a Correlação de Pearson, realizadas no software R-3.5.0 *for Windows*. Em ordem de coleta os valores de explicação da matriz de dados dependentes foram de 61%, 51%, 49%, 43% e 46%. Os resultados obtidos demonstraram que os riachos mais afetados pela agricultura foram: Nene, Paz e Bom Retiro. Tormenta, Pedregulho, Jumelo e Arquimedes foram afetados de forma negativa pelo solo exposto (nu). Dentre as principais métricas afetadas pelo fator solo exposto estão a turbidez, a temperatura, o ortofosfato e a amônia. Da mesma forma, os parâmetros afetados pela agricultura foram a condutividade, o nitrito, a turbidez, a temperatura e a amônia. O riacho Manoel Gomes sofreu influência direta das áreas florestadas que o cercam, demonstrando ótimas concentrações de oxigênio dissolvido ( $\mu=9,74$ ) e as menores temperaturas dentre todos os riachos ( $\mu=16,68$ ), além de não sofrerem impactos negativos. Modelos mistos como os do presente estudo mostram que diferentes parâmetros de qualidade da água variam em sua capacidade de resposta a diferentes regiões e fatores quando analisados separadamente. É possível observar a dinâmica e a constante modificação de paisagens, que alteram de diferentes formas a qualidade da água. As variações recorrentes à uma matriz agrícola dependem totalmente do período de safra e solo em pousio, onde conseqüentemente, afetam todo o ecossistema e as comunidades presentes no entorno. As múltiplas formas de uso e ocupação sugerem a busca por trabalhos com as formas de manejo mais adequadas para que as ações sejam direcionadas para toda a bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Geoprocessamento. Qualidade de Água.

## ABSTRACT

Numerous processes control the quality of water in lotic environments, where any physical, chemical or biological changes can affect the ecosystem. The form of use and occupation of the soil is of fundamental importance in the hydrological cycle and in the natural occurrence of water, being a strong environmental modifier. The objective of the study was to perform a physical, chemical and spatial data survey using land use and land use maps, in order to evaluate water in eight lotic environments, present in the Baixo Iguaçu basin with different degrees of vegetation and anthropic action. The parameters used were: temperature, turbidity, electrical conductivity, total solids, pH, dissolved oxygen (OD), ammonia, nitrite and orthophosphate. In the first four samples (1 - autumn, 2 - winter, 3 - summer, 4 - summer), twelve parameters analyzed pH, electrical conductivity, temperature, turbidity, dissolved oxygen and total solids were estimated in loco with Horiba equipment support . In the fifth collection (5 - autumn) pH and temperature were estimated in loco and the dissolved oxygen fixed in the field. We apply remote sensing techniques using the QGIS program and the SCP plugin to determine the use and occupation of the soil and facilitate the classification process of the images. The samples were collected in Cascavel, Céu Azul and Santa Tereza do Oeste rivers in the months of May, August and December 2016, March 2017 and April 2018. In order to correlate the data obtained in the water analysis and the classification of the images were Redundancy (RDA) and Pearson's Correlation analyzes were performed in R-3.5.0 for Windows software. In order of collection, the explanatory values of the dependent data matrix were 61%, 51%, 49%, 43% and 46%. The results showed that the streams most affected by agriculture were: Nene, Paz and Bom Retiro. Storm, Boulder, Jumelo and Archimedes were negatively affected by the exposed soil (nu). Among the main metrics affected by the exposed soil factor are turbidity, temperature, orthophosphate and ammonia. Likewise, the parameters affected by agriculture were conductivity, nitrite, tubing, temperature and ammonia. The Manoel Gomes creek had a direct influence of the forested areas surrounding it, demonstrating good concentrations of dissolved oxygen ( $\mu = 9.74$ ) and the lowest temperatures in all streams ( $\mu = 16.68$ ), as well as not suffering negative impacts. Mixed models such as the present study show that different parameters of water quality vary in their responsiveness to different regions and factors when analyzed separately. It is possible to observe the dynamics and the constant modification of landscapes, which alter the water quality in different ways. The recurrent variations to an agricultural matrix depend entirely on the harvest period and fallow soil, where consequently they affect the entire ecosystem and the communities present in the environment. The multiple forms of use and occupation suggest the search for jobs with the most appropriate management forms so that the actions are directed to the entire river basin.

Keywords: Atlantic Forest. Geoprocessing. Water Quality.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Resoluções espaciais das bandas do SENTINEL-2 e comprimentos de onda nos quais a radiação é reemitida..... 27
- FIGURA 2 - Distribuição de cores do espectro visível..... 28
- FIGURA 3 - Representação da modulação das bandas a partir das características físicas, químicas e biológicas de *Liquidambar styraciflua* L..... 29
- FIGURA 4 - Mapa dos municípios e dos oito pontos de amostragem escolhidos ao Norte da Bacia do Baixo Iguaçu..... 33
- FIGURA 5 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Arquimedes nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 41
- FIGURA 6 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Bom Retiro nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 42
- FIGURA 7 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Jumelo nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 43
- FIGURA 8 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Manoel Gomes nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 44

- FIGURA 9 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Nene nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 45
- FIGURA 10 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio da Paz nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 46
- FIGURA 11 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Pedregulho nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2016 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 47
- FIGURA 12 - Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Tormenta nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018 delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018..... 48

### LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1 - 1ª COLETA 05/2016; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta..... 52

GRÁFICO 2 - 2ª COLETA 08/2016; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta..... 53

GRÁFICO 3 - 3ª COLETA 11/2016; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta..... 54

GRÁFICO 4 - 4ª COLETA 03/2017; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta..... 55

GRÁFICO 5 - 5ª COLETA 04/2018; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta..... 56



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.....	33
TABELA 2 - Análises limnológicas realizadas em <i>in loco</i> e <i>ex situ</i> .....	37
TABELA 3 - Percentuais das diferentes classes de uso e ocupação do solo em oito riachos na bacia do Baixo Iguaçu durante o período de estudo (Junho de 2016 até Abril de 2018).....	39
TABELA 4 - Parâmetros físicos e químicos da água e os valores médios $\pm$ desvio padrão nos oito pontos de coleta e nos cinco períodos de amostragem.....	50
TABELA 5 – Correlações significativas ao estudo dos oito riachos estudados perante parâmetros específicos. SST= Sólidos Totais; TURB= Turbidez; COND= Condutividade Elétrica; OD= Oxigênio Dissolvido; NIT= Nitrito; pH.....	57
TABELA 7 - Alturas mensais de precipitação (mm) nos oito pontos de amostragem.....	57

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Resultados descritivos dos mapas de uso e ocupação do solo nas cinco coletas realizadas nos oito riachos amostrados.....	41
QUADRO 2 - Resultados descritivos dos parâmetros limnológicos nas cinco coletas realizadas nos oito riachos amostrados.....	49

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
1.3 OBJETIVO GERAL.....	12
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.5 HIPÓTESES.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 HISTÓRICO DA REGIÃO.....	13
2.2 LEGISLAÇÃO VIGENTE.....	16
2.3 BACIAS HIDROGRAFICAS.....	18
2.4 PARÂMETROS INDICADORES.....	18
2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	24
2.6 SENSORIAMENTO REMOTO.....	26
2.7 QUANTUM GIS.....	29
2.8 AQUISIÇÃO DE CENAS PARA ANÁLISE ESPACIAL.....	30
2.9 CLASSIFICAÇÃO DE CENAS.....	31
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.2 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE CENAS PARA ANÁLISE.....	34
3.3 CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA.....	35
3.4 ANÁLISES LIMNOLÓGICAS.....	37
3.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	38
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	39
4.2 PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS.....	49
4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	51
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>58</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

Os rios são ecossistemas contínuos, abertos, longitudinais e heterogêneos (WARD et al., 2002). Segundo Townsed (1996), a heterogeneidade espaço-temporal é influenciada por uma gama de fatores. A combinação e as variações da incidência desses fatores exercem influência direta na dinâmica do ecossistema (HILDREW, 1996).

O estado químico e ecológico desses ecossistemas aquáticos tem atraído grande atenção nas últimas décadas. Sob condições naturais, os rios sempre demonstraram um alto nível de complexidade e com o aumento das influências antropogênicas as características naturais da água têm sido modificadas (VREBOS et al., 2017).

Esses sistemas são caracterizados por trocas contínuas e multidirecionais que ocorrem em diferentes dimensões (WARD et al., 2002). Ecossistemas aquáticos são receptores finais de grande parte da poluição urbana e agropecuária, recebendo compostos provenientes do solo, da atmosfera e de efluentes não tratados lançados de forma inadequada. A qualidade da água é um parâmetro resultante de fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, biológicos e antropogênicos, dessa forma, é possível inferir que as condições ambientais desses ecossistemas são diretamente influenciadas pelo uso e ocupação do solo entorno do corpo d'água (SILVA, 20014). Os Sistemas de Informação Geográfica são alternativas para conhecer esses padrões, fornecendo um extenso banco de dados com informações sobre o desmatamento e queimadas, recursos hídricos, áreas agrícolas, uso e ocupação do solo e crescimento urbano.

Atualmente existem inúmeras pesquisas que visam analisar as condições do ambiente, relacionando o uso e ocupação do solo com a qualidade da água (CHAVES; SANTOS, 2009; PRADO, 2010; DING et al., 2013; FIA et al., 2015; CALIJURI et al., 2015; HUANG et al., 2016; VREBOS et al., 2017; MELLO et al., 2018). Utilizando padrões espaciais é possível realizar um levantamento da proporção de interferência do uso e ocupação na qualidade dos corpos hídricos.

A Região Hidrográfica do Paraná inclui grandes aglomerações populacionais, hidrelétricas, parques industriais e uma extensa região agropecuária, o que exerce pressão direta sobre os recursos hídricos. As relações exercidas são diretamente proporcionais aos usos da água e potenciais impactos negativos, qualitativos ou quantitativos (MMA, 2006). No contexto atual, a agricultura e o crescimento urbano são designados como a principal causa da degradação da qualidade da água (URIARTE et al., 2011, LIN et al., 2015, HUANG et al., 2016).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

É de extrema importância conhecer a realidade dos ambientes para entender as relações entre mudança de uso da terra e qualidade da água, demonstrando que a constante modificação de paisagens pode alterar negativamente a ocorrência natural da água, afetando todo o ecossistema e as comunidades presentes ao entorno. O estudo da Bacia do Baixo Iguaçu é importante pelas extensas áreas agrícolas e uso intensivo do solo na região. Além disso, provar a importância das áreas de mata ciliar é de extrema importância, já que essas desenvolvem inúmeros papéis ecológicos, fundamentais para o funcionamento do ambiente. Conhecer e estudar os parâmetros físicos e químicos da água é importante à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, no abastecimento e consumo humano, na recreação de contato primário e na irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo. Os Sistemas de Informação Geográfica são extremamente importantes para compreensão das mudanças ocorridas ao longo do tempo, fornecendo informações importantes sobre o uso e ocupação do solo.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar o comportamento de parâmetros específicos de qualidade de água sob diferentes formas de uso e ocupação do solo.

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar diferentes parâmetros físicos e químicos em oito riachos de segunda e terceira ordem da bacia do Baixo Rio Iguaçu;

Determinar uso e ocupação do solo a partir dos SIG;

Avaliar se a dinâmica de uso e ocupação do solo interferem em parâmetros físicos e químicos;

Comparar os rios em relação ao uso e ocupação e perante os parâmetros físicos e químicos.

## 1.5 HIPÓTESES

Hipótese um: há relação entre uso e ocupação do solo e parâmetros físicos e químicos;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HISTÓRICO DA REGIÃO

O Estado do Paraná localiza-se na região Sul do Brasil e possui área de 199.307,922 km<sup>2</sup>, contendo 399 municípios. O estado faz divisa com o Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e São Paulo, além de países como a Argentina e o Paraguai. Segundo o levantamento do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a população estimada do Estado para o ano de 2017 é de 11.345.302 habitantes e uma densidade demográfica de 52,40 hab/km<sup>2</sup>, no ano de 2010.

A economia paranaense é a quinta maior do Brasil e estimativas preliminares de 2016 mostram que o estado apresenta um PIB (Produto Interno Bruto) de 386.957 bilhões de reais que, segundo o IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social), correspondendo a 6,1% do PIB nacional. O estado do Paraná, destaca-se principalmente na produção de grãos e agropecuária.

A exploração econômica na região Oeste do Paraná começou em meados da década de 40, onde companhias colonizadoras receberam glebas de terras devolutas do Estado que visavam a substituição das importações e o aumento das exportações. Contudo, a ocupação mais ativa da área deu-se somente na década de 60, onde imigrantes gaúchos e catarinenses reproduziam a policultura colonial (FIGUEIREDO

et al., 1984). O processo de industrialização e a ocupação de novas “fronteiras agrícolas” deu início a expansão de capital na região pelos imigrantes, onde se enfatizava principalmente, a fertilidade do solo, o baixo preço das terras, o clima subtropical, a abundância de cursos d’água, as terras situadas em relevo plano e cobertas por matas subtropicais (ZAAR, 2004).

Desde o final do século XIX até o início do século XX, o governo permaneceu fazendo concessões a empresas estrangeiras visando a exploração da erva-mate e de madeira (PRIORI et al., 2012), após esses ciclos as áreas foram adaptadas para espaços agropecuários. O processo de modernização da agricultura brasileira consolidou-se a partir da década de 70, com a expansão dos cultivos de soja e trigo, incentivando a grande derrubada da Mata Atlântica. Concomitante ao processo de expansão estava o I e II Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, que visava proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento do Brasil. O tratado assinado entre as Repúblicas do Brasil e do Paraguai, em 23 de Abril de 1973, previa o aproveitamento dos recursos hídricos do Rio Paraná. A obra da Hidrelétrica de Itaipu inundou 1.460 quilômetros quadrados, obrigando muitas famílias a procurarem novas terras (ZAAR, 2004). Tal procura aumentou ainda mais o índice de exploração na região.

Originalmente a região era coberta por florestas em 83% do território. Os 17% restantes eram ocupados por formações não-florestais, como campos e cerrados, além de restingas, mangues e várzeas, e pela vegetação herbácea do alto das montanhas, os campos de altitude e a vegetação rupestre (MAACK, 1968). Segundo levantamento da SOS Mata Atlântica (2016), a extensão total de cobertura vegetal no Paraná é 2.283.731 hectares, equivalente a 11,60%. O estado apresenta florestas nativas e secundárias, concentradas em alguns maciços no interior do Estado e na bacia Litorânea, além de inúmeros fragmentos de vegetação distribuídos pelas bacias.

O clima no Paraná é caracterizado como subtropical úmido, dividido nas regiões da Serra do Mar e do litoral como tropical chuvoso e subtropical nas demais regiões do Estado. Na porção leste do Estado, situa-se a Serra do Mar e a Floresta Ombrófila Densa, que ainda pode ser subdividida em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Floresta Ombrófila Densa Aluvial e

Floresta Ombrófila Mista com altitude máxima de 1887m. A floresta é constantemente influenciada pelas massas de ar quente do oceano Atlântico. A oeste da serra, situa-se a região da Floresta Ombrófila Mista, subdividida em Floresta Ombrófila Mista Montana, Floresta Ombrófila Mista Aluvial (floresta de araucária), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (RODERJAN et al., 2002).

As extensas áreas de Estepe abrangem cerca de 14% da superfície do Estado. Distribuídos de forma esparsa no Estado estão as restingas litorâneas, manguezais, várzeas, campos de altitude e vegetação rupestre, onde condicionantes ambientais como os solos e os níveis de precipitação tem papel preponderante. Nas regiões oeste e norte define-se a Floresta Estacional Semidecidual onde, além da flora estar condicionada a um período de baixa precipitação, a composição florística é fortemente modificada com a queda das folhas (RODERJAN et al., 2002).

O relevo do Paraná é dividido em quatro unidades geomorfológicas, Baixada Litorânea, Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa e Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava, onde a região Oeste está localizada. A ocupação do solo nessa região foi especialmente intensa desde o início do processo de colonização, dessa forma existem poucos fragmentos da cobertura vegetal original. As atividades agrícolas desenvolvidas nessa porção do estado foram as principais responsáveis pela transformação constante da paisagem. O plantio de culturas alimentares, associados à criação de suínos e gado marcam a paisagem rural (TROPMAIR, 1990).

O Paraná possui 16 Bacias Hidrográficas e, segundo dados da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2005), a Região Hidrográfica do Paraná apresenta 879.860 km<sup>2</sup>, equivalente a 10,3% do território nacional, a terceira mais extensa do Brasil. Contudo, de acordo com a Resolução CNRH n.º 32 de 15 de outubro de 2003, são 12 Regiões Hidrográficas. As Unidades Hidrográficas são áreas que podem abranger a bacia hidrográfica como um todo, um conjunto de bacias ou parte delas, visando promover o planejamento e a gestão territorial dos recursos hídricos.

## 2.2 LEGISLAÇÃO VIGENTE

O governo desenvolveu ao longo do tempo diversas leis e normas no intuito de racionalizar e controlar os recursos hídricos. O Código Florestal Brasileiro, instituído pela lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1995, modificado pela lei n. 7.803, de 15 de agosto de 1989 e pela Lei n.12.651, de 25 de maio de 2012, define regras quanto a preservação da vegetação ao entorno dos corpos hídricos, cobertos ou não por vegetação nativa. A lei estipula formas de proteção, manejo, recuperação e uso, definidas como áreas de preservação permanente (APPs) e reservas legais (RL). As APPs são espaços territoriais protegidos de acordo com o disposto no inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal. De acordo com o Novo Código Florestal são necessárias faixas e parâmetros diferenciados para tipologias distintas de APPs:

Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012, p. 1).

Dentro dessas APPs existem faixas mínimas a serem preservadas nas margens de cursos d'água, sejam rios, nascentes, veredas, lagos ou lagoas. A norma considerava a característica e a largura do curso d'água, independente de uma área rural ou urbana. No Novo Código Florestal, os módulos fiscais existem para a definição de faixas mínimas para recomposição ou manutenção de Áreas de Preservação Permanente. Segundo a Embrapa, os módulos fiscais são unidades de medidas em hectares, onde cada município adota um valor fixo definido pelo INCRA, levando-se em conta o tipo de exploração e renda obtida.

Segundo determinação do Novo Código Florestal, propriedades rurais com diferentes hectares tornam-se obrigadas a recompor as respectivas faixas marginais de vegetação, independentemente da largura do curso d'água, levando em conta apenas o tamanho da propriedade. Com a deliberação do novo Código a zona de amortecimento nas áreas protegidas em torno de cursos d'água diminuiu consideravelmente. A perda de grande parte da zona de amortecimento fere o Decreto nº 24.643, de 10 de Julho de 1934, o Código das Águas. O Código das Águas visa sobretudo proteger a qualidade das águas, onde assegura o uso gratuito a



qualquer manancial, sendo considerado crime a contaminação que cause prejuízo a terceiros (BRASIL, 1934).

Para melhor gerenciar seus recursos hídricos o Brasil adotou no ano de 1997 a Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997), que posteriormente instituiu o Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o plano constitui-se como um planejamento estratégico, que estabelece diretrizes, metas e programas, que visam assegurar às atuais e futuras gerações a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados, com base no manejo integrado dos Recursos Hídricos. O PNRH orienta a implementação correta da Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como o Gerenciamento dos Recursos Hídricos, de forma que se encontre finalidades para o uso da água no Brasil.

Os principais objetivos do PNRH abrangem:

Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 2005, p.1).

Um importante instrumento regulamentado por essa lei menciona o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo seus usos. Dessa forma, permite-se uma gestão quantitativa e qualitativa da água por meio do controle da qualidade dos mananciais (MACIEL, 2001).

A Resolução do CONAMA, n. 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o enquadramento, além de estabelecer padrões e condições para o lançamento de efluentes. Essa resolução estabelece uma divisão das águas em classes, de acordo com a qualidade requerida para seus usos. As águas continentais são divididas em cinco classes, sendo a classe especial, um, dois e três destinadas ao abastecimento humano. A classe especial, a classe um e a classe dois também buscam a preservação dos ecossistemas, as demais podem ser destinadas à irrigação, recreação, aquicultura e navegação. (BRASIL, 2005, p. 4)

A Agência Nacional das Águas (ANA), é responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros. A federação conta com cerca de 1.500

pontos de monitoramento da qualidade de água no Brasil, que analisam de 3 a 50 parâmetros, dependendo da unidade da Federação.

### 2.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS

As Bacias Hidrográficas são consideradas como unidades geomorfológicas fundamentais, governando todo o fluxo superficial de água e captando naturalmente água de precipitação (TUCCI, 1997). São áreas de drenagem de córregos pequenos, médios e grandes rios, e todas as atividades desenvolvidas tem influência direta na qualidade e quantidade da água (TORRES et al., 2008).

Os cursos d'água agem como integradores das características da paisagem terrestre, onde realizam trocas contínuas e multidirecionais entre diferentes dimensões (CHAVES; SANTOS, 2009) (WARD et al., 2002). Na dimensão longitudinal (cabeceira – foz), o sistema situado à jusante depende de todos os processos que se desenvolvem a montante. A dimensão transversal (margem – planície) interage superfície aluvial com o rio, construindo um mosaico de habitat. As matas ciliares (vegetação ripária ou zonas ribeirinhas) são caracterizadas pelos seus inúmeros papéis ecológicos, fundamentais para o funcionamento do ambiente. Em geral, as matas ciliares são relacionadas a estabilização e filtração de margens, diversificação de habitats, prevenção de inundações, fontes de matéria orgânica e regulação de luminosidade e temperatura (RODRIGUES, 1986) (RUPPENTHAL; NIN; RODRIGUES, 2007), além de promover benefícios na qualidade da vida humana e na sobrevivência da vida aquática (SAALFELD et al., 2012) (DING et al., 2013) (YANG et al., 2016).

As zonas ribeirinhas podem contribuir para a proteção da qualidade da água, embora sejam um dos ecossistemas mais degradados do mundo (NILSSON; BERGGREN, 2000) (KUGLEROVA et al., 2014).

### 2.4 PARÂMETROS INDICADORES

A limnologia é a ciência que estuda os ambientes aquáticos continentais, como rios, lagos, reservatórios e demais áreas inundadas ou úmidas. É uma ciência interdisciplinar, apoiada em estudos físicos, químicos e biológicos do ambiente,

constituindo, portanto, variáveis presentes em um corpo d'água (DUNNE; BOARD, 1998; ESTEVES, 1998).

Segundo Esteves (1998), o ambiente aquático apresenta algumas características determinantes, tais como a concentração de nutrientes, os gases, o baixo teor de sais dissolvidos, a temperatura e a alta densidade e viscosidade da água, facilitando a locomoção dos organismos no meio aquático.

A conservação dos ecossistemas aquáticos é um dos temas centrais da limnologia atualmente. Pesquisadores visam analisar para manter e preservar as condições naturais do ambiente, de forma que os seus múltiplos usos sejam garantidos. A abordagem da avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos abrange práticas e objetivos voltados para a pesquisa ecológica, utilizando os padrões espaciais e temporais, buscando monitorar e caracterizar a estrutura e as funções do ambiente, processos fundamentais à manutenção da biodiversidade (SCRIMGEOUR; WICKLUM, 1996; BARBOSA et al., 2000).

As pesquisas ecológicas envolvem inúmeras análises que permitem avaliar as diferentes variáveis determinantes que compõem um ecossistema continental. A realização do monitoramento e a manutenção da qualidade dos corpos d'água é de vital importância em virtude do papel fundamental da água para o abastecimento dos ecossistemas naturais e artificiais (ALLEN et al., 1974).

Para realizar análises de água é necessário conhecer as métricas e os parâmetros físicos e químicos básicos, citados em diversas metodologias. Atualmente, métodos considerados confiáveis de mensuração dos parâmetros seguem metodologia propostas no livro *Standart methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 1998).

As métricas e os procedimentos apresentados no livro são alternativos e se tornam essenciais para encontrar o método mais apropriado e claro. No entanto, amostras com concentrações extremas ou que apresentam composições ou características incomuns, demonstram dificuldades que impedem o uso direto dos métodos apresentados. Portanto, algumas modificações de um procedimento podem ser necessárias em instâncias específicas (APHA, 1998).

Existem análises que se tornam essenciais para compreender o estado de um ecossistema aquático, como o Oxigênio Dissolvido (OD) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que são as principais indicadoras de poluição orgânica, sendo os parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático (BRASIL, 2006).

#### 2.4.1 Oxigênio Dissolvido

A presença ou a ausência de oxigênio no meio aquático influi categoricamente no balanço de vários nutrientes e nas diversas comunidades aquáticas, além de indicar o grau de arejamento da água. O oxigênio é importante para a respiração de plantas e animais, além de ser essencial para o processo de decomposição das substâncias orgânicas (PEDROZO; KAPUSTA, 2010). Além disso, em condições de hipóxia (baixa concentração de oxigênio), a fauna e flora aquática sofrem com as características adversas proporcionadas pelo habitat. Esta situação pode se tornar limitante com a formação de gases nocivos, tais como o gás sulfídrico e o metano, formados em condições de anaerobiose do ambiente. (ESTEVES, 1998).

Os compostos orgânicos propiciam a proliferação de bactérias e diferentes tipos de micro-organismos, que consomem os compostos orgânicos e assimilam o oxigênio através da oxidação química e bioquímica (respiração). Quanto maiores as concentrações de matéria orgânica nos cursos d'água, menores são as concentrações de oxigênio dissolvido. A falta de oxigênio provoca problemas estéticos, liberação de odores e desaparecimento de comunidades. A poluição orgânica pode ser avaliada pelo decréscimo das concentrações de oxigênio dissolvido (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997).

#### 2.4.2 Potencial Hidrogeniônico

O Potencial Hidrogeniônico (pH), indica a concentração de íons de hidrogênio em uma solução. Esses íons são formados pela dissociação da água ( $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$ ). Quando a concentração de íons  $H^+ + OH^-$  é idêntica, a solução é dita neutra. Soluções com maiores concentrações de  $H^+$  são ácidas, e básicas quando apresentam concentrações elevadas de  $OH^-$  (PEDROZO; KAPUSTA, 2010). Os valores de pH estão relacionados a fatores naturais e antropogênicos, como

dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, fotossíntese, oxidação de material orgânico, despejo de esgotos e demais efluentes. Para a manutenção da vida aquática o pH deve situar-se entre 6 e 9. Existem variações a essa recomendação, como é o caso de rios de cores fortes, resultado da presença de ácidos húmicos a partir da decomposição de vegetação (valores entre 4 e 6), esses ambientes apresentam comunidades características (referência). A acidificação pode ser um fenômeno derivado da poluição atmosférica e alcalinização da composição química das águas (BRASIL, 2006).

#### 2.4.3 Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para a vida de diferentes organismos em ambientes aquáticos, sendo um dos fatores mais importantes na regulação da produtividade primária (LAMPARELLI, 2004). A presença do fósforo está relacionada a processos naturais (carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, dissolução de rochas e chuvas) ou antropogênicos (lançamento de efluentes, fertilizantes, pesticidas e esgotos) (BRASIL, 2006).

Em águas naturais as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L. Quando as concentrações são elevadas, ocorre o fenômeno caracterizado como eutrofização. O excesso de nutrientes em corpos d'água pode facilitar o crescimento de plantas aquáticas, afetar suas características primordiais (levando à alteração no sabor, odor, turbidez e cor) e prejudicar os usos da água (LAMPARELLI, 2004; BRASIL, 2006; MOTA, 2006).

#### 2.4.4 Nitrogênio

Um dos elementos mais importantes para o metabolismo de ecossistemas aquáticos é o nitrogênio, o elemento químico pode ser encontrado sob diversas formas: íon nitrato, íon nitrito, íon amônia, nitrogênio molecular e nitrogênio orgânico. Todos estão relacionados com os processos de produção e decomposição, além de diretamente influenciados pelo comportamento térmico dos corpos d'água (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é a forma oxidada do nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose e estando presente na maioria das águas superficiais. Pode ser oriunda de

fertilizantes, fontes humanas e animais. O nitrogênio amoniacal é a somatória da amônia ( $\text{NH}_3$ ) com o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), sendo encontrado naturalmente em águas superficiais e em condições de anaerobiose, indicando a decomposição da matéria orgânica, de forma que altos níveis podem indicar poluição doméstica ou industrial. O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é a forma intermediária do processo de oxidação, sendo instável em meio aquoso. O nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) está sujeito a perdas para a atmosfera e o nitrogênio orgânico encontra-se na forma dissolvida e particulada. (BRASIL, 2006; BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

O ciclo do nitrogênio apresenta a intensa participação de bactérias, no processo de nitrificação (oxidação bacteriana da amônia a nitrito e deste a nitrato) e no de desnitrificação (redução bacteriana do nitrato ao gás nitrogênio), sendo também um dos nutrientes mais importantes para o crescimento de algas e macrófitas (facilmente assimilados). Em condições alcalinas ocorre o predomínio da amônia livre, que é bastante tóxica. O nitrato em concentrações elevadas, está relacionado à doença da metaglobinemia, onde o transporte de oxigênio na corrente sanguínea é prejudicado (BRASIL, 2006; OMS, 1978).

#### 2.4.5 Sólidos dissolvidos totais

Segundo o CETESB (2005, p. 01), os sólidos na água condizem com todo material que permanece como resíduo, após inúmeras metodologias de processamento. As formas de processamento/secagem determinam as frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis).

Os sólidos dissolvidos permanecem em solução após a filtração e são constituídos por partículas de inferior a  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$ . A entrada de sólidos nos rios ocorre de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (esgotos e lançamento de lixo) (BRASIL, 2006). Concentrações de sólidos fora dos padrões podem causar danos aos peixes e à vida aquática. A sedimentação no leito do rio pode destruir formas de vida primárias ou danificar os leitos de desova dos peixes, além de terem o poder de reter bactérias e resíduos orgânicos, promovendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2005).

#### 2.4.6 Turbidez

A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma determinada solução. O grau de interferência à passagem da luz decorre da presença de material em suspensão (BRASIL, 2006; CETESB, 2005).

As águas dos rios brasileiros apresentam uma característica naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias, do uso de práticas agrícolas inadequadas e dos altos índices pluviométricos. A turbidez natural está geralmente compreendida na faixa de 3 a 500 unidades, porém, para fins de potabilidade, deve ser inferior a uma unidade (BRASIL, 2006).

#### 2.4.7 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica representa uma expressão numérica da capacidade da água de conduzir correntes elétricas. A variável é influenciada pela temperatura e pelas concentrações iônicas (presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em cátions e ânions). Concentrações iônicas elevadas fornecem oportunidade para a ação eletrolítica (BRASIL, 2006; CETESB, 2005).

A condutividade além de indicar a quantidade de sais existentes no corpo d'água, representa uma medida indireta da concentração de poluentes, indicando modificações ocorridas na composição da água. O lançamento de efluentes relaciona-se a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD), onde à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta (BRASIL, 2006; CETESB, 2005; LIBÂNEO, 2010).

Os valores devem ser expressos em unidades de resistência (S - Siemens) por unidade de comprimento (geralmente cm). Corpos d'água naturais apresentam valores de condutividade concentrados entre 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes modificados ou poluídos por esgotos os valores podem ultrapassar 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (BRASIL, 2006; CETESB, 2005; LIBÂNEO, 2010).

#### 2.4.8 Temperatura

Segundo BRASIL (2006, p. 45), a temperatura a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. Variações de temperatura fazem parte de um regime climático natural, onde os corpos d'água apresentam variações diurnas e sazonais. A temperatura é influenciada por fatores como a latitude, altitude, estação do ano, período do dia, vazão e profundidade. Os fatores antropogênicos, como os despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas também exercem grande influência (SPERLING, 2005).

Essa variável desempenha um importante papel de controle no meio aquático, influenciando a velocidade das reações químicas, as atividades metabólicas dos organismos e a solubilidade de substâncias. Alguns organismos apresentam limites de tolerância térmica, possuindo temperaturas ótimas para o desenvolvimento da espécie. Temperaturas fora dos gradientes térmicos podem prejudicar a migração, desova, incubação e o próprio processo de reprodução, além de acarretar a redução do oxigênio dissolvido da água pela aceleração do metabolismo dos organismos (CETESB, 2005; BRASIL, 2006; AZEVEDO, 1999).

#### 2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Desde os primórdios o homem percebeu a importância e as vantagens da análise de territórios. É de suma importância conhecer para preservar, por esta razão, para iniciar estudos e projetos que visem a conservação da biodiversidade é necessário descrevê-la, mapeá-la e medi-la (MARGULLES; PRESSEY, 2000).

Mecanismos de sensoriamento remoto eram utilizados com câmeras em plataformas, pipas e pombos, até o início da Primeira e da Segunda Guerra Mundial, quando o uso civil das fotografias aéreas se tornou essencial, onde câmeras, filmes e equipamentos de interpretação da superfície da Terra tornaram-se cada vez mais sofisticados (BLITZKOW et al., 2008). As técnicas utilizadas na aquisição e manipulação de informações geográficas combinam formas de sintetização, pesquisa e edição.



Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), são sistemas que permitem o uso da informação geográfica (dados com coordenadas espaciais). Particularmente, os SIG permitem a visualização, consulta, cálculo e análise dos dados espaciais, que são divididos principalmente em estrutura de dados vetorial ou *raster*. O vetor é formado por pontos, linhas ou polígonos, e cada objeto pode ter um ou mais valores de atributo; um *raster* é uma grade (ou imagem) onde cada célula/pixel tem um valor de atributo (FISHER; UNWIN, 2005). Diversos programas SIG utilizam imagens *raster* oriundas do sensoriamento remoto.

O mapeamento do uso e da cobertura do solo é extremamente importante para compreensão das mudanças ocorridas ao longo do tempo, uma vez que o meio ambiente está em constante transformação. A partir da década de 1970, o uso de sensoriamento remoto (imagens de radar e de satélite) revolucionou os levantamentos de cobertura vegetal no Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006), esses levantamentos e mapeamentos constituem uma importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão.

Formas de uso e de manejo inadequadas têm sido os principais fatores responsáveis pelo desmatamento dos principais biomas brasileiros (PRADO, 2010). O uso e a ocupação do solo têm importância fundamental no ciclo hidrológico e na ocorrência natural da água, trabalhando como modificadores ambientais. Intervenções humanas, como o desmatamento e a urbanização são os principais meios de modificação, sendo que a qualidade da água está intimamente relacionada a contaminação de mananciais (VON SPERLING, 2005).

A má gestão do uso e da ocupação do solo, aliada ao crescimento da população, à expansão industrial e o aumento contínuo de áreas destinadas à agropecuária, tem provocado um constante decréscimo na qualidade da água de rios, lagos e reservatórios. É comum observar grandes cidades instaladas perto de grandes rios, tal qual as atividades da agroindústria. Todas as atividades antropogênicas desenvolvidas no entorno do rio contribuem para a deterioração da qualidade de água (MOSCUZZA, 2007; MENEZES et al., 2014; FIA et al., 2015; XIAO et al., 2016).

A escala de utilização do solo também é de extrema importância. Em uma pequena escala, é possível conhecer como um tipo de uso da terra pode estar

afetando a qualidade da água de um determinado local. Aliando os parâmetros em uma escala maior, é possível verificar como todas as formas de ocupação estão afetando uma cidade ou uma bacia. Alguns pesquisadores sugerem a análise na escala de bacias hidrográficas, enquanto outros defendem a escala de buffers ripários ou buffers circulares (XIAO et al., 2016). A eficiência de captura pode ser diferente dependendo do tipo de vegetação e dos parâmetros das bacias hidrográficas, incluindo tipo de solo, velocidade de fluxo e declive. Syversen (2005) estudou o efeito da faixa de proteção em um experimento de campo e concluiu que zonas de amortecimento de menos de 100 de largura reduzem as concentrações de diferentes parâmetros estudados (LI et al., 2009; SAHU et al., 2009).

Existem diferentes programas e inúmeros satélites para realizar a captação das imagens, dessa forma a variação no padrão de escalas e na qualidade de imagem pode gerar resultados diferentes. É de extrema importância que a escala espacial adequada seja selecionada ao analisar a relação entre padrão de paisagem e qualidade (XIAO et al., 2016).

## 2.6 SENSORIAMENTO REMOTO

Segundo o INPE (2018a), o termo Sensoriamento Remoto pode ser entendido como: utilização de sensores para obtenção de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. O sensoriamento remoto orbital é um sistema de coleta de dados sobre o ambiente terrestre a partir de sensores encontrados a bordo de satélites.

Os sensores remotos são sistemas ópticos, eletrônicos e fotográficos capazes de detectar o fluxo de energia radiante emitido por objetos distantes, sob forma de imagens ou dados. Esses sensores são colocados a bordo de satélites, aeronaves ou outras plataformas. A partir do registro da superfície do planeta é possível analisar as interações entre a radiação eletromagnética e os componentes do planeta (NOVO, 2008).

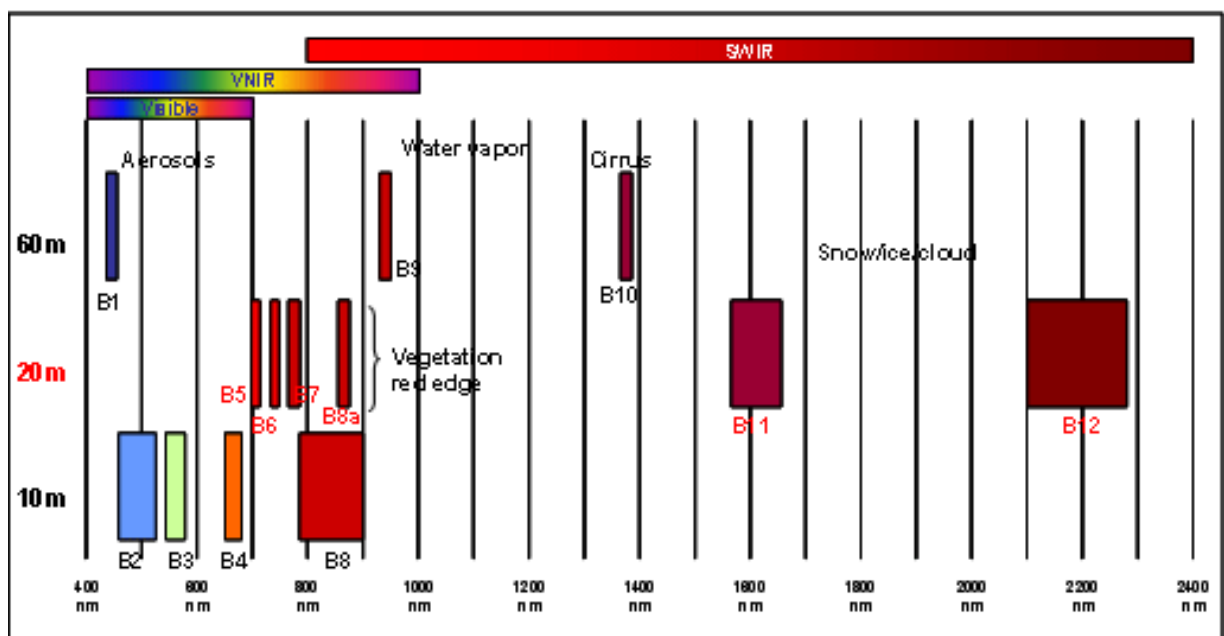
Os sensores podem ser ativos, como radares e sonares, produzindo sua própria energia, ou passivos, como sistemas fotográficos, necessitando de fontes

externas para a captação dos dados, como por exemplo, a energia solar (FITZ, 2008; INPE, 2018a).

Os dados e imagens coletadas são gerados a partir do registro da energia eletromagnética. Toda matéria que produz uma temperatura superior a zero emite radiação eletromagnética. A radiação emitida ao incidir sobre a superfície de outra matéria pode passar pelos processos de emissão, reflexão, absorção e transmissão, que ocorrem de forma simultânea. Quando absorvida, a energia é reemitida em diferentes comprimentos de onda. A intensidade relativa dos processos citados caracteriza o material investigado (INPE, 2018a).

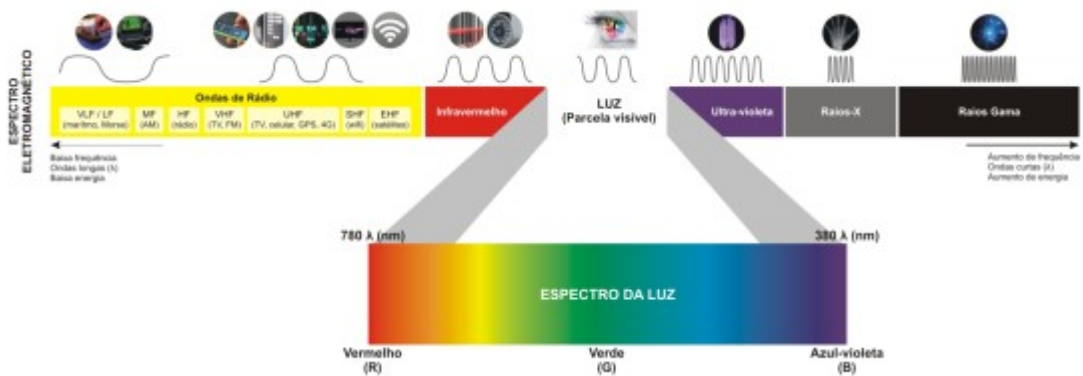
Diferentes substâncias possuem características químicas e físicas diferentes, fazendo com que esses quatro processos apresentem diferentes intensidades nas regiões do espectro. Os comprimentos de onda nos quais a radiação é reemitida são utilizados na identificação dos alvos, caracterizando o comportamento espectral (FIGURA 1) (GALO et al., 2002; INPE, 2018a). O comportamento espectral depende da estação do ano, das propriedades físicas e químicas dos objetos, de fatores exógenos e da própria radiância do alvo (SLATER, 1980).

Figura 1. Resoluções espaciais das bandas do SENTINEL-2 e comprimentos de onda nos quais a radiação é reemitida.



As principais faixas do espectro eletromagnético, com grande importância para o Sensoriamento Remoto estão em comprimentos de onda entre 700 nanômetros a 1 milímetro (infravermelho) e 380 a 750 nanômetros (visível) (FIGURA 2). A radiação infravermelha é absorvida facilmente pela maioria das substâncias, o que causa o efeito de aquecimento, demonstrando as diferentes temperaturas de cada objeto (AEB, 2008). O espectro na faixa do visível é capaz de produzir a sensação de visão para o olho humano, apresentando excelente correlação com a experiência visual do pesquisador (INPE, 2018a).

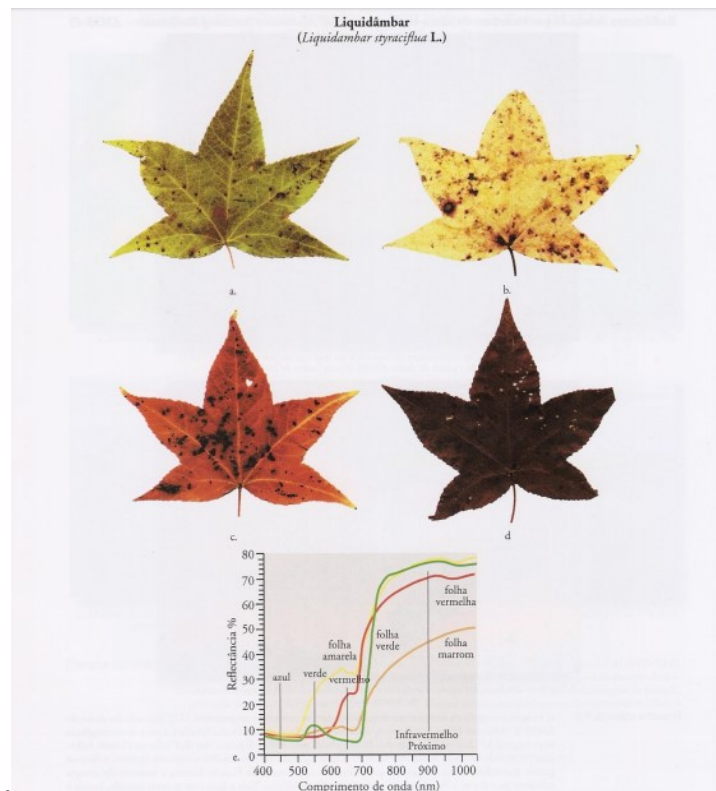
FIGURA 2. Distribuição de cores do espectro visível.



Fonte: Estudo da Cor (2018).

O comportamento espectral da vegetação é determinado pela clorofila, apresentando alta absorção de energia eletromagnética dentro do espectro visível. A alta reflectância acontece devido à estrutura celular, onde o conteúdo de água na vegetação modula as bandas (FIGURA 3).

FIGURA 3. Representação da modulação das bandas a partir das características físicas, químicas e biológicas de *Liquidambar styraciflua* L.



Fonte: JENSEN (2009).

As características e composições químicas, biológicas e mineralógicas oriundos dos fatores e processos de formação de cada tipo de solo estão diretamente relacionados com o seu comportamento espectral (AEB, 2008). Assim, a mineralogia da fração argila, o tamanho das partículas, a quantidade de matéria orgânica e de óxidos de ferro, além da rugosidade da superfície e umidade do solo, constituem os principais elementos que afetam o comportamento espectral dos solos (DALMOLIN et al. 2005).

## 2.7 QUANTUM GIS

O Quantum GIS (QGIS) é um SIG gratuito e licenciado pela *General Public License* (GNU). O QGIS permite a manipulação de dados espaciais em diferentes escalas, possuindo uma interface simples e com várias ferramentas específicas de edição vetorial e *raster*, possibilitando visualizar, editar, gerenciar e analisar dados. O

programa suporta diferentes bases de dados geográficos e permite consultas espaciais e exploração interativa de dados (ALMEIDA, 2011).

O QGIS acessa bibliotecas GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) e possibilita acesso a bancos de dados de imagens PNG (*Portable Network Graphics*) e JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) (SILVA Jr, 2018). Além de permitir o geoprocessamento de camadas *raster* e vetoriais, inclui a sobreposição, recorte, buffer, amostragem, interpolação, análise de parâmetros morfológicos e gestão das geometrias dos dados associados (ALMEIDA, 2011).

Muitas funcionalidades do programa podem ser ampliadas através de plug-ins. Além dos instalados automaticamente com o programa, existe uma plataforma disponível para busca e instalação de outros *plug-ins* (ALMEIDA, 2011).

## 2.8 AQUISIÇÃO DE CENAS PARA ANÁLISE ESPACIAL

Com a grande demanda e evolução das tecnologias e sistemas de informação, em particular na área da observação da terra, agências internacionais criaram plataformas específicas onde os satélites assumem um papel extremamente importante enquanto fontes de informação. Em 3 de Abril de 2014 a União Europeia (UE) criou o programa Copernicus. Este programa, implementado pela UE em conjunto com a Agência Espacial Europeia (ESA) e seus Estados-Membros (EMs), busca a observação e monitorização da Terra (em meio oceânico, terrestre e atmosférico, supervisionando também alterações climáticas e desastres naturais). O programa disponibiliza informação geográfica, com qualidade e alto nível de atualização (CAETANO et al., 2015).

A plataforma internacional USGS – Earth Explorer apresenta um banco de dados operado pelo U.S. Geological Survey, disponibilizando informação geográfica de forma parecida ao programa Copernicus. Ambos os programas incluem todas as imagens do Landsat e do Sentinel-2. Os satélites Sentinel 2A e Sentinel 2B possuem um ciclo de translação de cinco dias (sendo que a frequência de revisita pode ser aumentada devido a sobreposição entre faixas orbitais) e dez dias para Estados que solicitem os serviços do Copernicus. Os satélites fornecem bandas espectrais na faixa

do visível e do infravermelho de ondas curtas (LEFEBVRE; SANNIER; CORPETTI, 2016; ESA, 2018).

O programa brasileiro CBRS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) nasceu em uma parceria entre o país e a China. A família de satélites de sensoriamento remoto trouxe avanços científicos significativos ao Brasil, possuindo um banco de dados importante para o controle do desmatamento e queimadas, o monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas, uso e ocupação do solo e crescimento urbano (INPE, 2018c).

## 2.9 CLASSIFICAÇÃO DE CENAS

O processo de classificação semi-automática possibilita uma classificação pixel a pixel, utilizando a informação espectral de cada região. Procura-se simular o comportamento de um intérprete, reconhecendo as áreas homogêneas e heterogêneas das cenas, baseado no conhecimento prévio e nas propriedades espectrais (INPE, 2018b).

Segundo o INPE (2018b), para iniciar o processo de classificação multiespectral é necessário treinamento, para então reconhecer a assinatura espectral das classes. Existem duas formas de treinamento: supervisionado e não supervisionado. Quando o intérprete possui subsídios que permitem a identificação de uma região de interesse, é dito supervisionado. Ao utilizar algoritmos para distinguir as classes, o treinamento é dito não supervisionado.

Ao definir áreas para o treinamento não-supervisionado, o usuário não deve se preocupar com a homogeneidade das classes. As áreas escolhidas devem ser heterogêneas para assegurar que todas as possíveis classes e suas variabilidades sejam incluídas. Os "*pixels*" dentro de uma área de treinamento são submetidos a um algoritmo de agrupamento ("*clustering*") que determina o agrupamento do dado, numa feição espacial de dimensão igual ao número de bandas presentes. Este algoritmo assume que cada grupo ("*cluster*") representa a distribuição de probabilidade de uma classe (INPE, 2018b, não paginado).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

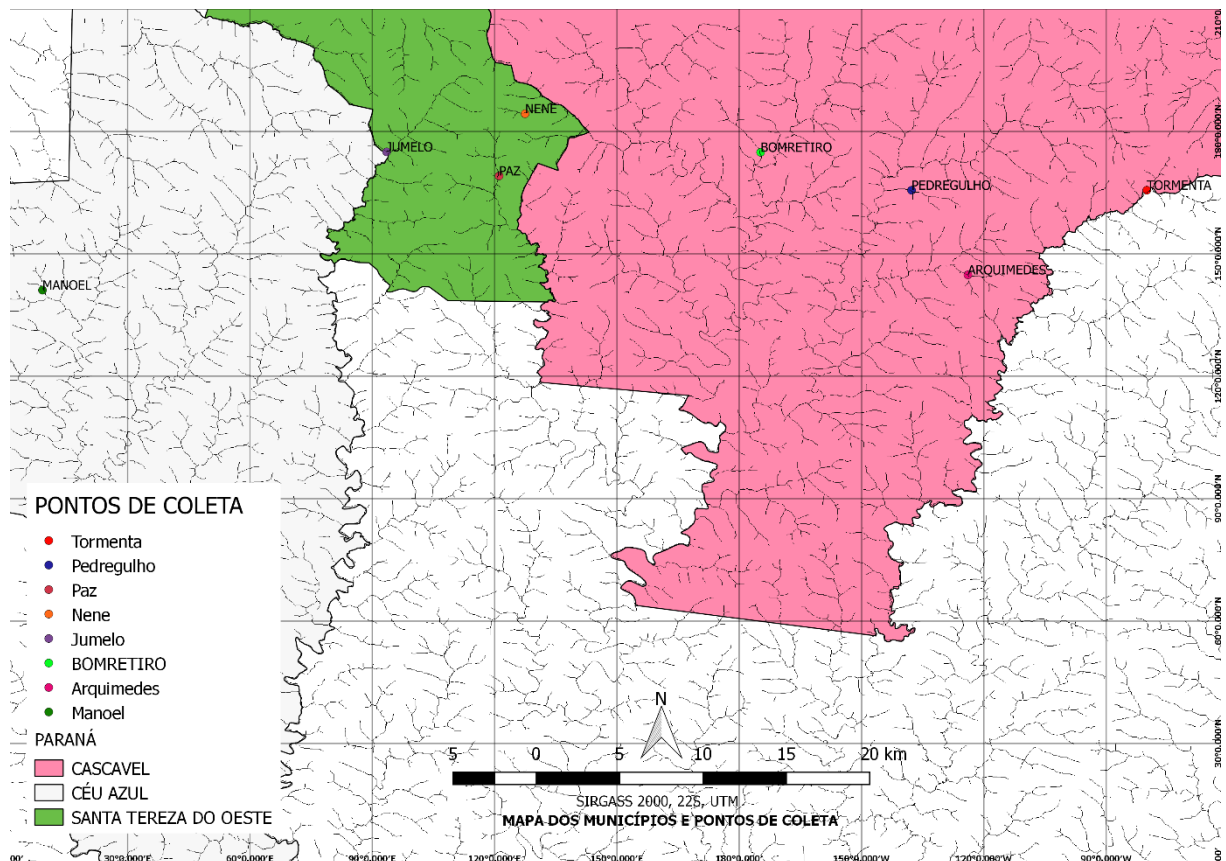
Os municípios de Cascavel, Céu Azul e Santa Tereza do Oeste estão localizados na mesorregião Oeste do Estado do Paraná, entre as coordenadas de Latitude Sul 24° 57' 20" S e Longitude Oeste 53° 27' 19" O (Cascavel), 25° 22' 24" S 54° 2' 33" O (Céu Azul), 25° 03' 08" S 53° 37' 59" O (Santa Tereza do Oeste).

Entre Cascavel, Céu Azul e Santa Tereza do Oeste foram escolhidos oito afluentes ao Norte da Bacia do Baixo Rio Iguaçu (FIGURA 4). Os riachos escolhidos foram Arquimedes, Bom Retiro, Jumelo, Manoel Gomes (Céu Azul, dentro do Parque Nacional do Iguaçu, PNI), Nene, Paz, Pedregulho (Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN) e Tormenta (TABELA 1). Todos os afluentes são de segunda ou terceira ordem e fazem parte de uma rede temática de pesquisas.

A bacia do Baixo rio Iguaçu apresenta clima subtropical úmido, mesotérmico. Com verão quente e sem estação seca no inverno (Cfa), segundo a classificação climática Köppen-Geiger. As precipitações anuais estão entorno de 1.900 mm (AZEVEDO, 2006). A bacia possui uma área de 26,596 Km<sup>2</sup>, abrangendo 72 municípios. O estudo busca comparar as classes de uso e ocupação do solo, excluindo das análises os períodos de seca e chuva. Dados de precipitação são utilizados para embasar a discussão do trabalho.



FIGURA 4. Mapa dos municípios e dos oito pontos de amostragem escolhidos ao Norte da Bacia do Baixo Iguaçu.



Fonte: o Autor (2018).

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Local	Coordenadas
Manoel Gomes	214779.890034 X - 7214111.87769 Y
Pedregulho	2669841.076 X – 7221710.586 Y
Arquimedes	270469.3805 X – 7216177.479 Y
Jumelo	235323.5552 X – 7223666.144 Y
Bom Retiro	257849.4671 X – 7224061.036 Y
Rio da Paz	242126.3721 X – 7222211.575 Y
Tormenta	281146.105 X – 7221949.648 Y
Nene	243615.7921 X – 7226349.991 Y

Fonte: o Autor (2018).

### 3.2 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE CENAS PARA ANÁLISE

Para a elaboração dos mapas das microbacias hidrográficas do Oeste do Paraná utilizou-se o Sistema de Coordenadas SIRGASS 2000, fuso 22S, com coordenadas planas em Universal Transversa Mercator – UTM. As bases cartográficas foram obtidas a partir de uma iniciativa do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O projeto é batizado de Mapa Índice Topodata e disponibiliza dados como altitude, declividade e orientação de vertentes do país em Modelos Digitais de Elevação (SCUSSEL, 2013, não paginado).

As imagens de satélite foram obtidas a partir do Programa Copernicus no EO Browser. Ao todo são treze bandas com resoluções espaciais de 10 a 60 metros, onde cada pixel representa uma área do terreno. As bandas 8A, 4, 3 e 2 apresentam alta definição e garantem um melhor monitoramento do uso da terra e da temática da cobertura do solo (LEFEBVRE, SANNIER; CORPETTI, 2016).

Foram utilizadas as bandas multiespectrais 8A, 4, 3 e 2 de alta resolução (2610 x 1290 *pixels*). As cenas da região de interesse foram capturadas nos meses de Abril, Setembro e Novembro de 2016, do mesmo modo em abril de 2017 e Abril de 2018. O principal critério de seleção das cenas foi o adensamento de nuvens, buscando as que possuíam cobertura inferior à 1%.

O processamento das cenas foi realizado a partir do QGIS, versão 2.18.13, utilizando o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin*. As imagens foram carregadas em modo *raster* de edição e na ferramenta de *Preprocessing*, submetidas à uma correção atmosférica (simultaneamente sendo convertidas para reflectância), visando amenizar os efeitos atmosféricos de radiância da energia eletromagnética, (SONG et al., 2001, TANRÉ et al., 1990).

A escolha das bandas e a criação de uma camada virtual foi realizada na ferramenta *Band Set*. Inicialmente a composição selecionada das bandas foi RGB colorida, sendo a composição de cor verdadeira (bandas 4, 3 e 2) e de falsa cor (bandas 8A, 4 e 3), onde é possível identificar contraste entre vegetação e demais alvos.

A delimitação e a criação dos mapas das bacias hidrográficas da região foram feitas utilizando o QGIS e Modelos Digitais de Elevação (MDE). A cena foi obtida com coordenadas planas em UTM (superfície plana) e delineada para um MDE (superfície curva). Para representar uma superfície plana em curva são necessárias formulações matemáticas chamadas de projeções.

O processo envolve carregar a imagem em um arquivo *raster* e em seguida selecionar um *Sistema de Referência de Coordenadas*, utilizando primeiramente o sistema EPSG: 3226. Posteriormente a cena foi reprojetaada (*Raster – Projeções – Reprojetaar*) para o sistema EPSG: 4674 e por fim para o SIRGASS 2000, 22S (EPSG: 31997). Por fim, utilizando o algoritmo *watershed* criamos arquivos de dados com base no tamanho das bacias de interesse, gerando arquivos *rasters* delimitando as microbacias e os cursos d'água da região.

### 3.3 CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA

Utilizando um dos complementos do QGIS é possível realizar a classificação semiautomática de forma simples. O SCP é um *plugin* de código *python* desenvolvido por Luca Congedo (2016), que facilita a classificação supervisionada e não-supervisionada.

A classificação utilizada para as cenas dos satélites Sentinel 2A e Sentinel 2B utilizando o algoritmo do tipo Máxima Verossimilhança.

$$(gk(x) = \ln p(Ck) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_k| - \frac{1}{2} (x - y_k)^T \Sigma^{-1} (x - y_k))$$

A partir do *SCP – Classification Dock – Roi – Active Roi Pointer*, pode-se iniciar o processo de classificação, coletando amostras das cenas (a partir da assinatura espectral). As amostras foram divididas em (1) Vegetação Nativa, (2) Reflorestamento, (3) Agricultura, (4) Solo exposto. Utilizando a ferramenta *Roi Creation* é possível criar uma camada com as assinaturas selecionadas, facilitando a pré-visualização.

Posteriormente com a utilização da ferramenta *classification algorithm*, foi possível classificar a cena e as amostras selecionadas por algoritmos. A ferramenta calcula a probabilidade de um *pixel* pertencer ou não à uma determinada amostra,

levando em conta a assinatura espectral. Para fins de teste foram utilizados três algoritmos, onde comparamos a cena inicial com o algoritmo gerado, utilizando por fim o tipo Máxima Verossimilhança, onde na comparação final o algoritmo identificou e separou cada classe de forma mais apropriada.

Após o término da classificação obteve-se um arquivo *raster*, completando a classificação na bacia estudada. Os arquivos gerados para as microbacias e cursos d'água foram sobrepostos na classificação das amostras, buscando a elaboração de uma carta de uso e ocupação do solo para toda a região de interesse.

A escolha dos pontos de coleta foi feita a partir da visualização das áreas. Inicialmente criamos uma camada *shaperfile* utilizando o sistema de coordenadas SIRGASS 2000, 22S (EPSG: 31997). Os códigos EPSG foram criados pelo Grupo de Pesquisa Petrolífera Européia – European Petroleum Survey Group (EPSG) para organizar um sistema referente as coordenadas geográficas por códigos, os chamados Códigos EPSG, sendo possível identificar projeções de qualquer lugar do mundo através do padrão EPSG (Processamento Digital, 2013, não paginado).

Em seguida, utilizando a ferramenta para a criação de feições, escolhemos as áreas de influência. A partir dos pontos escolhidos criamos os *buffers* com o complemento MMQGIS, um conjunto de *plugins python* criado para manipular camadas de mapas vetoriais no QGIS. É possível realizar processos de geocodificação, conversão de geometria, *buffering*, simplificação, modificação e animação simples nos arquivos vetoriais. Utilizando o complemento foi estipulando uma área de raio de 1 Km em torno de cada ponto de coleta dos dados limnológicos. Por fim, geramos dados sobre todos os *buffers* criados, obtendo a porcentagem de Vegetação Nativa, Reflorestamento, Agricultura e Solo exposto em cada ponto coletado.

A criação dos mapas contidos no trabalho foi realizada utilizando a ferramenta Compositor de Impressão, do próprio QGIS. O programa disponibiliza todos componentes necessários para a criação dos mapas em questão.

### 3.4 ANÁLISES LIMNOLÓGICAS

As análises limnológicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água e Limnologia (LAQAL), na Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina.

Nas primeiras quatro coletas (1 – outono, 2 – inverno, 3 – verão, 4 – verão), dos nove parâmetros analisados (TABELA 2), pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais foram estimados *in loco* com o suporte dos equipamentos Horiba. Na quinta coleta (5 - outono) o pH e a temperatura foram estimados *in loco* e o oxigênio dissolvido fixado em campo, sendo posteriormente processado no laboratório.

A coleta de água seguiu um procedimento padrão: lavagem de vidraria por três vezes com a água da própria amostra e o cuidado ao coletar, evitando ao máximo as bolhas. Por fim as amostras foram acondicionadas sob refrigeração em uma caixa térmica de isopor com gelo, sendo levadas posteriormente até o laboratório.

As análises das amostras exigem sempre máxima cautela para evitar qualquer alteração, resultantes dos processos de amostragem, preservação e determinação (BICUDO; BICUDO, 2004).

TABELA 2. Análises limnológicas realizadas em *in loco* e *ex situ*.

Análise	Metodologia	Equipamento
pH		Multi-parameter Water Quality Meters U-50 Series
Condutividade		Multi-parameter Water Quality Meters U-50 Series
Temperatura		Multi-parameter Water Quality Meters U-50 Series
Turbidez		Multi-parameter Water Quality Meters U-50 Series
Nitrito	APHA, 2005	S-2000 - Espectrofotômetro
Amônia	APHA, 2005	S-2000 - Espectrofotômetro
Ortofosfato	APHA, 2005	S-2000 - Espectrofotômetro
Oxigênio Dissolvido (OD)	Método Modificado de Winkler (MACÊDO, 2005)	Multi-parameter Water Quality Meters U-50 Series
Sólidos Totais	APHA, 2005	Multi-parameter Water Quality Meters U-50 Series

Fonte: o Autor (2018).

### 3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Para conhecer as supostas interações entre as variáveis de qualidade de água as classes de uso e ocupação do solo em cada coleta foi aplicado o método de ordenação direta, chamada Análise de Redundância – RDA (RAO, 1973). A RDA é uma forma de ordenação restrita que examina quanto da variação no conjunto de variáveis independentes explica a variação no conjunto de variáveis dependentes. Cada variável tem definida as suas coordenadas, ou seja, valores do eixo X e do eixo Y, para representação na projeção gráfica da ordenação. Sendo que, a localização das variáveis já foi calculada levando-se em conta, as distancias entre elas, o que irá determinar a influência de uma sobre a outra.

Afim de testar as relações entre os parâmetros limnológicos nos pontos amostrados foi calculado o Coeficiente de Correlação de Person ( $r$ ). As correlações significativas (tanto positivamente quanto negativamente) foram submetidas a classificação de Hopkins (2008), que estabelece classes para o Coeficiente de Correlação:  $0,0 < r \leq 0,1$  (Muito baixa),  $0,1 < r \leq 0,3$  (Baixa)  $0,3 < r \leq 0,5$  (Moderada),  $0,5 < r \leq 0,7$  (Alta),  $0,7 < r \leq 0,9$  (Muito alta) e  $0,9 < r \leq 1,0$  (Extremamente Alta). As análises de correlação foram realizadas no R-3.5.0 *for Windows*.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O levantamento do uso e ocupação do solo em todos os riachos amostrados é apresentado entre as Figuras 5 e 12, Tabela 3 e Quadro 1, as quais indicam a distribuição das classes analisadas no presente estudo: agricultura, solo exposto e cobertura vegetal (nativa e não nativa).

TABELA 3. Percentuais das diferentes classes de uso e ocupação do solo em oito riachos na bacia do Baixo Iguaçu durante o período de estudo (Junho de 2016 até Abril de 2018).

Classificação	Ocupação da área (%)					Médias
	06/2016	09/2016	11/2016	03/2017	04/2018	
<b>Arquimedes</b>						
Agricultura	35,85	27,98	20,49	24,98	32,23	28.30
Solo Exposto	16,56	23,14	33,73	29,11	11,09	22.72
Vegetação Nativa	40,50	44,63	43,81	39,48	47,96	43.27
Não Nativa	7,09	4,25	1,97	6,43	8,71	5.69
<b>Bom Retiro</b>						
Agricultura	45,80	45,80	46,75	37,83	63,87	48.01
Solo Exposto	22,39	22,39	22,05	31,84	8,57	21.44
Vegetação Nativa	31,65	31,65	30,44	29,53	25,33	29.72
Não Nativa	0,16	0,16	0,76	0,78	2,21	0.81
<b>Jumelo</b>						
Agricultura	36	20,45	37	41	35,46	33.98
Solo Exposto	21	35,48	24	15	11,35	21.36
Vegetação Nativa	39	41,78	37	41	50,63	41.88
Não Nativa	4	2,29	2	3	2,56	2.77
<b>Manoel Gomes</b>						
Agricultura	0	0	0	0	0	0
Solo Exposto	0	0	0	0	0	0
Vegetação Nativa	89,10	95,61	95,10	96,54	98,59	94.98
Não Nativa	10,90	4,39	4,90	3,46	1,5	5.03
<b>Nene</b>						
Agricultura	63	59,9	26,45	82,63	79,99	62.39
Solo Exposto	26	28,9	65,25	3,14	3,01	25.26
Vegetação Nativa	10	12,2	8,12	13,61	16,54	12.09
Não Nativa	1	0,01	1,76	5,97	1	1.94
<b>Paz</b>						
Agricultura	48,70	34,70	48,50	63,36	60,91	51.23
Solo Exposto	20,46	34,05	21,59	4,61	2,13	16.56
Vegetação Nativa	28,36	31,02	27,44	31,12	35,26	30.64
Não Nativa	2,47	2,15	2,47	1	1,69	1.95
<b>Pedregulho</b>						
Agricultura	13,38	8,50	9,93	12	2	9.16
Solo Exposto	1,09	8,54	6,05	4	4	4.73
Vegetação Nativa	78,22	81	81,60	84	93	83.56
Não Nativa	7,31	1,96	2,43	0	0	2.34
<b>Tormenta</b>						
Agricultura	48,03	42,32	30,16	28,86	70,56	43.98
Solo Exposto	33,33	31,36	58,10	49,97	1,07	34.76
Vegetação Nativa	14,85	21,94	15,87	16,66	20,84	18.03
Não Nativa	3,79	4,36	3,87	4,51	7,53	4.81

Fonte: o Autor (2018).

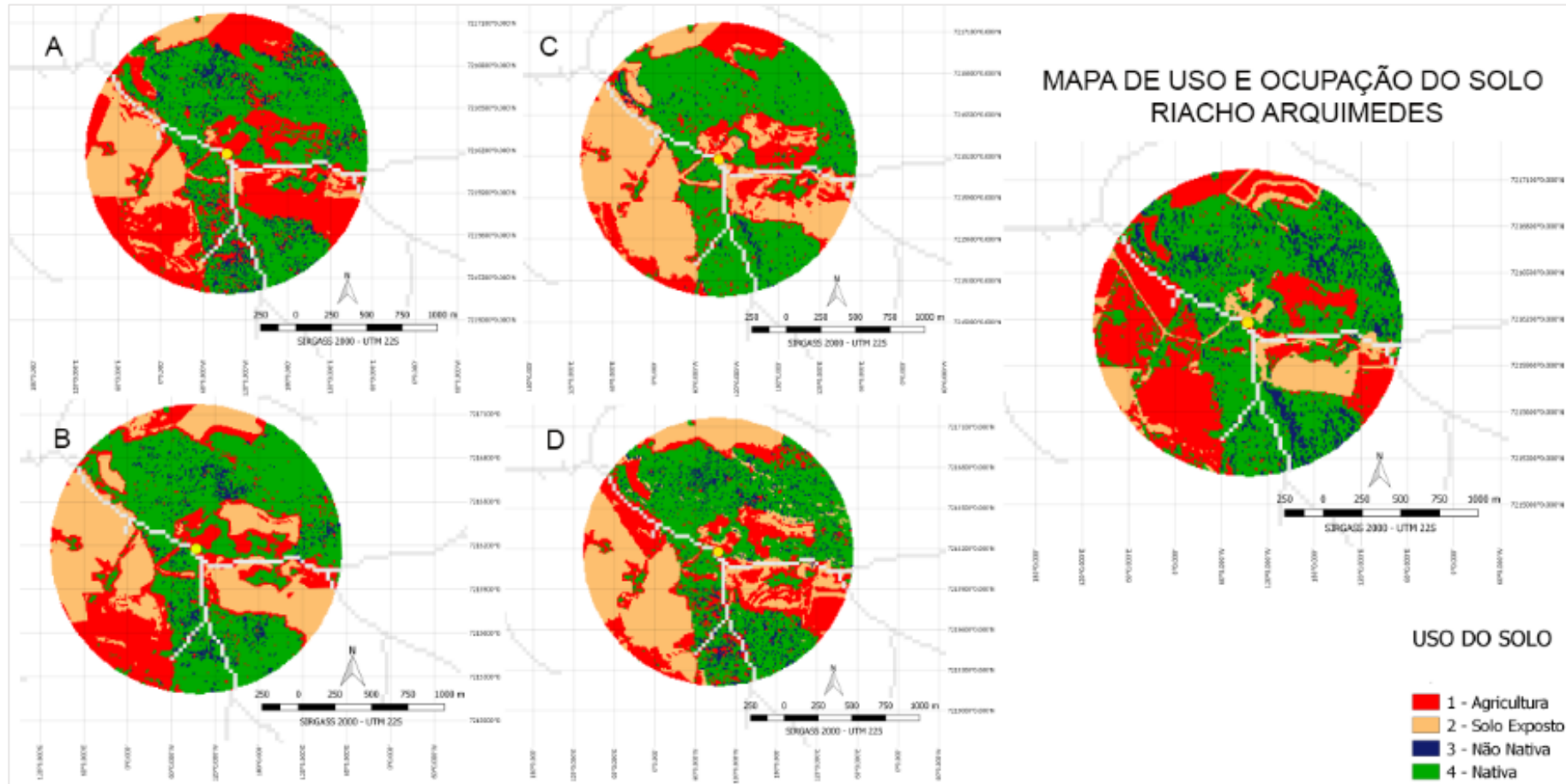
QUADRO 1. Resultados descritivos dos mapas de uso e ocupação do solo nas cinco coletas realizadas nos oito riachos amostrados.

<b>Riacho ARQUIMEDES</b>	Mudanças decorrentes da prática agrícola; variação entre as áreas de solo exposto e plantio. A suposta presença de árvores caducas e espécies exóticas na região, além do desmatamento seletivo pode explicar as diferenças nas porcentagens de vegetação. A área de mata ciliar está presente em pequenas porcentagens.
<b>Riacho BOM RETIRO</b>	Matriz predominantemente agrícola, variações entre as porcentagens de solo exposto e agricultura. A parcela de mata ciliar é pequena e distribui-se de forma irregular pela área nos três anos do estudo.
<b>Riacho JUMELO</b>	Em sua margem direita o está localizado o Parque Nacional do Iguaçu, apresentando mais de 35% de mata preservada durante os três anos consecutivos. A matriz agrícola também é dominante, ocupando mais de 50% do território. A suposta presença de árvores caducas e espécies exóticas na região, além do desmatamento seletivo pode explicar as diferenças nas porcentagens de vegetação.
<b>Riacho MANOEL GOMES</b>	Encontra-se dentro do Parque Nacional do Iguaçu, localizado há mais de 2,5km da recepção do parque em Céu Azul. A área de influência observada não apresenta resquícios de solo exposto e área agrícola, sendo considerada uma matriz ecológica natural.
<b>Riacho NENE</b>	O mais impactado entre os pontos de amostragem, apresentando sempre variações entre áreas agrícola e de solo exposto. Por três anos consecutivos a agricultura mostrou-se dominante, atingindo porcentagens acima de 70%. A mata ciliar possui uma área extremamente pequena.
<b>Riacho PAZ</b>	Considerado um corpo d'água impactado. De acordo com os meses de monitoramento a área de estudo dentro do raio de 1Km foi ocupada principalmente pela prática agrícola. A presença de área florestada é notável, atingindo sempre porcentagens de 25% para cima, contudo, a mata ciliar ocupa uma área extremamente diminuta.
<b>Riacho PEDREGULHO</b>	Encontra-se dentro das margens de uma RPPN, onde as porcentagens de área florestada atingiram os 90%, demonstrando uma área protegida. Apesar de existirem ambientes de plantação e solo nu, a mata ciliar é extensa.
<b>Riacho TORMENTA</b>	Os percentuais das classes de uso e ocupação do solo no riacho mostram uma matriz predominantemente agrícola e impactada. A área é dominada por períodos de safra e pousio, possuindo pouquíssimos resquícios de mata ciliar.

Fonte: o Autor (2018).

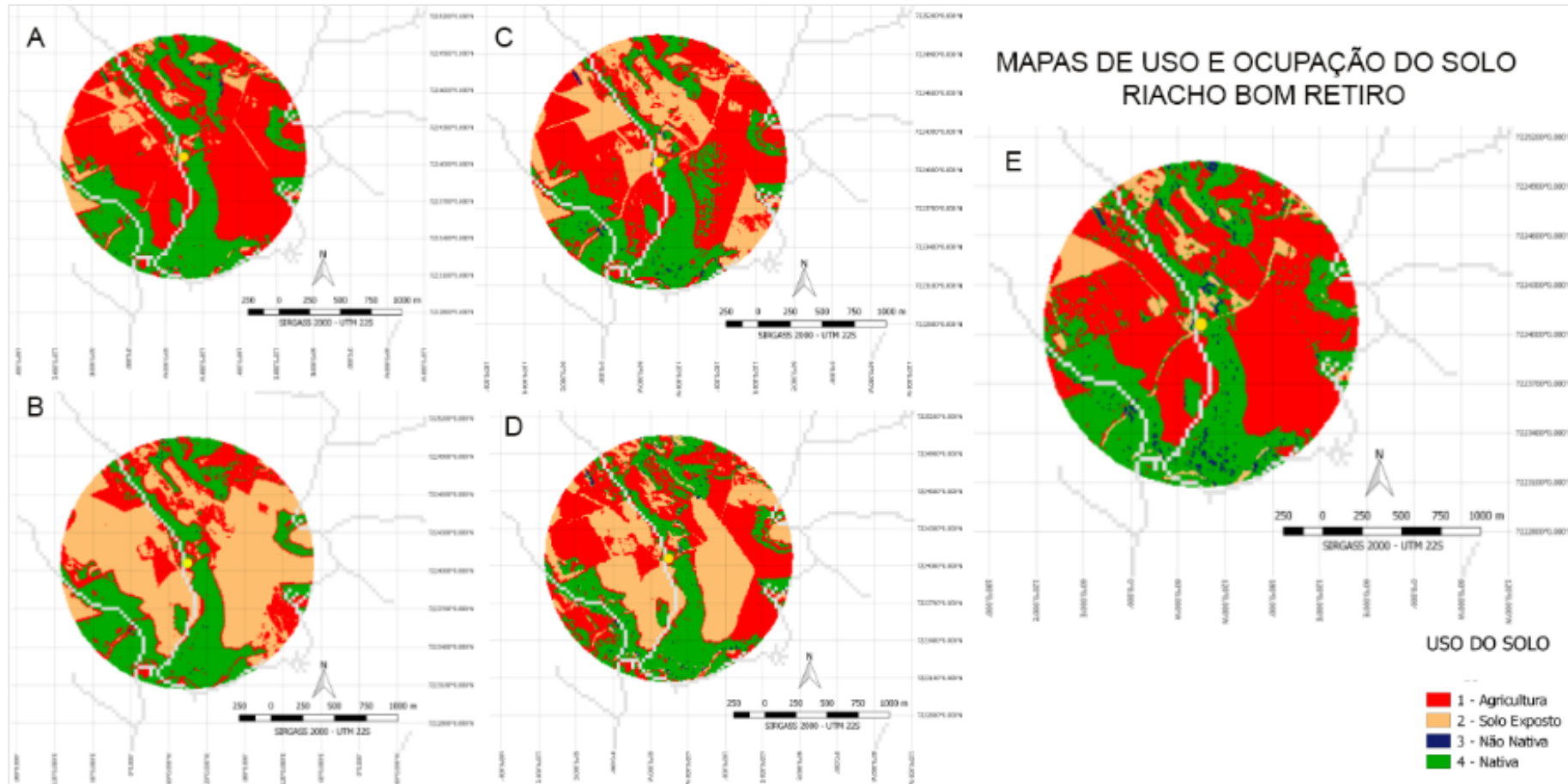


FIGURA 5. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Arquimedes nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



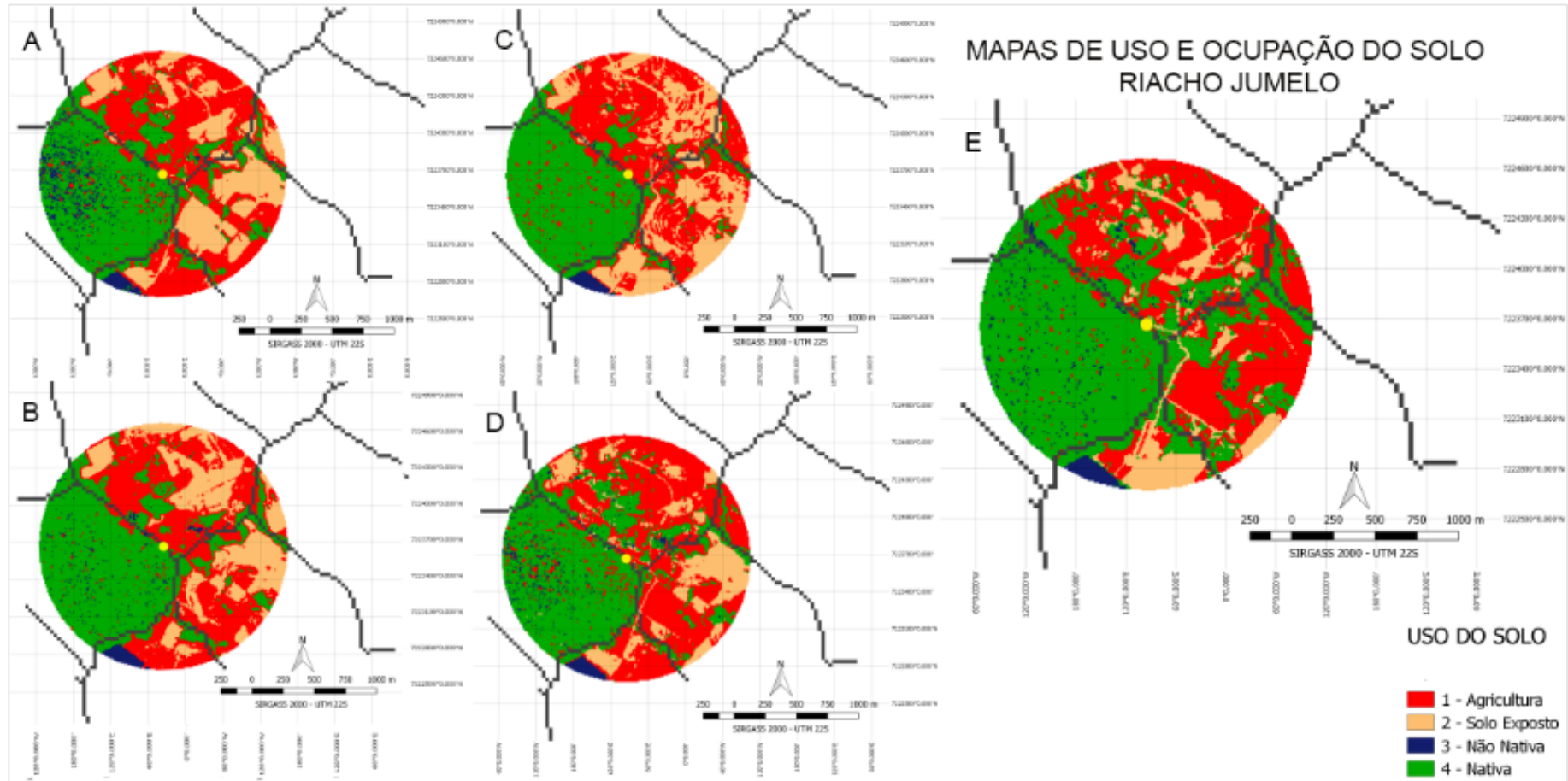
Fonte: o Autor (2018).

FIGURA 6. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Bom Retiro nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



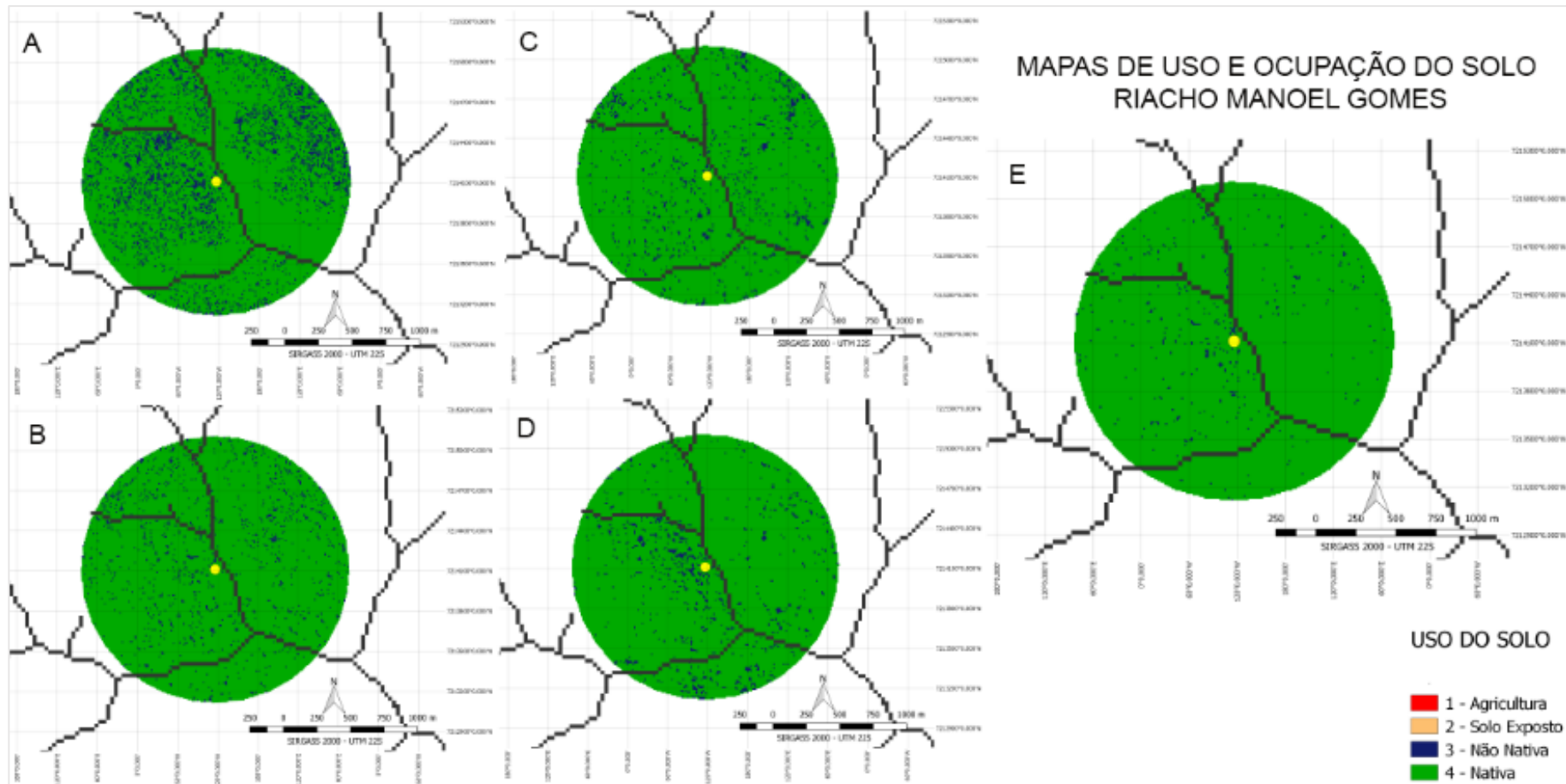
Fonte: o Autor (2018).

FIGURA 7. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Jumelo nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



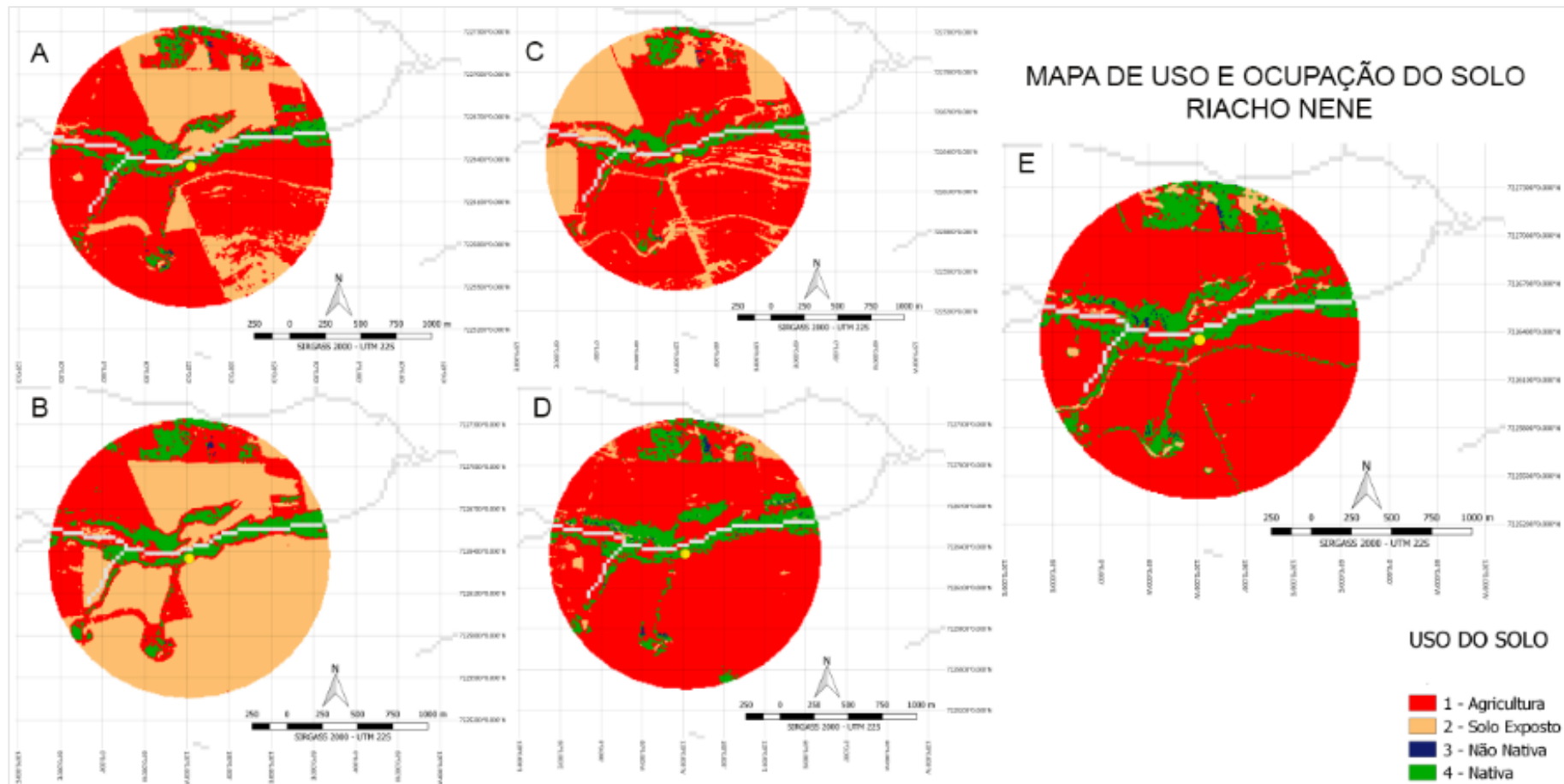
Fonte: o Autor (2018).

FIGURA 8. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Manoel Gomes nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



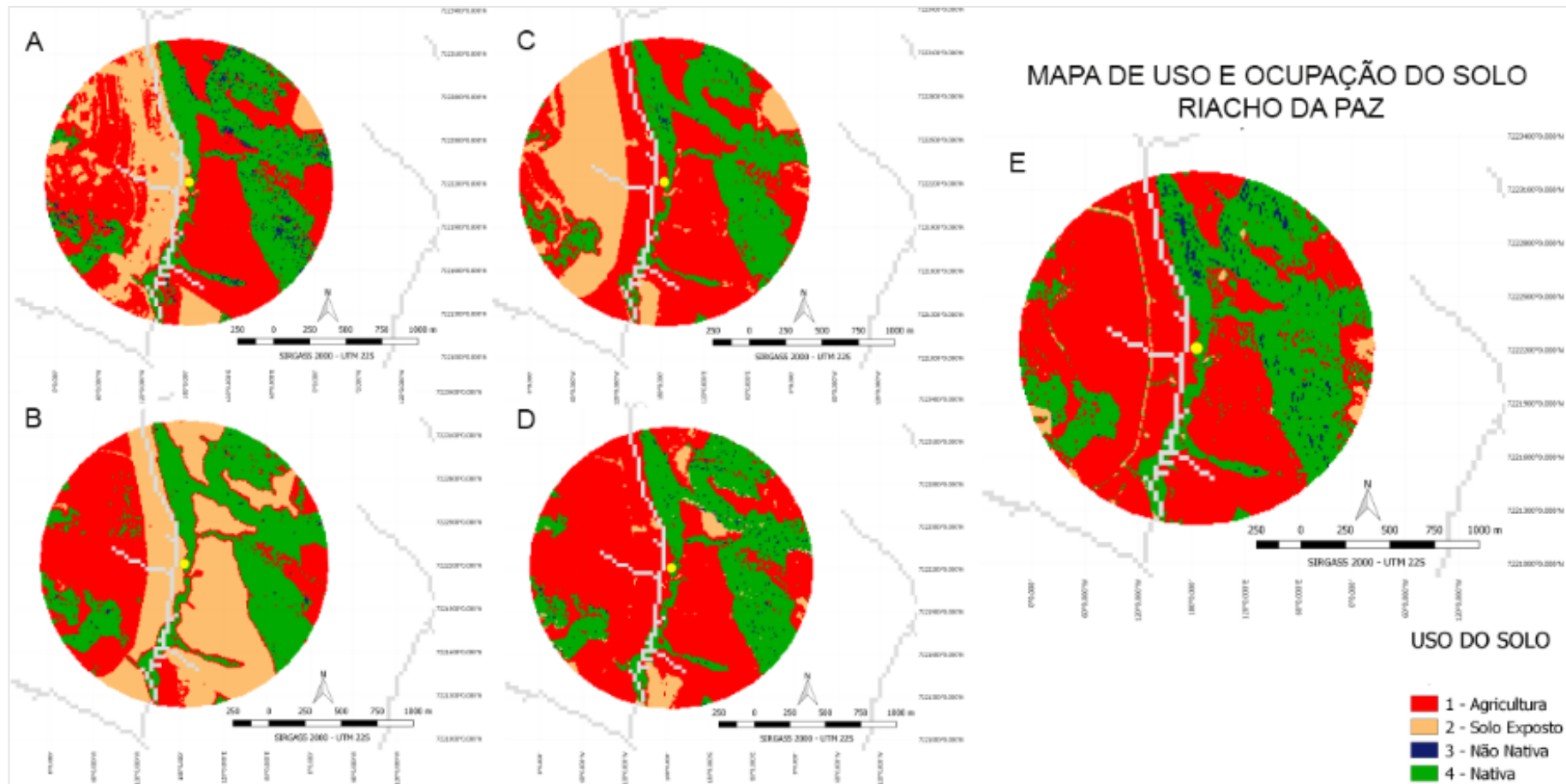
Fonte: o Autor (2018).

FIGURA 9. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Nene nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



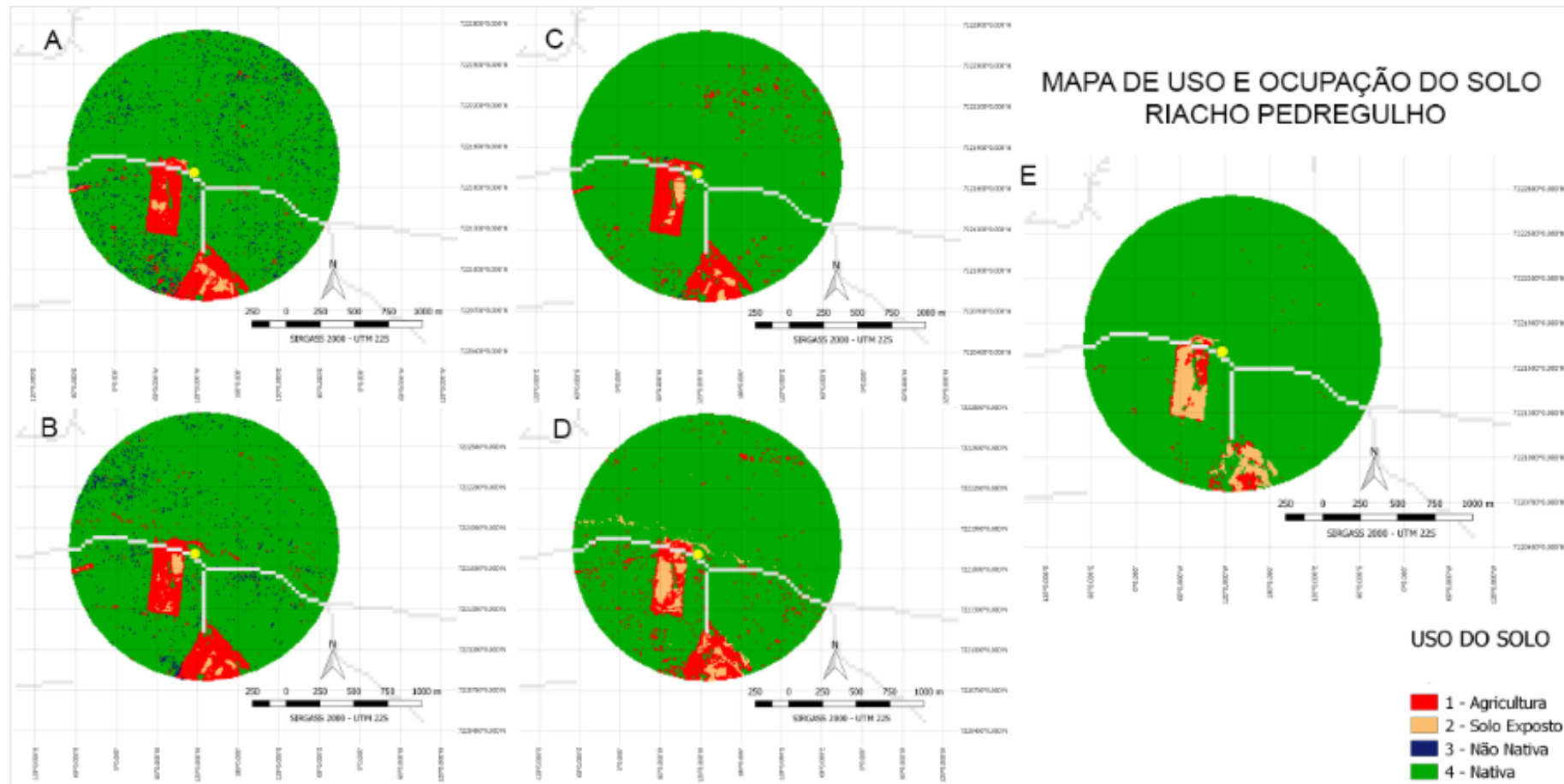
Fonte: o Autor (2018).

FIGURA 10. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio da Paz nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



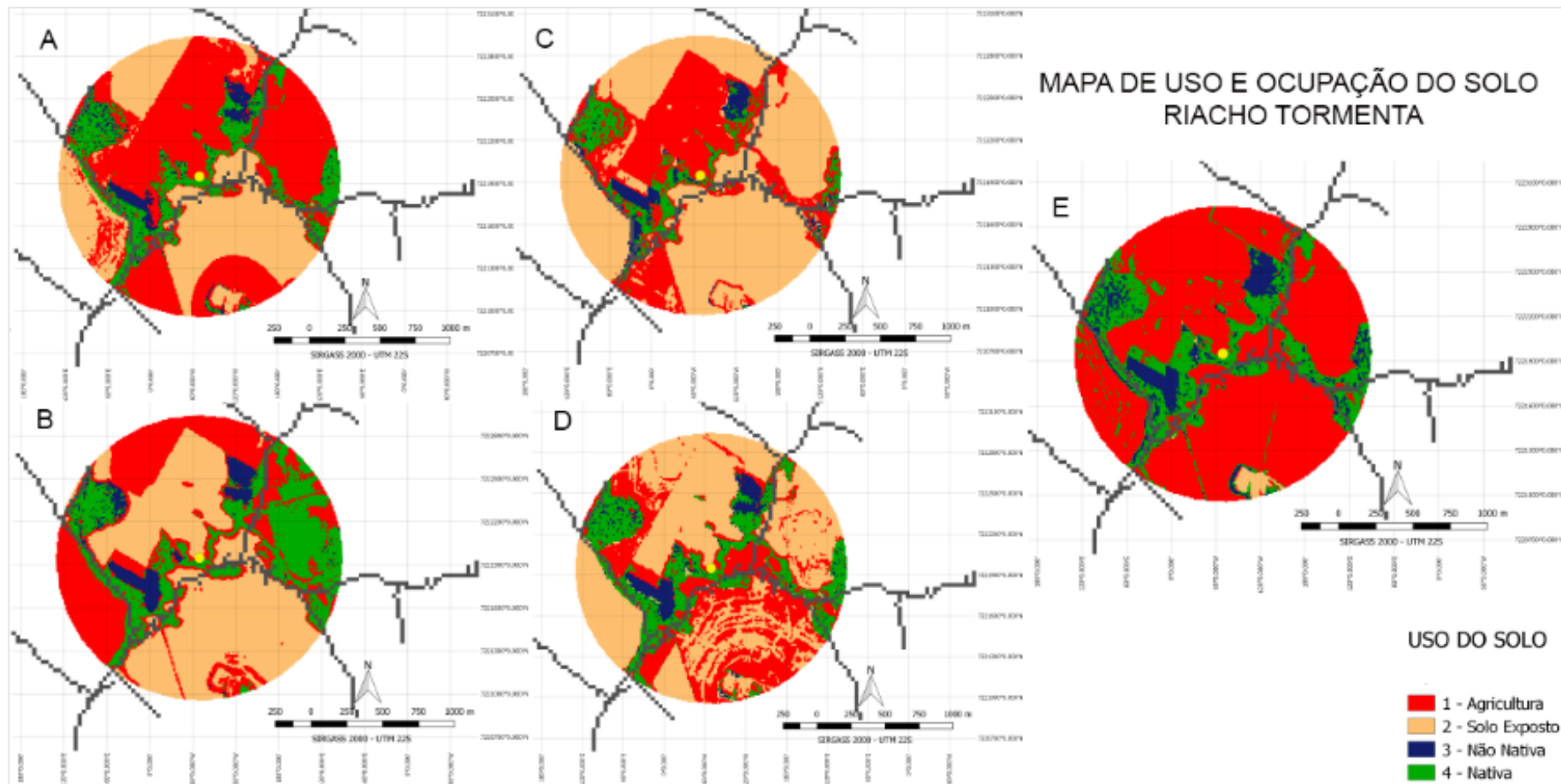
Fonte: o Autor (2018).

FIGURA 11. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Pedregulho nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2016 e Abril de 2018, delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



Fonte: o Autor (2018).

FIGURA 12. Detalhamento do uso e ocupação do solo no Rio Tormenta nos meses de Junho, Setembro e Novembro de 2016, Março de 2017 e Abril de 2018 delimitando 1 km de raio entorno dos pontos de amostragem. A= 06/2016; B= 09/2016; C= 11/2016; D= 03/2017; E= 04/2018.



Fonte: o Autor (2018).



## 4.2 PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS

QUADRO 2. Resultados descritivos dos parâmetros limnológicos nas cinco coletas realizadas nos oito riachos amostrados.

<b>RIACHO ARQUIMEDES</b>	O riacho Arquimedes apresentou os menores valores para pH, condutividade e sólidos totais na primeira coleta. Na segunda coleta apresentou os maiores valores de ortofosfato e turbidez. A partir da quarta coleta os parâmetros demonstraram-se mais alterados no riacho Arquimedes, onde foram encontrados os maiores valores de condutividade, amônia e temperatura. Esse corpo d'água também apresentou as menores concentrações de oxigênio dissolvido e o menor pH. Na última coleta os valores de turbidez e amônia foram os mais elevados.
<b>RIACHO BOM RETIRO</b>	Na primeira coleta de dados físicos e químicos, o riacho Bom Retiro apresentou os maiores valores de sólidos totais, nitrito e temperatura. Na segunda coleta, continuou apresentando os maiores valores de sólidos totais e temperatura, além das maiores concentrações de nitrito e a menor concentração de oxigênio dissolvido. Na terceira coleta se manteve como o corpo d'água com mais parâmetros alterados, exibindo os maiores valores de turbidez, sólidos totais e nitrito. Os valores de nitrito e sólidos totais permaneceram como os mais elevados no riacho na quarta coleta. Os valores de sólidos totais continuaram altos na última coleta.
<b>RIACHO JUMELO</b>	Na quarta coleta o riacho apresentou um pH superior a 8,00.
<b>RIACHO MANOEL GOMES</b>	O riacho Manoel Gomes alcançou os maiores valores ortofosfato na primeira coleta. O riacho Manoel Gomes apresentou as maiores concentrações de oxigênio dissolvido e a menor temperatura em todas as amostragens realizadas.
<b>RIACHO NENE</b>	O riacho Nene apresentou o maior valor de pH na primeira coleta. Na terceira coleta as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram encontradas no riacho Nene, junto com a maior temperatura. Na quinta e última coleta os valores de condutividade e nitrito foram maiores, o pH apresentou os menores valores.
<b>RIACHO PAZ</b>	Na última coleta a maior temperatura foi encontrada no riacho.
<b>RIACHO PEDREGULHO</b>	Na segunda coleta apresentou o menor pH. Na última coleta as concentrações de oxigênio dissolvido foram as menores.
<b>RIACHO TORMENTA</b>	O riacho Tormenta apresentou a menor concentração de oxigênio dissolvido e o maior valor de turbidez na primeira coleta. Na segunda coleta apresentou os maiores valores de ortofosfato e turbidez. A turbidez continuou como a mais elevada na quarta coleta.

Fonte: o Autor (2018).

TABELA 4. Parâmetros físicos e químicos da água e os valores médios  $\pm$  desvio padrão nos oito pontos de coleta e nos cinco períodos de amostragem. Os números equivalem ao período de amostragem das coletas. 1= 06/2016; 2= 09/2016; 3= 11/2016; 4= 03/2017; 5= 04/2018.

PONTOS/COLETAS	T°C	OD (mg/L)	pH	Condutividade (mS/m)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totais (g/L)	Amônia (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Ortofosfato (mg/L)
ARQUIMEDES1	17.14 $\pm$ 0.18	10.10 $\pm$ 1.13	6.54 $\pm$ 0.57	0.019 $\pm$ 0.013	20.03 $\pm$ 3.55	0.012 $\pm$ 0.009	0.000 $\pm$ 0.000	0.009 $\pm$ 0.0012	0.049 $\pm$ 0.006
ARQUIMEDES2	19.87 $\pm$ 0.24	8.90 $\pm$ 0.49	6.71 $\pm$ 0.26	0.036 $\pm$ 0,003	8.78 $\pm$ 0,82	0.024 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0	0.005 $\pm$ 0,001	0.082 $\pm$ 0,04
ARQUIMEDES3	18.58 $\pm$ 1.42	8.19 $\pm$ 0,51	6.91 $\pm$ 0,32	0.035 $\pm$ 0,006	6.80 $\pm$ 0,75	0.023 $\pm$ 0,003	0.000 $\pm$ 0	0.006 $\pm$ 0,001	0.008 $\pm$ 0,007
ARQUIMEDES4	22.75 $\pm$ 0.32	8.98 $\pm$ 0,78	6.99 $\pm$ 0,16	0.070 $\pm$ 0,16	15.27 $\pm$ 1,51	0.009 $\pm$ 0,002	0.014 $\pm$ 0,0006	0.001 $\pm$ 0,0006	0.000 $\pm$ 0
ARQUIMEDES5	NA	7.13 $\pm$ 0,23	6.95 $\pm$ 0	0.039 $\pm$ 0,0017	75.60 $\pm$ 0,36	0.093 $\pm$ 0,006	0.006 $\pm$ 0,0039	0.006 $\pm$ 0,0007	0.000 $\pm$ 0
BOM RETIRO1	18.42 $\pm$ 0.27	9.10 $\pm$ 0,43	7.18 $\pm$ 0,50	0.066 $\pm$ 0,026	17.86 $\pm$ 5,93	0.042 $\pm$ 0,017	0.000 $\pm$ 0	0.034 $\pm$ 0	0.050 $\pm$ 0,004
BOM RETIRO2	20.52 $\pm$ 0,18	7.84 $\pm$ 0,71	6.76 $\pm$ 0,07	0.073 $\pm$ 0,014	13.91 $\pm$ 0,34	0.048 $\pm$ 0,009	0.000 $\pm$ 0	0.023 $\pm$ 0,0007	0.063 $\pm$ 0,017
BOM RETIRO3	21.65 $\pm$ 0,22	8.28 $\pm$ 0,92	6.83 $\pm$ 0,02	0.080 $\pm$ 0	16.20 $\pm$ 6,08	0.052 $\pm$ 0	0.0000 $\pm$ 0	0.012 $\pm$ 0,0006	0.022 $\pm$ 0,002
BOM RETIRO4	22.38 $\pm$ 0,89	9.08 $\pm$ 0,35	7.12 $\pm$ 0,35	0.046 $\pm$ 0,015	15.63 $\pm$ 5,24	0.028 $\pm$ 0,010	0.009 $\pm$ 0	0.005 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0
BOM RETIRO5	NA	7.13 $\pm$ 0,23	6.90 $\pm$ 0	0.079 $\pm$ 0,0008	31.70 $\pm$ 0,28	0.213 $\pm$ 0,181	0.005 $\pm$ 0,0009	0.010 $\pm$ 0,002	0.000 $\pm$ 0
JUMELO1	15.75 $\pm$ 0,06	9.75 $\pm$ 0,28	7.24 $\pm$ 0,13	0.029 $\pm$ 0,005	11.27 $\pm$ 2,4	0.019 $\pm$ 0,0007	0.000 $\pm$ 0	0.004 $\pm$ 0	0.035 $\pm$ 0,005
JUMELO2	19.04 $\pm$ 0,39	8.44 $\pm$ 1,16	6.82 $\pm$ 0,35	0.034 $\pm$ 0,002	13.44 $\pm$ 0,74	0.022 $\pm$ 0,001	0.000 $\pm$ 0	0.006 $\pm$ 0,0007	0.024 $\pm$ 0,001
JUMELO3	20.30 $\pm$ 0,19	8.47 $\pm$ 0,85	6.87 $\pm$ 0,48	0.032 $\pm$ 0,003	9.06 $\pm$ 1,07	0.021 $\pm$ 0,001	0.000 $\pm$ 0	0.004 $\pm$ 0	0.010 $\pm$ 0,001
JUMELO4	20.76 $\pm$ 0,16	9.26 $\pm$ 0,87	8.00 $\pm$ 0,18	0.036 $\pm$ 0,001	10.29 $\pm$ 0,38	0.023 $\pm$ 0	0.002 $\pm$ 0,0006	0.001 $\pm$ 0,0006	0.000 $\pm$ 0
JUMELO5	20 $\pm$ 0	7.07 $\pm$ 0,62	6.17 $\pm$ 0,29	0.033 $\pm$ 0,0013	13.60 $\pm$ 1,55	0.073 $\pm$ 0,015	0.002 $\pm$ 0,0012	0.002 $\pm$ 0,0001	0.000 $\pm$ 0
MANOEL1	13.45 $\pm$ 0,15	10.56 $\pm$ 0,52	7.35 $\pm$ 0,16	0.039 $\pm$ 0,004	8.90 $\pm$ 0,37	0.026 $\pm$ 0,0007	0.000 $\pm$ 0	0.007 $\pm$ 0,0006	0.090 $\pm$ 0,004
MANOEL2	15.41 $\pm$ 0,09	9.90 $\pm$ 1,77	6.66 $\pm$ 0,57	0.043 $\pm$ 0	16.04 $\pm$ 1,69	0.028 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0	0.009 $\pm$ 0,0007	0.022 $\pm$ 0,001
MANOEL3	16.61 $\pm$ 0,40	9.24 $\pm$ 0,39	6.97 $\pm$ 0,16	0.050 $\pm$ 0	5.00 $\pm$ 2,95	0.032 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0	0.004 $\pm$ 0	0.016 $\pm$ 0,001
MANOEL4	19.42 $\pm$ 0,25	10.34 $\pm$ 1,77	7.69 $\pm$ 0,41	0.037 $\pm$ 0,012	10.60 $\pm$ 3,76	0.022 $\pm$ 0,006	0.003 $\pm$ 0,0006	0.001 $\pm$ 0,0006	0.000 $\pm$ 0
MANOEL5	18.5 $\pm$ 0	8.67 $\pm$ 0,11	6.17 $\pm$ 0,29	0.038 $\pm$ 0,0005	13.97 $\pm$ 2,34	0.147 $\pm$ 0,064	0.005 $\pm$ 0,0017	0.001 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0
NENE1	16.12 $\pm$ 0,14	9.45 $\pm$ 0,86	7.40 $\pm$ 0,21	0.027 $\pm$ 0,004	6.04 $\pm$ 0	0.017 $\pm$ 0,002	0.000 $\pm$ 0	0.004 $\pm$ 0,001	0.044 $\pm$ 0,0031
NENE2	18.83 $\pm$ 0,10	8.20 $\pm$ 0,68	6.75 $\pm$ 0,16	0.020 $\pm$ 0	5.58 $\pm$ 0,33	0.013 $\pm$ 0,0003	0.000 $\pm$ 0	0.006 $\pm$ 0	0.009 $\pm$ 0
NENE3	22.18 $\pm$ 0,32	7.72 $\pm$ 0,74	6.88 $\pm$ 0,21	0.020 $\pm$ 0,001	6.15 $\pm$ 4,91	0.013 $\pm$ 0,0007	0.000 $\pm$ 0	0.001 $\pm$ 0,0006	0.000 $\pm$ 0
NENE4	21.47 $\pm$ 0,24	9.17 $\pm$ 0,18	7.37 $\pm$ 0,44	0.020 $\pm$ 0,005	6.47 $\pm$ 0,47	0.012 $\pm$ 0,003	0.010 $\pm$ 0,0017	0.000 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0
NENE5	20.5 $\pm$ 0	7.27 $\pm$ 0,30	5.00 $\pm$ 0,5	0.197 $\pm$ 0,0007	5.94 $\pm$ 1,25	0.090 $\pm$ 0,03	0.002 $\pm$ 0,0006	0.012 $\pm$ 0,0003	0.000 $\pm$ 0
PAZ1	17.24 $\pm$ 0,24	9.02 $\pm$ 0,63	7.31 $\pm$ 0,06	0.045 $\pm$ 0,001	12.33 $\pm$ 0	0.030 $\pm$ 0,0005	0.004 $\pm$ 0	0.005 $\pm$ 0	0.004 $\pm$ 0
PAZ2	17.34 $\pm$ 0,21	8.55 $\pm$ 0,55	6.53 $\pm$ 0,26	0.037 $\pm$ 0	13.55 $\pm$ 1,00	0.024 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0	0.009 $\pm$ 0,0007	0.016 $\pm$ 0,001
PAZ3	21.73 $\pm$ 0,16	8.13 $\pm$ 0,74	6.96 $\pm$ 0,28	0.038 $\pm$ 0	10.93 $\pm$ 2,00	0.025 $\pm$ 0,0004	0.000 $\pm$ 0	0.007 $\pm$ 0,001	0.000 $\pm$ 0,0003
PAZ4	20.25 $\pm$ 0,10	9.18 $\pm$ 0,23	7.47 $\pm$ 0,25	0.034 $\pm$ 0,01	16.31 $\pm$ 0,74	0.022 $\pm$ 0,007	0.012 $\pm$ 0,0015	0.004 $\pm$ 0,0006	0.000 $\pm$ 0
PAZ5	21.50 $\pm$ 0	7.27 $\pm$ 0,30	5.60 $\pm$ 0	0.029 $\pm$ 0,0003	8.53 $\pm$ 1,26	0.085 $\pm$ 0,09	0.003 $\pm$ 0,0015	0.002 $\pm$ 0,0002	0.000 $\pm$ 0
PEDREGULHO1	17.32 $\pm$ 0,55	9.35 $\pm$ 0,46	6.78 $\pm$ 0,55	0.021 $\pm$ 0,009	12.63 $\pm$ 3,16	0.013 $\pm$ 0,006	0.053 $\pm$ 0,09	0.006 $\pm$ 0,0006	0.066 $\pm$ 0,0042
PEDREGULHO2	17.34 $\pm$ 0,39	9.07 $\pm$ 0,60	6.02 $\pm$ 0,65	0.031 $\pm$ 0	7.61 $\pm$ 0,70	0.020 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0	0.007 $\pm$ 0	0.068 $\pm$ 0,019
PEDREGULHO3	21.43 $\pm$ 0,13	7.78 $\pm$ 0,69	7.02 $\pm$ 0,15	0.034 $\pm$ 0,001	5.79 $\pm$ 1,58	0.022 $\pm$ 0,0003	0.000 $\pm$ 0	0.006 $\pm$ 0,0006	0.004 $\pm$ 0,001
PEDREGULHO4	20.72 $\pm$ 0,46	9.17 $\pm$ 0,18	7.17 $\pm$ 0,63	0.021 $\pm$ 0,007	9.63 $\pm$ 0,98	0.013 $\pm$ 0,005	0.012 $\pm$ 0,004	0.000 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0
PEDREGULHO5	NA	6.93 $\pm$ 0,11	7.20 $\pm$ 0	0.035 $\pm$ 0,0002	15.67 $\pm$ 1,15	0.070 $\pm$ 0,028	0.003 $\pm$ 0,0007	0.000 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0
TORMENTA1	17.60 $\pm$ 0,97	8.91 $\pm$ 1,02	7.17 $\pm$ 0,28	0.037 $\pm$ 0,054	23.87 $\pm$ 2,99	0.013 $\pm$ 0,005	0.000 $\pm$ 0	0.008 $\pm$ 0,0006	0.040 $\pm$ 0,0031
TORMENTA2	17.67 $\pm$ 0,09	8.45 $\pm$ 0,59	6.58 $\pm$ 0,29	0.019 $\pm$ 0,001	24.67 $\pm$ 1,28	0.012 $\pm$ 0,0007	0.000 $\pm$ 0	0.010 $\pm$ 0	0.076 $\pm$ 0,024
TORMENTA3	19.25 $\pm$ 0,08	8.61 $\pm$ 0,82	6.42 $\pm$ 0,46	0.018 $\pm$ 0,003	13.81 $\pm$ 1,31	0.013 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0	0.007 $\pm$ 0,0006	0.139 $\pm$ 0,0023
TORMENTA4	19.06 $\pm$ 0,27	9.40 $\pm$ 1,24	7.64 $\pm$ 0,25	0.020 $\pm$ 0	17.09 $\pm$ 0,99	0.013 $\pm$ 0	0.009 $\pm$ 0,001	0.001 $\pm$ 0	0.000 $\pm$ 0
TORMENTA5	NA	7.33 $\pm$ 0,57	7.40 $\pm$ 0	0.024 $\pm$ 0,0007	57.55 $\pm$ 0,77	0.073 $\pm$ 0,015	0.003 $\pm$ 0,0004	0.005 $\pm$ 0,0006	0.000 $\pm$ 0

Fonte: o Autor (2018).

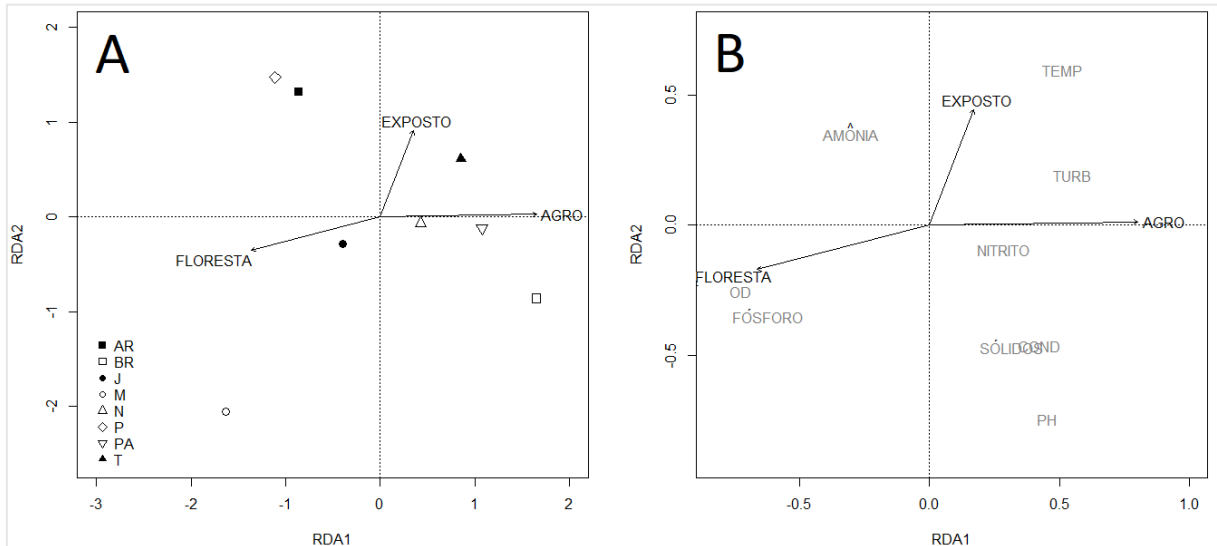
### 4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados das RDA apresentam os valores que definem a correlação existente entre os diferentes fatores e os gradientes ambientais. Entre os Gráfico 1 e 5 estão expostos os primeiros dois eixos da RDA obtidos para cada coleta, ordenando dez variáveis dependentes (parâmetros limnológicos) e três fatores explanatórios (classes de uso e ocupação do solo). As classes de vegetação nativa e não-nativa foram enquadradas como um único fator.

O comprimento das retas geradas pela RDA é proporcional a sua importância e o ângulo entre as setas e cada eixo de ordenação representa o grau de correlação. As menores distâncias entre as setas (classes de uso e ocupação do solo) e os pontos (parâmetros limnológicos) indica a influência dos fatores explanatórios.

O primeiro modelo, referente a coleta realizada 05/2016, explica aproximadamente 61% da variância na matriz dependente para a primeira coleta (GRÁFICO 1). Valores positivos do primeiro eixo da ordenação são relacionados aos fatores “agricultura” e “solo exposto”, indicando que ordens mais altas foram atribuídas a características ambientais que proporcionam, supostamente, maiores impactos negativos. A variável “floresta” aponta em direção oposta aos demais fatores, no eixo negativo, indicando diferenças significativas entre os fatores e uma dinâmica de uso e ocupação do solo que não afeta as variáveis limnológicas.

GRÁFICO 1. 1ª COLETA 05/2016; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta.

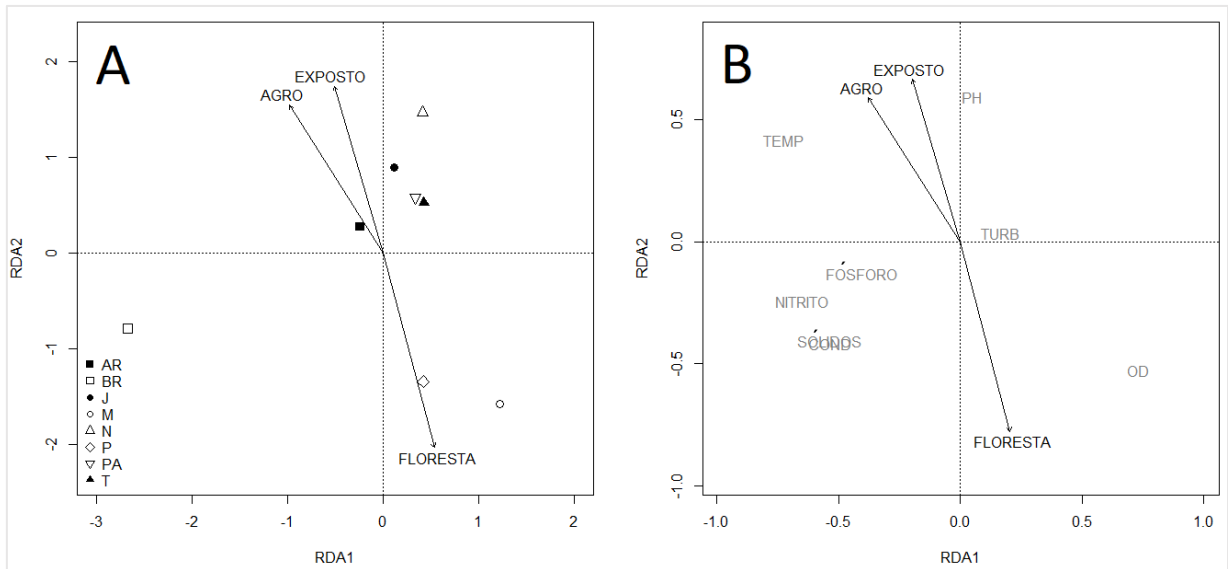


Fonte: o Autor (2018).

O segundo modelo, referente a coleta realizada 08/2016, explica entorno de 51% da variância na matriz dependente para a segunda coleta (GRÁFICO 2). Valores positivos do primeiro eixo da ordenação continuam a ser relacionados aos fatores “agricultura” e “solo exposto”. O ângulo entre as setas é pequeno, indicando grande correlação entre os dois fatores. O riacho Arquimedes foi o único afetado pela agricultura, os fatores, por se localizarem no eixo negativo, não exerceram impactos significativos no riacho Bom Retiro. Paz, Nene, Jumelo e Tormenta sofreram mais impactos negativos devido aos períodos pós-colheita.

Bem como o comprimento das retas é proporcional a sua importância e o ângulo entre as mesmas e cada eixo de ordenação representa o grau de correlação, podemos supor pela posição inversa das retas a correlação negativa dos fatores citados com as áreas florestadas. A importância deste fator entende-se pelo comprimento da seta e ambos, Manoel Gomes e Pedregulho, estão correlacionados com áreas preservadas.

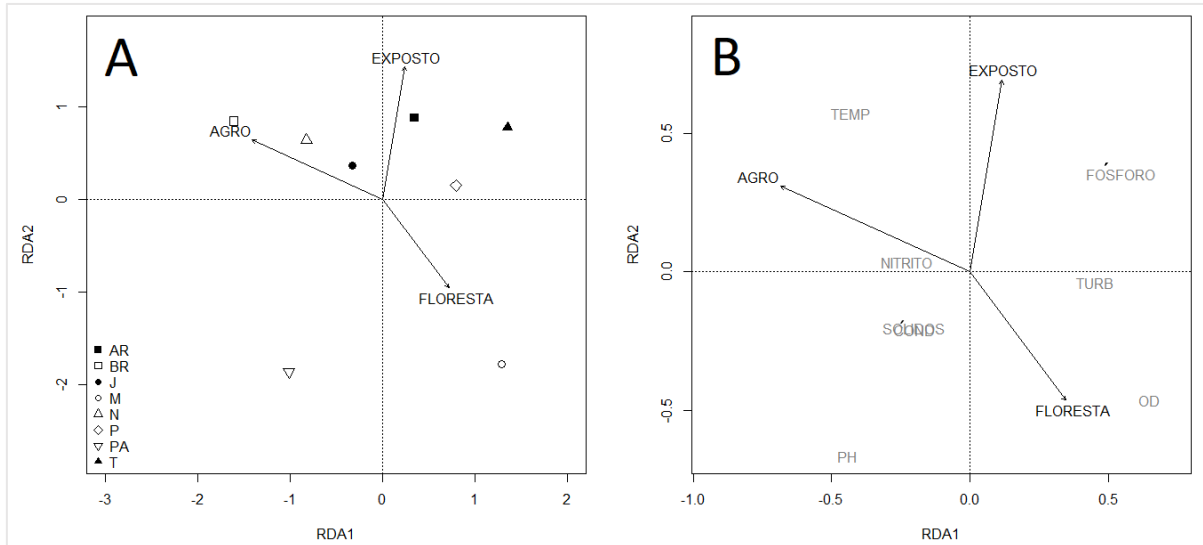
GRÁFICO 2. 2ª COLETA 08/2016; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta.



Fonte: o Autor (2018).

A porcentagem de explicação da variância na matriz dependente para a terceira coleta, realizada 11/2016, é de 49% (GRÁFICO 3). Valores positivos do primeiro eixo da ordenação permanecem relacionados aos fatores “agricultura” e “solo exposto”. A correlação entre os dois fatores é média e supostamente indicam alterações nos riachos Bom Retiro e Nene (agricultura), Arquimedes, Paz e Tormenta (solo exposto). O corpo d’água Jumelo demonstra alterações causadas pelos dois fatores e o riacho Pedregulho demonstra interferência direta das porções de solo exposto localizados perto do corpo d’água. O riacho Manoel Gomes mantém-se entre os corpos d’água preservados, não sofrendo impactos negativos.

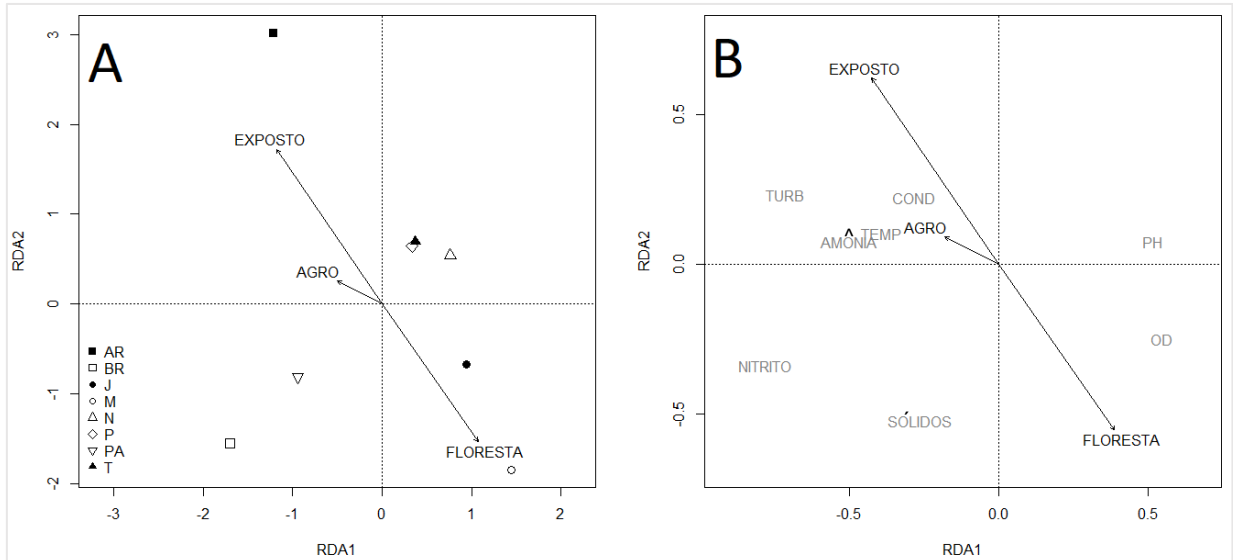
GRÁFICO 3. 3ª COLETA 11/2016; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta.



Fonte: o Autor (2018).

O quarto modelo, referente a coleta realizada 03/2017, explica 43% da variância na matriz dependente (GRÁFICO 4). Os fatores “agricultura” e “solo exposto” demonstram grande correlação, porém o elemento que supostamente gerou os impactos negativos, foi o solo nu. As correlações com os riachos não são altas, contudo, Arquimedes, Tormenta e Nene foram os mais acometidos. O riacho Pedregulho demonstra ter sofrido influência direta das porções de solo exposto localizados perto do corpo d’água. A agricultura parece não ter influenciado os riachos Bom Retiro e Paz de forma a causar impactos significativos. O riacho Manoel Gomes continua exibindo ótimos modelos de preservação e, o riacho Jumelo, foi influenciado de forma positiva pelas áreas florestadas ao seu redor.

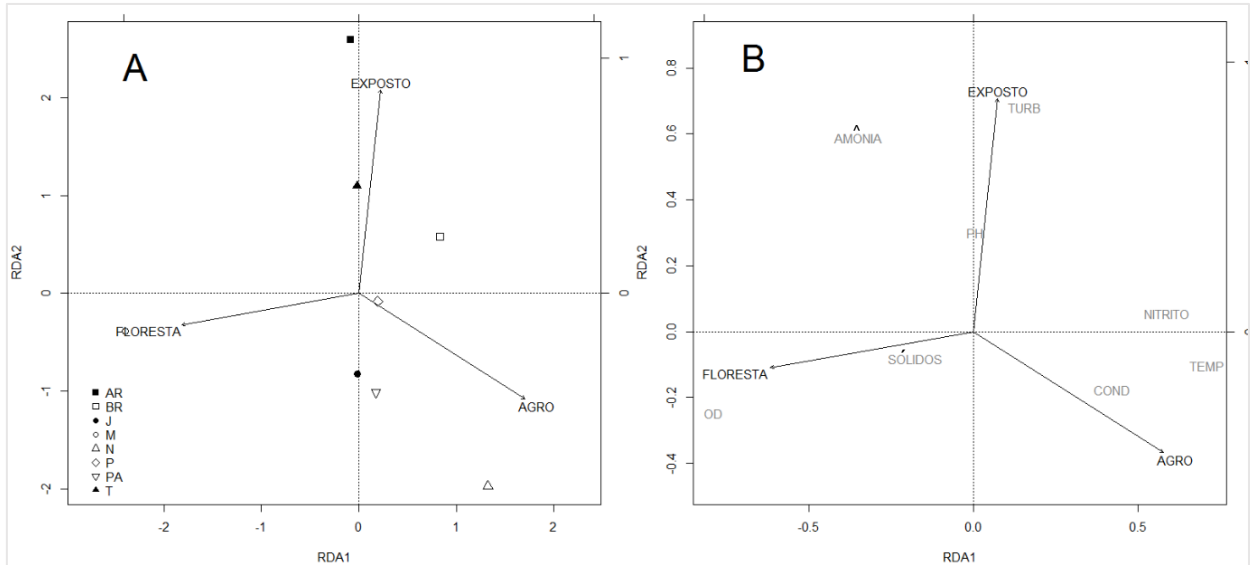
GRÁFICO 4. 4ª COLETA 03/2017; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta.



Fonte: o Autor (2018).

A última coleta, realizada 04/2018, explica 46% da variância na matriz dependente (GRÁFICO 5). As correlações entre todos os fatores são baixas, indicando que cada um exerce algum tipo de influência sobre os pontos de coleta. O fator “solo exposto” atuou de forma positiva sobre o riacho Arquimedes, Tormenta e Bom Retiro, sugerindo possíveis impactos negativos. A classe de uso e ocupação do solo “agricultura” concentrou os riachos Jumelo, Paz e Nene, entretanto os impactos gerados produziram efeitos negativos menores. O riacho Manoel Gomes se encaixou em todas as coletas dentro das áreas florestadas, não sofrendo impactos negativos pela classe de uso e ocupação do solo. Por fim, o riacho Pedregulho parece não ter sido influenciado por nenhum dos fatores explanatórios da RDA.

GRÁFICO 5. 5ª COLETA 04/2018; (A) Diagrama de ordenação dos riachos e suas respectivas classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Baixo Rio Iguaçu; (B) Diagrama de ordenação dos parâmetros físico-químicos dos oito pontos de coleta na Bacia do Baixo Rio Iguaçu e suas respectivas características físicas e de uso e ocupação do solo. AR= Arquimedes; BR= Bom Retiro; J= Jumelo; M= Manoel Gomes; N= Nene; P= Pedregulho; PA= Paz; T= Tormenta.



Fonte: o Autor (2018).

Para os riachos Arquimedes e Tormenta os maiores impactos negativos dentro do período do estudo foram causados pelo solo em pousio. Dentre as principais métricas afetadas pelo fator estão a turbidez, a temperatura, o ortofosfato e a amônia. Entre o agrupamento proposto pela RDA para os riachos Bom Retiro, Nene e Paz, a agricultura foi o principal preditor do aumento dos parâmetros de qualidade de água.

Os resultados adquiridos pela Correlação de Pearson estão demonstrados na Tabela 5, onde apresenta-se com os valores significativos para o estudo. As correlações consideradas significativas no estudo, tanto positivamente quanto negativamente, foram classificadas utilizando a classificação de Hopkins, onde:  $0,5 < r \leq 0,7$  (Alta),  $0,7 < r \leq 0,9$  (Muito alta) e  $0,9 < r \leq 1,0$  (Extremamente Alta).



TABELA 5 – Correlações significativas ao estudo dos oito riachos estudados perante parâmetros específicos. SST= Sólidos Totais; TURB= Turbidez; COND= Condutividade Elétrica; OD= Oxigênio Dissolvido; NIT= Nitrito; pH.

Correlações	Arquimedes	Bom Retiro	Jumelo	Manoel Gomes	Nene	Paz	Pedregulho	Tormenta
SST X TUR	0.93	0.97	0.58	-	-	-0.77	0.65	0.96
SST X COND	-	0.51	-	-	-	-	0.66	-
SST X OD	-0.83	-0.81	-0.85	-	-0.63	-0.83	-0.87	-0.87
SST X PH	-	-	-0.78	-	-0.94	-	-	-
NIT X COND	-	-	-	-	0.87	-	-	-

Fonte: o Autor (2018).

Todos os riachos, com exceção do Manoel Gomes e do Nene apresentam correlações altas entre as variáveis turbidez e sólidos totais. Observamos correlações negativas entre sólidos totais e oxigênio dissolvido (TABELA 5) que se mantem entre todos os riachos impactados e minimamente impactados.

O riacho Nene apresenta correlações significativas entre o nitrito e a condutividade elétrica, além do pH e sólidos variarem de forma inversamente proporcional. As correlações obtidas entre sólidos totais e condutividade elétrica são importantes para identificar as relações percebidas entre os parâmetros e o fator solo exposto.

Segundo dados de precipitação obtidos do Instituto Águas Paraná (2018) (TABELA 6), no mês de agosto de 2016 a precipitação ultrapassou 300 milímetros (mm) e, no mês de dezembro de 2018, 225 mm. No mês de março de 2016 as alturas mensais de precipitação foram baixas. Em maio de 2017, apesar dos níveis de precipitação serem consideráveis, não afetaram o escoamento superficial. Os dados para a quinta coleta não estão disponíveis até o momento.

Tabela 6. Alturas mensais de precipitação (mm) nos oito pontos de amostragem.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2016	202,6	398,2	128,1	65,6	247,7	68,7	20,7	306,4	65,4	231,4	103,0	225,5
2017	228,1	186,4	135,6	157,9	184,4	126,5	0	130,5	31,1	486,3	225,8	240,8
2018	260,8	179,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: ÁGUAS PARANÁ (2018).

## 5. DISCUSSÃO

Os parâmetros e as classes de uso e ocupação mudaram de acordo com as estações e com os meses. Segundo Gomes et al. (2007), espera-se que a dinâmica de uso e ocupação do solo afete a variabilidade de alguns atributos físicos e químicos do solo, principalmente daqueles que herdaram influência do manejo. Nessas áreas, a alteração dos atributos físicos é caracterizada sobretudo pela redução da capacidade de infiltração e armazenamento de água promovendo o aumento do escoamento superficial e reduzindo a contribuição para o escoamento subterrâneo. Além disso, com a mudança da dinâmica de uso e ocupação do solo, as variáveis limnológicas também são afetadas.

O riacho Manoel Gomes é o único que apresenta 100% da cobertura vegetal em todos os períodos de estudo, não sofrendo impactos negativos pela classe de uso e ocupação do solo que o define. Segundo Sopper (1975), regiões hidrográficas que possuem cobertura florestal natural garantem a proteção contra a erosão do solo, a sedimentação e a lixiviação excessiva dos nutrientes. Apesar das concentrações de OD exibirem diferenças entre as estações, elas são as mais elevadas entre os oito riachos estudados. Além disso, as maiores concentrações foram obtidas no inverno, condizendo com o estudo desenvolvido por Fia et al. (2015), onde conclui-se que as menores temperaturas na estação tenham diminuído a atividade metabólica microbiana, reduzindo o consumo de oxigênio dissolvido. A temperatura do riacho também foi a menor em todas as estações de amostragem, de acordo com Abell e Allan (2002), isso se deve ao fato que rios florestados têm águas mais frias e maiores concentrações de oxigênio. As diferenças encontradas entre as porcentagens de vegetação não nativa e nativa no riacho Manoel Gomes podem depender da rugosidade observada na cena de satélite e também da estação do ano, onde a composição florística é fortemente modificada com a queda das folhas (RODERJAN et al., 2002).

Em um dos períodos de amostragem as concentrações de ortofosfato dissolvido foram consideravelmente maiores no Manoel Gomes do que nos demais riachos. Sistemas naturais também podem conservar fósforo, enquanto ambientes impactados o perdem com maior facilidade (TUNDISI, 2008), devido ao grande aporte de matéria orgânica e alta decomposição, aumentando as concentrações de fósforo.

De acordo com Wetzel (2000), a aplicação de fertilizantes e os processos de gestão das terras, tanto na agricultura como nas florestas, irão modificar e fazer em geral esses valores aumentarem. No estudo realizado por Sobjak et al. (2018), no riacho Manoel Gomes, observou-se a presença de agrotóxicos no sedimento do riacho, os *organofosforados disulfoton*. O fato pode ser justificado pelo descarte ilegal de contêineres de agrotóxicos dentro do Parque Nacional, o que foi relatado pela população local aos autores. As grandes quantidades de vegetação no entorno permitem a persistência desses produtos na localidade e geram um aumento considerável nas concentrações de fósforo no corpo d'água.

Nenhum dos afluentes apresentou concentrações abaixo do sugerido pela Resolução CONAMA 357/05 para Classe 1. Águas, cujo valor de OD não seja inferior a 6mg/L, podem ser consideradas adequadas ao uso humano e à proteção das comunidades aquáticas. As únicas exceções foram para a variável O-P dos riachos Manoel Gomes, Nene, Pedregulho e Tormenta, que extrapolaram os valores aceitos para Classe 1. Para essa variável, os riachos foram classificados como águas de Classe 3, o que significa que podem ser destinadas ao consumo humano após tratamento convencional ou avançado; a irrigação de árvores, cereais e culturas forrageiras; pesca amadora, recreação e à dessedentação de animais.

As mudanças ao entorno do riacho Arquimedes e Tormenta ocorreram principalmente pela prática agrícola intensiva, as áreas são dominadas por períodos de safra e pousio, possuindo uma cobertura vegetal extremamente baixa. Os riachos sofreram principalmente pelos períodos de solo em repouso. Segundo Pinto et al. (2005), no período de preparo para o plantio o solo exposto aumenta a velocidade do escoamento superficial. Esta classe de uso do solo pode ser considerada como a de maior potencial de erosão (FERNANDES et al., 2011). As correlações apresentadas entre turbidez e sólidos totais indicam o possível potencial de erosão da região. Aust et al. (1996) destacam que os sólidos representam não só a perda de solo, mas também a perda na fertilidade e o desequilíbrio do ecossistema. Resultados de associação entre esses parâmetros foram verificados também por Andrade et al. (2007), Cunha et al. (2013), Santi et al. (2012) e Silva et al. (2008), corroborando com as correlações entre turbidez e sólidos totais obtidas para essas regiões. A técnica de plantio direto pode ser considerada como uma alternativa para essa situação. O

plantio direto é um procedimento de produção conservacionista, em que o plantio é efetuado sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem do solo. A técnica envolve manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. A cobertura tem por finalidade proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica (EMBRAPA, 2018).

O riacho Pedregulho apresentou resultados insatisfatórios na quinta coleta (04/2018), nenhum dos fatores explanatórios selecionados para a RDA demonstrou influência sobre os parâmetros de qualidade da água. Apesar da região possuir mais de 90% de cobertura vegetal, aparenta sofrer influência direta das regiões de solo exposto ao redor do corpo d'água. Nos mapas é evidente uma região de vegetação rasteira e uma estrada rural, onde notou-se que, de maneira geral, o aumento da concentração dos sólidos, da turbidez, da condutividade e do oxigênio dissolvido da água estão correlacionados com o carreamento de sedimentos.

Além disso, em todos os riachos considerados impactados e minimamente impactados, as concentrações de sólidos diminuíram os valores de oxigênio dissolvido. Em terras agrícolas, o excesso de fertilizantes, o escoamento e a erosão do solo podem levar a um aumento de sedimentos e matéria orgânica no corpo de água (POUDEL, 2016).

As alterações entre as concentrações de ortofosfato podem indicar que o corpo do rio apresenta alteração da qualidade por fontes desiguais, sendo uma delas a degradação do solo, e a outra, a atividade fotossintética (OLIVEIRA et al., 2006). Segundo Sobjak et al. (2018), foram encontradas concentrações do agroquímico *metil paration* no riacho Arquimedes, o produto combinado com um menor área de mata ciliar e vegetação ripícola, possivelmente gera um maior arrasto de produtos químicos, alterando a concentração de fósforo no ambiente. Além disso, segundo Payne (1986), a concentração do ortofosfato é bastante variável por conta de sua rápida incorporação pelas comunidades aquáticas.

O principal preditor da alteração dos parâmetros de qualidade de água para os riachos Bom Retiro, Nene e Paz foi a agricultura. No estudo desenvolvido por Morello et al. (2018), além da variação espacial na qualidade da água, também foi

observado a variação temporal ligada a mudanças sazonais. Em nosso estudo os resultados foram semelhantes. Na primeira coleta os riachos Bom Retiro, Nene e Paz demonstraram uma dinâmica de uso do solo apoiada nas áreas predominantemente dominadas pela agricultura, onde os impactos foram considerados negativos e de extrema importância para o corpo d'água. Na segunda e na terceira coleta o fator "agricultura" não exerceu impactos negativos concretos.

No período de realização destas coletas os níveis de precipitação foram elevados. Segundo dados de precipitação obtidos do Instituto Águas Paraná (2018), no mês de agosto de 2016 a precipitação ultrapassou 300 milímetros (mm) e, no mês de dezembro de 2018, 225 mm. De acordo com Huang et al. (2016), as variações sazonais na precipitação e no escoamento superficial têm uma forte influência na descarga do rio e, conseqüentemente, acarretam mudanças nas concentrações de sedimentos e nutrientes. Além disso, segundo Dellagiustina (2000) e Gallo et al. (2015), as atividades agrícolas podem não ser suficientes para ultrapassar o efeito de diluição dos eventos de precipitação, o que pode ter ocorrido entre as coletas de agosto e dezembro de 2018.

Entre a primeira, a quarta e a quinta coleta os níveis de precipitação não demonstram influência aparente no escoamento superficial. As variáveis afetadas foram a condutividade, o nitrito, a turbidez, a temperatura e a amônia. ARCOVA e CICCIO (1999) também verificaram que os valores da temperatura e turbidez em regiões dominadas pela agricultura foram superiores aos registrados em regiões com coberturas florestais significantes.

O riacho Bom Retiro apresenta em seu entorno uma matriz predominantemente agrícola e possui uma cobertura florestal dispersa, concentrando uma zona ribeirinha escassa. Esse riacho apresentou os maiores valores de condutividade elétrica em quatro períodos de amostragem, contudo os valores ainda enquadram esse ambiente como corpos d'água naturais (10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (BRASIL, 2006; CETESB, 2005; LIBÂNEO, 2010).

A região onde o riacho Nene está inserido pode ser considerada a mais impactado pela dinâmica de uso e ocupação do solo, onde os valores de mata ciliar são extremamente baixos e regiões florestadas ao redor são praticamente ausentes.

Contudo, o riacho demonstrou valores alterados somente na última coleta, ultrapassando 190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , não sendo mais enquadrado como um corpo d'água natural. A entrada de material originado das áreas agrícolas pode contribuir para o aumento na carga de nitrogênios e, associado a este processo, um aumento significativo na condutividade elétrica da água (TOLEDO; NICOTELLA, 2002). As correlações obtidas entre as concentrações de nitrito e a condutividade elétrica demonstram esse padrão. Da mesma forma, o pH atingiu concentrações ácidas, sendo abaixo do esperado para águas de Classe 1 (CONAMA 357/05). Vanzela et al. (2010) verificaram uma tendência de redução dos valores pelas áreas agricultadas e matas degradadas. Em função das correlações negativas observadas supõe-se que o carreamento de sólidos, proporcionado pela má gestão do solo, aumenta a concentração de material orgânico, elevando o processo de oxidação, que libera gás carbônico na água, resultando na redução do valor do pH (VANZELA et al., 2010). Tal relação pode explicar os dados obtidos no riacho Jumelo.

Em todos os riachos amostrados, apenas um demonstrou possuir correlação entre todos os fatores explanatórios. O riacho Jumelo está localizado em uma borda do Parque Nacional do Iguaçu, onde metade da região de influência concentra atividades predominantemente agrícolas e a outra, uma área florestada significativa. É possível perceber que a dinâmica de uso e ocupação do solo afeta a variabilidade de alguns atributos físicos e químicos do solo e também os parâmetros limnológicos, como citou Gomes et al. (2007). A influência que os fatores exercem depende das estações, do período de plantio, do solo em pousio e dos níveis de precipitação da região.

As concentrações de compostos nitrogenados (nitrito e amônia) enquadrariam os riachos estudados como corpos d'água de classe 1 (CONAMA 357/05). Os nitrogênios são provindos de fontes naturais como a chuva, o material orgânico e inorgânico de origem alóctone, além das fontes difusas de áreas agrícolas e do carreamento de material orgânico. Segundo Esteves (1998), as concentrações baixas de nitrito indicam ambientes oxigenados, corroborando os valores de oxigênio dissolvido encontrados. Os valores de amônia apesar de alterarem a qualidade da água podem ser considerados baixos, inferindo no metabolismo dos produtores primários. As concentrações de amônia raramente atingem níveis letais em ambientes

lóticos, dependendo de um aumento significativo do pH e da temperatura, porém flutuam bastante devido a sazonalidade.

Entre as estações, ocorreu variação sazonal nítida na temperatura em todos os riachos, sendo as altas temperaturas verificadas no verão características dos rios de regiões tropicais (ESTEVES, 1998). Contudo, o fator que pode ter influenciado na temperatura da água de riachos impactados é a escassa vegetação ciliar observada e a pequena profundidade no curso d'água (VANNOTE, 1980).

A intensa atividade agrícola na grande maioria dos riachos, onde os agricultores não implementam práticas de conservação e manejo adequadas, sujeitam o solo a erosão em eventos de chuva, e sedimentos com nutrientes são transportados para os afluentes (CALIJURI et al., 2015; POUDEL, 2016). Modelos mistos, como os do presente estudo, mostram que diferentes parâmetros de qualidade da água variam em sua capacidade de resposta a diferentes regiões e fatores quando analisados separadamente, como também relatado por outros autores (URIARTE et al., 2011; ZHOU et al., 2012; MELLO et al., 2018). As múltiplas formas de uso e ocupação sugerem que projetos de conservação da qualidade da água e das zonas ribeirinhas adotem uma perspectiva multi-escala, buscando trabalhar com as formas de manejo mais adequadas para que as ações sejam direcionadas para toda a bacia hidrográfica.

## 6. CONCLUSÕES

O uso do geoprocessamento é imprescindível na visualização e análise de dados como composição e importância da vegetação.

Os riachos que exibiram estrutura vegetal mais complexa apresentaram melhores condições de oxigênio dissolvido, condutividade, nitrito, amônia, pH e temperatura, levando a entender que a Mata Ciliar corrobora com a boa estrutura do ambiente.

Ambientes preservados apresentam melhores condições físicas e químicas, gerando um aumento da heterogeneidade do leito dos riachos, elevando à complexidade trófica do ecossistema. O aumento da complexidade fornece por fim uma maior capacidade de resiliência ao ambiente. Sendo assim, ambientes impactados sofrem de maneira mais abrupta e prolonga impactos negativos, por não possuírem uma estrutura ambiental e biológica complexa, que funcionaria como um tampão ao fluxo de energia alocado ao sistema.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELL, R. & ALLAN, J.D. Riparian shade and stream temperatures in an agricultural catchment, Michigan, USA. In: **Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology Conference**. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, p. 232–237, 2002.

AEB. Agência Espacial Brasileira. Formação Continuada de Professores: Curso Astronáutica e Ciências do Espaço. In: MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. 2008.

ALLEN, S.E., GRIMSHAW, H.M., PARKINSON, J.A. & QUARMBY, C. **Chemical analysis of ecological materials**. Oxford Blackwell Scientific Publication, 1974.

ALMEIDA, L.C. Análise Espacial De Dados Com O Quantum Gis: exercícios realizados durante tópico especial ofertado pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 3, n. 8, p.173-194, 2011.

ALMEIDA, R. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa, p. 47-54, 2005.

ANDRADE, E. M. DE; ARAÚJO, L. DE F. P.; ROSA; M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. de O. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.

ARCOVA, F.C.S. & CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 5, n. 6, p. 125-34, 1999.

ARCOVA, F.C.S., CESAR, S.F. & CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v. 10, n. 2, p. 185-96, 1998.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington, 1998.

AZEVEDO, E.B. Poluição e tratamento de água. **Química Nova na Escola**. n. 10, 1999.

AZEVEDO, L.C.; NERY, J.T.; ANDRADE, A.R. **Análise da precipitação pluvial da bacia do rio Iguaçu-Paraná**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BARBOSA, F.A .R.; CALLISTO, M.; GALDEAN, N. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicators of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. **Aquatic Ecosystem Health & Managment**. Belo Horizonte, v. 4, p. 51-59. 2000.

BICUDO, C.E.M., BICUDO, D.C. **Amostragem em Limnologia**. São Carlos. Editora Rima, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. Brasília, 2006.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Institui o Código das Águas. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, 1934.

BRASIL. 1997. Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Lex: **Diário Oficial da União**. Seção 1, p. 470. Brasília, 09 de janeiro 1997.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: Um estudo do Rio Mogi-Guaçu**. Rima, São Carlos, 2003.

CAETANO, M.; CRISÓGONO, P.; SANTOS, J.; BARBEIR, A.; SILVA, M.; PATRÍCIO, P.; ANJOS, B.; SILVA, M. Conferência Nacional De Cartografia E Geodesia, VIII. Lisboa. **IPSentinel: Desenvolvimento de uma plataforma colaborativa para a disseminação de informação geoespacial em Portugal**. 2015.

CALIJURI, M.L.; CASTRO, J.S.; COSTA, L.S.; ASSEMAN, P.P.; ALVES, J.E.M., Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, p. 5373–5382, 2015.

CALLISTO, M., et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa. **Acta Limoni**, 2002.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, 2001.

CAMPOS, M. L. A. M. Introdução à Biogeoquímica de Ambientes Aquáticos. In: \_\_\_\_\_. **Qualidade das Águas**. Campinas: Átomo, 2010. p. 151-162.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.

CAVENAGHI, A.L. **Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da Bacia do rio Tietê**. Tese (Doutorado) – Faculdade Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2003.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. S. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p.92-930, 2009.

CESBIO. Centre d'Etudes Spatiales de la BIOsphère. **Preparation of the Sentinel-2 space mission**. Disponível em: <[http://www.cesbio.ups-tlse.fr/us/index\\_sentinel2.html](http://www.cesbio.ups-tlse.fr/us/index_sentinel2.html)>. Acesso em: 8 mar. 2018.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade de água e suas variáveis**. São Paulo, 2005.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. 2016.

CNRH. Conselho Nacional De Recursos Hídricos. Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2003.

CUNHA, R.W.; GARCIA JR., M.D.N.; ALBERTONI, E.F.; SILVA, C.P. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 770–779, 2013.

DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; KLAMT, E.; DICK, D. P. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 481-489, 2005.

DELLAGIUSTINA, A. **Determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo dissolvidos em diferentes locais do Rio Itajaí-Açu**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DING, S.; ZHANG, Y.; LIU, B.; KONG, W.; MENG, W. Effects of riparian land use on water quality and fish communities in the headwater stream of the Taizi River in China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 7, n. 5, p. 699–708, 2013.

DUNNE, T.; BOARD, N.R. Hydrologic sciences: taking stock and looking ahead. **National Academies Press**, Washington, v. 1997, p. 138, 1998.

EMBRAPA. **Código Florestal**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

EMBRAPA. **Sistema de Plantio Direto de Milho**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_72\\_59200523355.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html)>. Acesso em: 02 jul. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. 2013. Disponível em: <[https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_landsat.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html)>. Acesso em: 13 de mar. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Medição da vazão em rios pelo método do flutuador**. 2007.

ESA. Sentinel Online. **Revisit and Coverage**. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage>>. Acesso em: 8 mar. 2018.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

Estudo da cor. **Espectro Eletromagnético**. Disponível em: <https://estudodacor.wordpress.com/aspectos-fisicos/espectro-da-luz/espectro-2/>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

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. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 105-116, 2011.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, 2015.

FIGUEIREDO, A.H.; MESQUITA, O.V.; SILVA, S.T O impacto desigual da modernização da agricultura no Oeste do Paraná. **Revista Brasileira De Geografia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 3 e 4, p. 425 – 550, 1984.

FISHER, P. F.; UNWIN, D. J. Representing GIS. **John Wiley & Sons**, Chichester, England, 2005.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo. Oficina de Textos, 2008.

GALLO, E.L., MEIXNER, T., AOUBID, H., LOHSE, K.A., BROOKS, P.D. Combined impact of catchment size, land cover, and precipitation on streamflow and total dissolved nitrogen: a global comparative analysis. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 29, p. 1109–1121, 2015.

GALO, M.L.B.T.; VELINI, E.D.; TRINDADE, M.L.B.; SANTOS, S.C.A. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do complexo Tietê. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, 2002.

GOMES, N. M.; FARIA, M. A. DE; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 427-435, 2007.

HILDREW, A. Whole river ecology and heterogeneity in the ecology of running waters. **Large Rivers**, v. 10, n. 1-4, p. 25-43, 1996.

HOPKINS, W. G. **A new view of statistics**. **Internet Society for Sport Science**. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/>> Acesso em: 10 jun. 2018.

HUANG, Z., HAN, L., ZENG, L., XIAO, W., TIAN, Y. Effects of land use patterns on stream water quality: a case study of a small-scale watershed in the Three Gorges Reservoir Area, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, p. 3943–3955, 2016.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 16 dez. 2017.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manuais: Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível

em<[http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_sen.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html)>. Acesso em: 8 mar. 2018a.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Manuais do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING)**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 13 de mar. 2018b.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Sobre o CBERS**. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/sobre/index.php>>. Acesso em: 8 mar. 2018c.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Folders de Bacias Hidrográficas: Bacia do Rio Piquiri e Paraná II**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=38/>> Acesso em: 11 dez. 2017.

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES). **Dimensão Ambiental**. 2008. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/Capitulo\\_1\\_Dimensao\\_Ambiental.pdf](http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/Capitulo_1_Dimensao_Ambiental.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de: EPIPHANIO, J.C.N., et al. São José dos Campos, SP, Parêntese, 2009. Remote sensing of the environment: an earth resource perspective.

KUGLEROVÁ, L.; AGREN, A.; JANSSON, R.; LAUDON, H. Towards optimizing riparian buffer zones: ecological and biogeochemical implications for forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 334, p. 74–84, 2014.

LAMPARELLI, M.C. **Grau de Trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 238 f. Tese (Doutorado em Ciências). Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, 2004.

LEFEBVRE, A.; SANNIER, C.; CORPETTI, T. Monitoring Urban Areas with Sentinel-2A Data: Application to the Update of the Copernicus High Resolution Layer Imperviousness Degree. **Remote Sensing**, França, v. 8, 2016.

LI, S. Y.; GU, S.; TAN, X.; ZHANG, Q. F. Water quality in the upper Han River basin, China: The impacts of land use/land cover in riparian buffer zone. **Journal of Hazardous Materials**, v. 165, p. 317–324, 2009.

LIBÂNEO, M. Características das águas naturais. In: \_\_\_\_\_. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ed. Campinas: Átomo, 2010. p. 25-78.

LIN, Z.J.; ANAR, M.J.; ZHENG, H. Hydrologic and water-quality impact of agricultural land use changes incurred from bioenergy policies. **Journal of Hydrology**, v. 525, p. 429–440, 2015.

M. URIARTE, C.B.; YACKULIC, Y.L.; LIM, A.J. Influence of land use on water quality in a tropical landscape: a multi-scale analysis. **Landscape Ecology**, v. 26, pp. 1151-1164, 2016.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba, 1968.

MACEDO, JORGE ANTÔNIO BARROS DE. Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas. 3. ed. Belo Horizonte: Macêdo, 2005.

MACIEL Jr, P. **Zoneamento das águas**: um instrumento de gestão dos recursos hídricos. Belo Horizonte, 2000. p. 112.

MARGULES, C.R.; PRESSEY, R.L. Systematic conservation planning. **Nature**, v.405, p. 243-253, 2000.

MARTINELLI, L.A.; A.V. KRUSCHE. Amostragem em rios. In: C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo (Orgs). **Amostragem em Limnologia**. 2 ed. São Carlos: RiMa, p. 263-279, 2007.

McALLISTER, D.E.; HAMILTON, A.L.; HARVEY, B. Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. **Sea Wind**, v. 11, n. 3, p.1-142, 1997.

MELLO, K. de, V. R. A.; RANDHIR, T. O.; DOS SANTOS, A. C. A.; VETTORAZZI, C. A. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in



Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. **Catena**, v. 167, p. 130–138, 2018.

MENEZES, J. P. C.; BERTOSI, A. P. A.; SANTOS, A. R.; NEVES, M. A. Correlation between land use and groundwater quality. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19. p. 173-186, 2014.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraná**. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, 2006.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**, 3ª ed. Viçosa: UFV, 2005.

MOSCUZZA, C.; VOLPEDO, A.V.; OJEDA, C.; CIRELLI, A.F. Water quality index as an tool for river assessment In agricultural areas in the pampean plains of Argentina. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.1, n.1, p. 18–25, 2007.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

MOZETO, A. A.; **Sedimentos e particulados lacustres: amostragem e análises biogeoquímicas**. 2004.

MUDROCK, A.; MACKNIGHT, S. C. Handbook of techniques for aquatic sediments sampling. In:\_\_\_\_\_. **Introduction**. Boca Raton: Lewis Publishers. 1994.

NGOYE, E.; MACHIWA, J. F. The influence of land use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 29, p.161-166, 2004.

NILSSON, C.; BERGGREN, K. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation. **Bioscience Journal**, v.50, p. 783–792, 2000.

NOVO, E. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

OLIVEIRA, L. C. D. E., GOMES, B. M., BAUMGARTNER, G., & SEBASTIEN, N. Y. Variação Espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 770–781, 2006.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Nitratos, nitritos and N-nitroso compounds**. Geneva, 1978.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório de Alturas Mensais de Precipitação**. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfacelInicial>> Acesso em: 16 jun. 2018.

PAYNE, A.I. **The ecology of tropical rivers and reservoirs**. Chichester: John Wiley, 1986.

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. **Cerne**, Lavras, v.11, p.49-60, 2005.

PNRH-BASE – **Base digital georreferenciada do Plano Nacional de Recursos Hídricos**. 2005.

POUDEL, D.D. Surface water quality monitoring of an agricultural watershed for nonpoint source pollution control. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 71, n. 4, p. 310–326, 2016.

PRADO, R.B. Mapeamento e caracterização do padrão de uso e cobertura da terra na microbacia do córrego Pito Acesso, Bom Jardim-RJ: utilizando imagens orbitais de alta resolução. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, 2010.

PRIORI, A., et al. A história do Oeste Paranaense. In: \_\_\_\_\_. **História do Paraná, séculos XIX e XX**. Maringá, 2012. p. 75-89. Sensoriamento remoto para diagnóstico de impactos ambientais. **Revista tecnologia & Informação**. v. 1, 2014.

PROCESSAMENTO DIGITAL. **Lista dos Códigos EPSG mais utilizados no Brasil**. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/2013/07/27/lista-dos-codigos-epsg-mais-utilizados-no-brasil/>>. Acesso em: 8 mar. 2018.

RAO, C. R. **Linear Statistical Inference and Its Applications**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1973.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente**, v 24, 2002.

RODRIGUES, C.L.J.; LISS, W.J.; GRIMM, N.B.; BUSH, D.E. A Hierarchical framework for stream habitat classification: viewing stream in a watershade contexto. **Environmental Management**, v. 10, p. 199-244, 1986.

RUPPENTHAL, E. L.; NIN, C. E.; RODRIGUES, G. G. A Mata Ciliar/Curso d'água é um Ecossistema Único. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 525-527, 2007.

SAALFELD, D.T.; REUTEBUCH, E.M.; DICKEY, R.J.; SEESOCK, W.C.; WEBBER, C.; BAYNE, D.R. Effects of landscape characteristics on water quality and fish assemblages in the Tallapoosa River Basin, Alabama. **Southeast. Nat**, v. 12, n.2, p 239–252, 2012.

SAHU, M.; GU, R. R. Modeling the effects of riparian buffer zone and contour strips on stream water quality. **Ecological Engineering**, v. 35, p. 1167–1177, 2009.

SANTI, G.M.; FURTADO, C.M.; MENEZES, R.S.; KEPPELER, E.C. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecología Aplicada**, Lima, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

SCRIMGEOUR, G. J.; WICKLUM, D. Aquatic ecosystem health and integrity: problems and potencial solutions. **Journal Of The North American Benthological Society**. Chicago, v. 15, 02 jun. 1996. p. 254-261.

SCUSSEL, A. **Mundo Geo**: Ferramenta livre Mapa Índice Topodata conta com novas funções. 2013. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2013/03/05/ferramenta-livre-mapa-indice-topodata-Conta-com-novas-funcoes/>>. Acesso em: 8 de mar. 2018.

SILVA Jr. **Tutorial Básico em Sistemas de Informação Geográfica para o Quantum Gis: Versão 0,8,1 "Titan". S/d**. Disponível em: <<https://andersonmedeiros.files.wordpress.com/2010/04/tutorial-qgis-0-8-1.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2018.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 733- 742, 2008.

SILVA, C. C. O. A; BARBOSA, J. B. M. Utilização da ferramenta sensoriamento remoto para diagnóstico de impactos ambientais. **Revista Tecnologia & Informação**, v. 1, n. 1, 2014.

SLATER, P.N. A Review of: Remote Sensing—Optics and Optical Systems. **International Journal of Remote Sensing**, v. 1, n. 4, p. 399-400, 1980.

SOBJAK, T. M.; ROMÃO, S.; CAZAROLLI, L. H.; SAMPAIO, S. C.; REMOR, M. B.; GUIMARÃES, A. T. B. Evaluation of the antioxidant system and neurotoxic effects observed in *Rhamdia branneri* (Teleostei: Heptapteridae) sampled from streams of the lower Iguazu River basin. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 155, p. 162–170, 2018.

SONG, C.; WOODCOCK, C.E.; SETO, K.C.; LENNEY, M.P.; MACOMBER, S.A. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing of Environment**, v. 75, n. 2, p. 230-244, 2001.

SOPPER, W. E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 4, n.1, p. 24-9, 1975.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da Mata Atlântica**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

SYVERSEN, N. Effect and design of buffer zones in the Nordic climate: the influence of width, amount of surface runoff, seasonal variation and vegetation type on retention efficiency for nutrient and particle runoff. **Ecological Engineering**. v, 24, p 483–490, 2005.

TANRÉ D, et al. Description of a Computer Code to Simulated the Satellite Signal in the Solar Spectrum: The 5S Code. **International Journal of Remote Sensing**, v.11, n. 4, p. 659-668, 1990.

TOLEDO Jr., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: 12º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1983, Camboriú. **Anais do 12º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental**. p. 1-34

TOLEDO, G. L.; NICOLELLA, G. Qualidade de água em microbacia: índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 181–186, 2002.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A.J.; SILVA, A.L.; PESSOA, E.J.; RESENDE, E.F. Diagnostico ambiental e análise morfométrica da microbacia do córrego Lanhoso em Uberaba – MG. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 25, p.1-11, 2008.

TOWNSED, C. Concepts in river ecology: pattern and process in the catchments hierarchy. **Large Rivers**, v. 10, n. 1-4, p. 3-21, 1996.

TROPMAI, H. **Perfil Fitoecológico do Estado do Paraná**. Boletim da Universidade Estadual de Maringá – Geografia, Maringá, n. 01,1990.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1994.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo. Oficina de Textos, 2008.

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, v.22, 1997.

VANNOTE, R.L., G. W.; MINSHALL, K. W.; CUMMINS, J.R.; SEDELLAND, E. G.; The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-133, 1980.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Minas Gerais: UFMG, 2005.

VREBOS, D.; BEAUCHARD, O.; MEIRE, P. The impact of land use and spatial mediated processes on the water quality in a river system. **Science of the Total Environment**, Belgium, 2017.

WARD, I. V., TOCKNER, K. ARSCOTT, D.B.; CLARET, C. Riverine landscape diversity. **Freshwater Biology**, 2002.

WETZEL, R.G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. Academic Press. 2000.

XIAO, R.; WANG, G.; ZHANG, Q.; ZHANG, Z. Multi-scale analysis of relationship between landscape pattern and urban river water quality in different seasons. **Nature**, 2016.

YANG, H.; WANG, G.; WANG, L.; ZHENG, B. Impact of land use changes on water quality in headwaters of the Three Gorges Reservoir. **Environ. Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, p.11448–11460, 2016.

ZAAR, M.H. A migração rural no oeste paranaense. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. 94, n. 88, 2001.

ZHOU, T.; WU, J.; PENG, S. Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: a case study of the Dongjiang River watershed, China. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 166–175, 2012.