

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Janderlei Velasque Dal Osto

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA E PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ DA ARMADA-RS.**

**Santa Maria, RS
2019**

Janderlei Velasque Dal Osto

**INFLUÊNCIA DO USO E DA TERRA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ DA
ARMADA-RS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração Análise Ambiental e Territorial do Cone Sul, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

Orientador: Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

**Santa Maria, RS
2019**

DAL OSTO, JANDERLEI
INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA E PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ DA ARMADA-RS / JANDERLEI DAL
OSTO.- 2019.
69 p.; 30 cm

Orientador: WATERLOO PEREIRA FILHO
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2019

1. ÁGUA 2. LIMNOLOGIA 3. USO DA TERRA 4.
SENSORIAMENTO REMOTO 5. PRECIPITAÇÃO I. PEREIRA FILHO,
WATERLOO II. Título.

Janderlei Velasque Dal osto

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ DA
ARMADA-RS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração Análise Ambiental e Territorial do Cone Sul, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

Aprovado em 22 de agosto 2019:

Waterloo Pereira Filho, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Valmir Viera, Dr. (UFSM)

Felipe Correa dos Santos, Dr. (RIACHUELO)

Santa Maria, RS
2019

DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais
José Janderlei Dal Osto e
Madalena Velasque Dal Osto.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, da sabedoria e da perseverança: Sem ele nada seria possível.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de crescimento acadêmico e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida durante um período importante do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço imensamente aos meus pais, José Janderlei Dal Osto e Madalena Velasque Dal Osto por tudo que representam em minha vida e por toda ajuda que sempre me deram ao longo dos anos, agradeço por sempre acreditarem em mim, até mesmo quando eu não acreditava.

As minhas irmãs Catieli Velasque Dal Osto e Luciane Velasque Dal Osto por estarem comigo e me ajudarem de todos os modos possíveis ao longo desses últimos anos.

Agradeço a minha namorada Glenda Lima de Lima, por todo o suporte que me deu ao longo desses anos, inclusive com ajuda em trabalhos de campo e conhecimento a respeito da área de estudo, saiba que você é parte fundamental desta conquista.

Agradeço aos amigos Glein Lima e Cristiane Lima por abrirem as portas de sua casa, e me tratarem sempre de forma cordial e amistosa. O auxílio e amizade de vocês foi muito importante para o desenvolvimento deste trabalho.

Fica aqui também o meu agradecimento ao professor orientador Dr. Waterloo Pereira Filho, pela confiança depositada, compreensão, incentivo, paciência e principalmente pela oportunidade de sua orientação.

Aos professores: Dr. Valmir Viera e Dr. Felipe Correa dos Santos por aceitarem participar da banca de defesa, tenho certeza que ambos irão contribuir muito para a melhoria deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC-UFSM), em especial aos amigos Rafael, Gisieli, Marcos, Ademir e Cristiano pelo companheirismo nos longos momentos juntos em laboratório, e principalmente pelas ajudas frequentes.

Agradeço a parceria dos amigos que ficaram em São Borja, bem como, dos amigos de Santa Maria.

A todos vocês, deixo aqui registrado o meu MUITO OBRIGADO!

RESUMO

INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ DA ARMADA-RS.

AUTOR: JANDERLEI VELASQUE DAL OSTO

ORIENTADOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

A Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada – BHRIA está localizada na porção sudoeste do Rio Grande do Sul. Com uma área de aproximadamente 6.006,7 km² se estende sobre os municípios de Rosário do Sul, Dom Pedrito e Santana do Livramento. O objetivo da pesquisa foi analisar a relação entre as variáveis limnológicas, dados de precipitação e os diversos usos da terra dentro da área de estudo. A metodologia consistiu na aquisição de imagens do satélite SENTINEL 2, para gerar os mapas de uso da terra, com a utilização das bandas 2,3,4 e 8. As classes de uso da terra geradas foram: cultivos agrícolas, campo, solo exposto, floresta, água e área urbana. As variáveis limnológicas analisadas foram: temperatura da água, transparência, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, total de sólidos em suspensão e turbidez. Para a aquisição dos dados limnológicos, foram realizadas 17 missões de campo, em 2 pontos dentro da bacia hidrográfica, entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019, sendo um próximo da área urbana do município de Rosário do Sul e outro na divisa do município com Santana do Livramento. Para uma análise mais completa, os dados de precipitação pluviométrica, foram adquiridos a partir de 3 estações meteorológicas, sendo duas delas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (São Gabriel – A832 e Santana do Livramento – A804) e uma do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Estação Serra do Caverá). Com os dados adquiridos, realizou-se uma média aritmética, buscando uma melhor caracterização da área de estudo. Os mapas de uso da terra mostraram as modificações entre os meses de novembro de 2018 e março de 2019, principalmente no que diz respeito às áreas agrícolas, já que a área de estudo tem na agropecuária sua base econômica, e essas mudanças entre etapas agrícolas, como preparo do solo, cultivo e colheita, influenciaram significativamente nas variáveis limnológicas, principalmente nos sólidos suspensos e na turbidez. Com a utilização de análises estatísticas foi possível perceber a influência da precipitação pluviométrica nas variáveis limnológicas, principalmente na condutividade elétrica, sendo que um fator importante referente a precipitação pluviométrica na área de estudo durante o período de análise foi um momento de precipitação extrema que ocorreu no mês de janeiro, onde a média de precipitação ficou acima dos 400 mm, ocasionando em um evento de enchente no Rio Ibicuí da Armada. Outras variáveis que apresentaram correlação estatística significativa, foram a condutividade elétrica com o pH e também a Turbidez com o Total de Sólidos Suspensos (TSS). Dessa forma, os resultados do presente trabalho ressaltam a importância da aquisição, conhecimento e geração de dados sobre os recursos hídricos, buscando uma maior preservação do meio ambiente.

Palavras-chaves: Água. Limnologia. Uso da Terra. Recursos naturais. Sensoriamento Remoto. Precipitação.

ABSTRACT

INFLUENCE OF LAND USE AND PLUVIOMETRIC PRECIPITATION ON LIMNOLOGICAL VARIABLES OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE RIVER IBICUÍ OF ARMADA - RS.

AUTHOR: JANDERLEI VELASQUE DAL OSTO

ADVISOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

The Ibicuí da Armada River Basin - BHRIA is located in the southwest portion of Rio Grande do Sul. With an area of approximately 6,006.7 km² it extends over the municipalities of Rosário do Sul, Dom Pedrito and Santana do Livramento. The objective of the research was to analyze the relationship between limnological variables, precipitation data and the various land uses within the study area. The methodology consisted of the acquisition of SENTINEL 2 satellite images to generate land use maps using bands 2,3,4 and 8. The land use classes generated were: agricultural activity, field, exposed soil, forest, water and urban area. The limnological variables analyzed were: water temperature, transparency, hydrogen potential, electrical conductivity, total suspended solids and turbidity. For the acquisition of limnological data, 17 field missions were carried out at 2 points within the watershed between October 2018 and April 2019, one closer to the urban area of Rosário do Sul and one to another, a little further away, on the border of the municipality with Santana do Livramento. For a more complete analysis, rainfall data were obtained from 3 meteorological stations, two of them belonging to the National Institute of Meteorology (São Gabriel - A832 and Santana do Livramento - A804) and one from the National Center for Natural Disaster Monitoring and Alerts (Serra do Caverá Station). With the acquired data, an arithmetic mean was performed, seeking a better characterization of the study area. The land use maps showed the changes between November 2018 and March 2019, mainly with regard to agricultural areas, since the study area has its economic base in agriculture, and these changes between agricultural stages, Soil preparation, planting and harvesting significantly influenced limnological variables, mainly suspended solids and turbidity. Through statistical analysis it was possible to realize the influence of rainfall on limnological variables, especially on electrical conductivity, and an important factor regarding rainfall in the study area during the analysis period was a moment of extreme precipitation, which occurred in January, where the average rainfall was above 400 mm, causing a flood event on the Ibicuí da Armada River. Other variables that showed a statistically significant correlation were electrical conductivity with pH and also Turbidity with Total Suspended Solids (TSS). Thus, the results of the present study underscore the importance of the acquisition, knowledge and data generation about water resources, seeking a better preservation of the environment.

Keywords: Water. Limnology. Land use. Natural resources. Remote Sensing. Precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo.....	16
Figura 2- Escala de pH.	24
Figura 3- Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do presente trabalho.....	30
Figura 4 - Em “A” estação amostral localizado no distrito de Campo Seco; em “B” estação amostral localizada próximo à cidade de Rosário do Sul.....	32
Figura 5 – Mapa de Localização das estações amostrais em relação a bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada, da bacia hidrográfica em relação ao Rio Grande do Sul.	33
Figura 6 – Materiais utilizados em laboratório.....	34
Figura 7 - Coleta da temperatura da água diretamente no ponto amostral.	35
Figura 8 – Aquisição dos dados de transparência da água.	35
Figura 9 – Características do entorno do ponto amostral 1.	41
Figura 10: Mapa de Uso da Terra para o mês de novembro de 2018.....	42
Figura 11 – Área pós colheita em março de 2019.	43
Figura 12 – Colheita sendo finalizada nas proximidades do ponto amostral 1 em março de 2019.	44
Figura 13 – Mapa de Uso da Terra para o mês de março de 2019.	45
Figura 14 – Gráfico com os usos da terra em novembro de 2018 e março de 2019.....	46
Figura 15 – Precipitação Pluviométrica ao longo dos 8 meses de trabalhos de campo.....	47
Figura 16 – Ponto amostral 2 com queda significativa no volume de água.	48
Figura 17 – Enchente no município de Rosário do Sul (janeiro 2019).	49
Figura 18 – Acesso as pontes que eram utilizadas como pontos amostrais bloqueados pela enchente, em “a” o ponto amostral 1 e em “b” o ponto amostral 2.....	49
Figura 19 – Locais onde eram realizadas as medidas com o Disco de Secchi.	50
Figura 20 – Gráfico da representação da transparência da água.	51
Figura 21 – Gráfico da representação da temperatura da água.....	51
Figura 22 – Gráfico da representação dos valores de pH.	52
Figura 23 – Margens do Ponto Amostral 2.....	53
Figura 24 – Gráfico com os valores de Condutividade Elétrica.....	54
Figura 25 – Enchente nos campos 10 e 11.	54
Figura 26 – Valores de TSS para os pontos amostrais 1 e 2.....	55
Figura 27 – Margens dos pontos amostrais em novembro de 2018.	56
Figura 28 – Margens dos pontos amostrais em março de 2019.....	57
Figura 29 – Gráfico de representação da Turbidez da água.	57
Figura 30: Diagrama de dispersão entre as variáveis analisadas para o ponto amostral 1.	59
Figura 31: Diagrama de dispersão entre as variáveis analisadas para o ponto amostral 1.	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Datas das missões de campo que foram realizadas.	31
Quadro 2 - Características técnicas do satélite Sentinel-2.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação qualitativa do grau de correlação entre duas variáveis.	27
Tabela 2 - Informações técnicas da estação São Gabriel – A832.....	38
Tabela 3 - Informações técnicas da estação Santana do Livramento – A804.	38
Tabela 4 - Informações técnicas da estação Serra do Caverá.....	38
Tabela 5 - Classificação do Mapa de Uso da Terra - (02/11/2018).....	41
Tabela 6 - Classificação do Mapa de Uso da Terra - (07/03/2019).....	44
Tabela 7: Matriz de correlação entre as variáveis analisadas no ponto amostral 1.	58
Tabela 8: Matriz de correlação p-valor no ponto amostral 1.....	59
Tabela 9: Matriz de correlação entre as variáveis analisadas no ponto amostral 2.	60
Tabela 10: Matriz de correlação p-valor no ponto amostral 1.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS	17
2.2	SENSORIAMENTO REMOTO E USO DA TERRA	18
2.3	VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	20
2.3.1	Condutividade Elétrica (CE)	21
2.3.2	Total de Sólidos em Suspensão (TSS)	21
2.3.3	Turbidez	22
2.3.4	Potencial Hidrogeniônico	23
2.3.5	Temperatura	24
2.3.6	Transparência	25
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	MATERIAIS UTILIZADOS	28
3.1.1	Dados Coletados em Campo	28
3.1.2	Produtos Orbitais	28
3.1.3	Material Cartográfico	28
3.1.4	Softwares	28
3.1.5	Dados Pluviométricos	29
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
3.2.1	Trabalho de Campo	31
3.2.2	Determinação das Variáveis Limnológicas em Laboratório	33
3.2.3	Processamento Digital de Imagens	36
3.2.4	Dados Pluviométricos	37
3.2.5	Tratamento Estatístico	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	USO DA TERRA	40
4.2	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	46
4.3	VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	50
4.3.1	Transparência	50
4.3.2	Temperatura	51
4.3.3	Potencial hidrogeniônico	52
4.3.4	Condutividade Elétrica	53
4.3.5	Total de Sólidos em Suspensão (TSS)	55
4.3.6	Turbidez	57
4.4	CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS	58
4.4.1	Correlação entre as variáveis para o ponto amostral 1.	58
4.4.2	Correlação entre as variáveis para o ponto amostral 2.	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os ambientes aquáticos apresentam-se com grande destaque nos estudos ambientais, principalmente quando focados na qualidade da água, pois é de grande importância para a manutenção de vida dos seres vivos. No entanto, as más utilizações destes ambientes acabam causando alterações físicas e químicas, que são observadas através das variáveis limnológicas. Essas mudanças podem resultar em grandes modificações dos ecossistemas aquáticos, sem perspectivas de recuperação.

O histórico econômico brasileiro teve como grande alicerce a agricultura e a pecuária, que desencadeou grandes mudanças na qualidade ambiental dos recursos hídricos. Essas mudanças resultam em despejos de poluentes industriais e esgotos diretamente nos corpos d'água. Da mesma forma, gera-se desmatamentos que frequentemente acabam resultando em processos erosivos no solo, juntamente com o assoreamento dos canais (KRAMER, 2009).

Devido à complexidade de utilização e jurisdição a respeito dos recursos hídricos, no Brasil, foi possível delimitar três períodos distintos. Até 1970, os aspectos técnicos eram os predominantes, concentrando em obras de engenharia e competência tecnológica. Na década de 1980, os problemas de engenharia de recursos hídricos ganharam ênfase, para a elaboração de projetos. Já no final da década de 1990, juntamente com o início do século XXI, parte significativa dos esforços ocorreram sobre o conjunto de condicionamentos ambientais, sociais, econômicos e institucionais (COSTA, 2003).

Atualmente, a sociedade está cada vez mais preocupada com os problemas ambientais, que estão crescendo de forma significativa. Entre esses problemas ambientais, os corpos d'água recebem grande destaque, pois denunciam as realidades locais de cada região. Escassez de terras férteis, desenvolvimento socioeconômico com diversas modificações no uso da terra e as formas como são desempenhadas as atividades agrícolas dentro da bacia hidrográfica, são as causas das alterações negativas sobre o ambiente aquático, na grande maioria, no entorno das redes de drenagem (TUNDISI, 1988).

Nos últimos anos, a qualidade da água doce tem sofrido intensa deterioração, embora seja um bem renovável, por meio do ciclo hidrológico, processos intensos de poluição têm atuado sobre ela, o que acaba comprometendo este bem natural. Com esse problema, o monitoramento da qualidade da água, juntamente com a identificação de pontos mais críticos tem aumentado, devido à crescente preocupação. Isso tudo com o objetivo de planejar projetos de conservação e gerenciamento de ambientes aquáticos (SANTOS, 2012).

O despejo de material orgânico no corpo hídrico, resultado das atividades antrópicas, como esgoto doméstico, resíduos poluidores, entre outras, acabam caracterizando então o processo de eutrofização, bem como a degradação da qualidade das águas (Hadlich e Scheibe, 2007).

A bacia hidrográfica apresenta-se como o espaço de gestão dos diversos usos da água, onde nela é possível perceber e compreender os impactos causados pelo homem sobre a quantidade e a qualidade da água como resultado dos fenômenos naturais e da atuação do homem. De modo geral, é possível dizer que a qualidade da água é a função das condições naturais, bem como, do uso da terra dentro da área da bacia hidrográfica (VON SPERLIN, 2005).

O uso da terra, é de grande importância e relevância para o manejo e preservação dos recursos naturais, ainda mais quando se trata de áreas de preservação permanente, no entorno dos cursos d'água. Os fatores que influenciam na proteção e configuração da flora e fauna tanto do ecossistema terrestre, quanto do ecossistema aquático, devem ser levados em conta, pois a alteração das características de um ecossistema pode acarretar na alteração do outro, causando diversos problemas. Um exemplo é a grande quantidade de agrotóxicos das lavouras para o manancial hídrico acarretando em um crescimento exagerado das plantas aquáticas, que por sua vez, causam a morte de peixes de determinados ambientes pela falta de oxigenação (ESTEVES, 1998; TUNDISI et al., 1999).

O sensoriamento remoto apresenta-se como uma técnica importante para o conhecimento da superfície, de modo que, considera sua variação espacial e temporal. A utilização de imagens de satélite, para o mapeamento do uso da terra, tem a vantagem de poder ser atualizado de forma periódica, atendendo assim, as necessidades dos estudos que utilizam desta técnica (ANDERSON e SHIMABUKURO, 2005). Contudo, ainda é possível destacar, que as informações obtidas são de extrema importância para diversas atividades, como o monitoramento dos recursos hídricos, gestão urbana, previsão e gerenciamento agrícola, entre outras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a relação entre as variáveis limnológicas com dados de pluviosidade e de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Ibicuí da armada.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a relação entre os dados de precipitação com as variáveis limnológicas da área de estudo;
- Avaliar as relações entre as variáveis limnológicas e as diferentes fases agrícolas;
- Analisar o efeito dos diferentes usos da terra em suas fases de preparo do solo, crescimento vegetativo e colheita sobre os dados das variáveis limnológicas, inseridos no contexto da precipitação pluviométrica.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

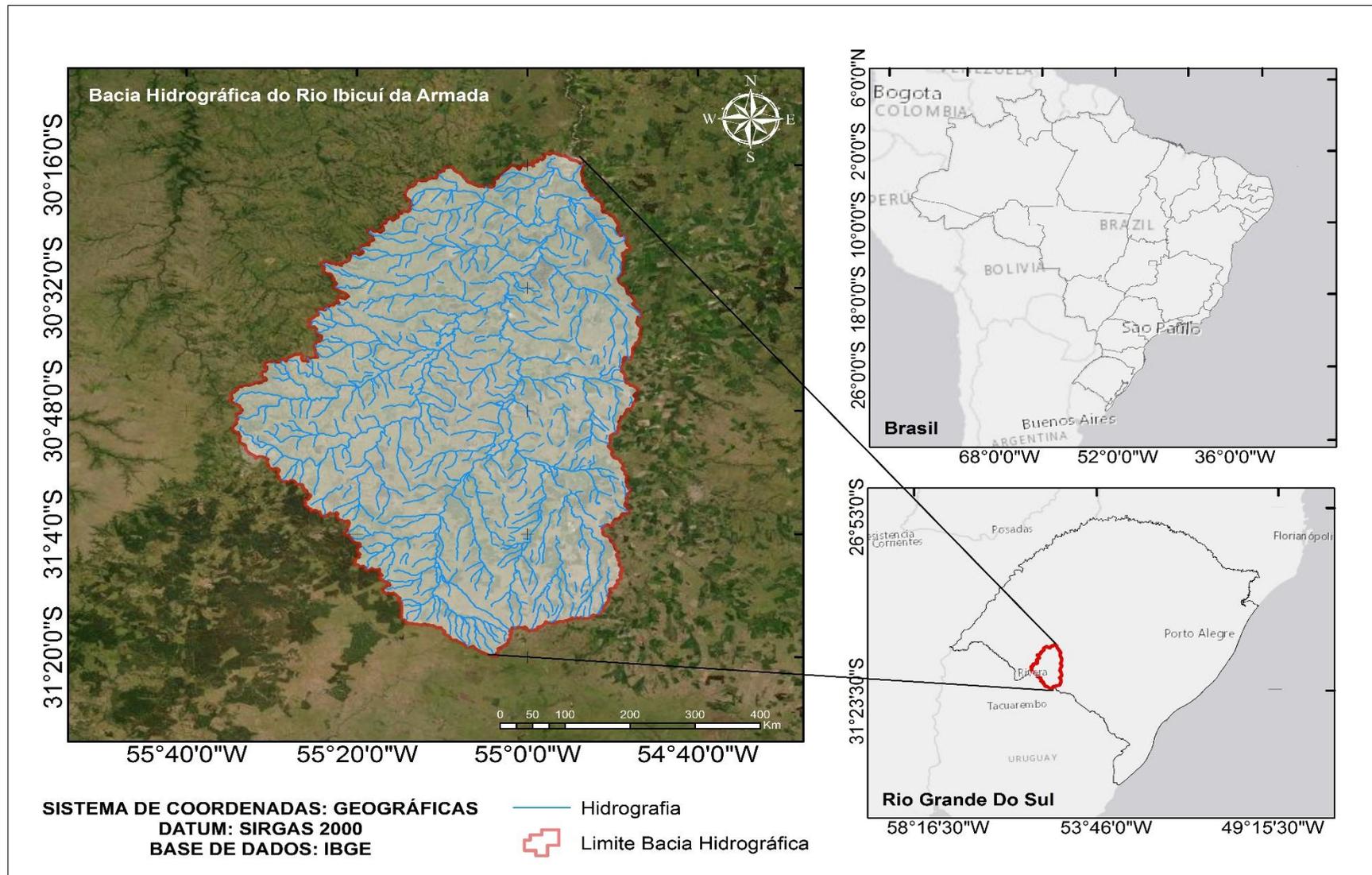
A área estudada é a da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada – BHRIA, localizada na porção sudoeste do Rio Grande do Sul. Sua área se estende sobre os municípios de Rosário do Sul, Dom Pedrito e Santana do Livramento (Figura 1).

O rio Ibicuí da Armada é afluente do rio Santa Maria e faz parte da bacia hidrográfica do rio Santa Maria U-70 (SEMA, 2005). Segundo dados disponibilizados no Portal HidroWeb, da AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), a bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada possui uma área de drenagem de 6.010 km² aproximadamente.

O Rio Grande do Sul apresenta uma das maiores redes hidrográficas do Brasil, com maior disponibilidade de água, além de, uma densa malha hidrográfica superficial, que é dividida em três grandes bacias: a bacia do Uruguai, que faz parte da Bacia do Rio da Prata, o qual drena aproximadamente 57% da área total do Estado; a do Guaíba que drena cerca de 30% e a litorânea, que abrange em torno de 13% do território gaúcho. A bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada está localizada na maior bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul, a bacia hidrográfica do Uruguai. Esta bacia tem seu uso da terra vinculado diretamente a atividades agrícolas, bem como, pecuária e atividades agroindustriais (PESSOA, 2017).

Segundo a classificação climática de Köppen (1948), o sudoeste gaúcho é definido como subtropical úmido, do tipo Cfa, caracterizando-se pela presença de invernos frios, verões quentes e sem a presença de uma estação seca.

Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo.



Fonte: O Autor (2019)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Toda a área de captação natural da água da chuva que escoar de modo superficial para um corpo de água ou seu contribuinte é entendida como bacia hidrográfica. O relevo define o limite da bacia hidrográfica, onde as áreas mais elevadas são consideradas como divisores de águas. O nome da bacia tem relação com o corpo de água principal, ele recebe contribuição de seus afluentes, onde cada um deles pode apresentar diversos contribuintes menores, alimentados direta ou indiretamente por nascentes (RIO GRANDE DO SUL, 2010).

Microbacias hidrográficas são unidades naturais de planejamento ambiental, intervenção e monitoramento. Devido a suas dimensões mais reduzidas, os gerenciamentos dos recursos hídricos são favorecidos, uma vez que, permite um maior controle nos impactos ambientais, desequilíbrios da paisagem e nas mudanças nos fluxos de energia (cargas sólidas, descargas e dissolvidas). Algumas alterações podem apresentar origem e causas naturais, porém essas alterações podem ser agravadas através das atividades antrópicas resultantes do tipo de uso da terra, como por exemplo através das práticas de mineração, agrícolas, desmatamento, entre outros. (GUERRA & CUNHA, 2004; MEDEIROS et al., 2009).

Segundo Tundisi (2005) a bacia hidrográfica foi considerada a unidade de planejamento e gestão mais adequada para gerenciar e otimizar os usos múltiplos sob o olhar de um desenvolvimento sustentável. O autor ainda destaca, alguns países como: Brasil, Chile, Argentina e México; por já terem implantado mecanismos para a gestão de recursos hídricos.

Pesquisas que utilizam como unidade de estudo a bacia hidrográfica, precisam considerar a importância de se constituir uma base organizacional para o gerenciamento dos recursos hídricos. Assim, faz-se necessário implementar uma base de dados referenciada, com o objetivo de integrar as informações, buscando a troca e divulgação de informações a respeito desta unidade de estudo. A bacia hidrográfica adapta-se como unidade básica para a gestão dos recursos hídricos, pois os elementos naturais estão conectados através do ciclo hidrológico. (ALBERTI, 2015).

Estudos realizados em bacias hidrográficas são de grande importância para ter uma maior compreensão da dinâmica aquática, partindo dos atributos que a qualificam até as consequências ambientais, pois permitem que o pesquisador realize uma observação integrada de diversos aspectos ambientais, como vegetação, solos, água, bem como, os impactos gerados

por meio do uso da terra. Tudo isso, buscando garantir uma maior sustentabilidade do ecossistema aquático e do ciclo da água. (AVAZANI, 2005).

O ecossistema aquático é compreendido por dois sistemas: biótico e abiótico, onde ambos são vulneráveis à entrada e saída do ecossistema terrestre. Desta forma, o ambiente aquático é um sistema aberto, que apresenta grande influência das características do ambiente terrestre, deste modo, da ação humana. Desta forma, a principal entrada no ecossistema aquático são as chuvas, tanto da recepção direta in situ e indireta, por meio do escoamento superficial na bacia hidrográfica. A chuva é a responsável principal pelas mudanças no sistema aquático, pela interação com o ambiente terrestre, juntamente das características próprias da água.

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO E USO DA TERRA

O sensoriamento remoto é definido como a utilização de sensores para estudar fenômenos, eventos e processos que acontecem na superfície terrestre sem que ocorra o contato físico entre eles (NOVO, 2008). A aquisição dos dados ocorre com o registro e análise das interações que se estabelecem entre as substâncias que compõem o alvo que está sendo estudado, e a radiação eletromagnética. Depois da aquisição, ocorre o armazenamento, processamento e análise dos dados, buscando a extração das informações referentes ao alvo estudado.

A radiação eletromagnética interage com os alvos da superfície e com o próprio solo, porém, essa interação depende das características dos alvos e do ambiente que os cercam, apresentando, assim, valores diferentes de energia absorvida e refletida, o que acaba possibilitando o discernimento de diversas ocupações da superfície terrestre, sendo que cada alvo possui diferentes respostas espectrais (MOREIRA, 2005).

A resolução temporal é um fator de grande importância dentro do sensoriamento remoto, pois realiza o registro de informações de alvos presentes na superfície terrestre em um determinado momento do tempo. Para o estudo da evolução da paisagem e identificação de processos em desenvolvimento, essa obtenção de diversos registros de um mesmo alvo ao longo do tempo é de grande importância (HAACK et al., 1997).

As imagens provenientes de sensores remoto são de grande valor como recurso para obtenção de dados da superfície terrestre. Essa tecnologia é utilizada em estudos referentes ao uso da terra, principalmente para análise comparativa da evolução no tempo/espaço e o avanço da ocupação humana tanto em áreas florestais, agrícolas e urbanas. O registro de informações a respeito de um objeto, área ou fenômeno natural que possa ser registrado, é o princípio desta

tecnologia. A forma utilizada para adquirir estas informações se dá através da construção de sensores que consigam registrar a REM – Radiação Eletromagnética que é emitida ou refletida pelo alvo e transformado em dados que possam ser convertidos em informações a respeito do ambiente. Para monitoramento ambiental é considerada uma das ferramentas mais importantes, projetados para essa finalidade e instalados a bordo de satélites e aeronaves (EPIPHANIO; KRUG; FORMAGGIO, 2008).

Imagens de sensores remotos são dados brutos, sendo que para se extrair as informações é necessário analisar e interpretar os dados por uma pessoa qualificada. Dessa forma, busca-se identificar objetos que nelas são representados, dando um significado a esses objetos, que podem ser analisados como estradas, rios, áreas urbanas, áreas de cultivos agrícolas, florestas. As análises e interpretações destes dados podem acabar resultando em um mapa (ALBERTI, 2015).

Os mapeamentos relacionados ao uso da terra de um determinado local são considerados de grande valia no que diz respeito a compreensão da organização do espaço e das mudanças nele ocorridas, sendo que o meio ambiente está em constante transformação devido ao aumento das atividades antrópicas (SILVEIRA, 2014).

Segundo o IBGE (2006) o levantamento a respeito do uso da terra comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, tornando-se assim uma ferramenta de grande auxílio ao planejamento.

Com relação aos corpos d'água, Barbieri (2012) diz que o regime fluvial depende, em sua maioria, da quantidade de água em que os mesmos recebem e que varia em função da quantidade e intensidade da chuva, da natureza da rocha e do solo, sobre os que eles derivam e também da topografia da superfície. Desta forma, os valores de precipitação pluviométrica devem ser utilizados na análise dos dados provenientes do sensoriamento remoto, bem como dos dados limnológicos, pois quando associados ao uso do solo apresentam grandes influências através do transporte de material para as bacias de captação.

O uso da terra apresenta grande importância com relação a ocorrência natural da água, pois as intervenções humanas, como desmatamento e urbanização, são fatores que modificam o ciclo hidrológico, por meio de fatores que provocam prejuízo ao meio ambiente, como por exemplo a diminuição da evapotranspiração. Parâmetros que traduzem a qualidade da água com suas características químicas, físicas e biológicas estão diretamente ligados a contaminação dos mananciais, fazendo com que o abastecimento humano seja prejudicado (VON SPERLING, 2005).

Inovações tecnológicas propiciadas pelo sensoriamento remoto acabaram dinamizando o monitoramento e estudo em diversas áreas, causando mudanças na busca de informações a respeito do espaço geográfica pela sociedade, contribuindo para o conhecimento da variedade espacial de nossos ambientes (BATISTELLA; CRISCUOLO; BOLFE, 2008).

2.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

A Limnologia se apresenta como a ciência que estuda os corpos hídricos continentais, tais como reservatórios, lagos, rios, e demais áreas úmidas. Esta ciência está diretamente ligada a hidrologia e pode ser considerada uma ciência interdisciplinar, sustentada nos estudos físicos, químicos e biológicos desses ambientes. Uma variável limnológica é determinada pelo valor das características físico-químicas e biológicas existentes num corpo de água. (DUNNE e BOARD, 1998; ESTEVES, 1998).

Segundo Esteves (2011) a avaliação dos parâmetros limnológicos é uma importante ferramenta de estudo, que direciona aos problemas ambientais em sistemas aquáticos. Nesse contexto, este tipo de estudo contribui em uma compreensão dos principais mecanismos de funcionamento de ecossistemas fluviais, auxiliando a gestão da qualidade da água como um importante meio de monitoramento e recuperação dos cursos hídricos.

Até meados de 1950, as pesquisas sobre limnologia, tinham caráter descritivo com relação a tipologia dos lagos e as relações de causa e efeito que eram observados. Após esse momento, as pesquisas passaram a conter fases experimentais tanto em campo quanto em laboratório, muito disso, pelo avanço das tecnologias. Atualmente, técnicas estatísticas e matemáticas auxiliam no conhecimento das inter-relações dos componentes dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

Nas últimas décadas, as pesquisas relacionadas a limnologia têm assumido um caráter experimental, cada vez maior no Brasil. Com a ajuda dessas pesquisas é possível se adquirir subsídios indispensáveis para as diversas formas de manejo dos ecossistemas aquáticos. Contribui ainda para a recuperação de ambientes aquáticos continentais, principalmente os que se apresentam seriamente comprometidos nas regiões onde são fontes de abastecimento. Geralmente este comprometimento tem relação com os fenômenos de eutrofização artificial, uso indevido de suas margens, poluição, entre outros (ESTEVES, 1998; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Desta forma, a limnologia tem um papel de extrema importância nos dias atuais, visto que, os estudos limnológicos são fundamentais para a implantação de medidas relacionadas ao

planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, juntamente com um melhor acompanhamento das ações de conservação e recuperação dos ecossistemas aquáticos continentais. (SANTOS, 2012).

2.3.1 Condutividade Elétrica (CE).

A condutividade é a expressão numérica da capacidade da água em conduzir uma corrente elétrica. Ela depende da temperatura e das concentrações iônicas, ela indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água. Assim, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. De modo geral, níveis de condutividade elétrica maiores que 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. A condutividade elétrica aumenta conforme a medida em que os sólidos dissolvidos são adicionados, grandes valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2009).

A condutividade elétrica é uma variável limnológica de vital importância no metabolismo do ecossistema aquático, pois ela está relacionada com a capacidade de propagação de energia e partículas e nutrientes sólidos dissolvidos na água (TDS), podendo assim, ajudar na identificação de fontes poluidoras (ESTEVES, 1998; PEREIRA FILHO, 2000). O valor da condutividade elétrica é inversamente proporcional ao valor do índice pluviométrico, assim, dizemos que quanto maior for o valor da condutividade elétrica, menor será o valor do índice pluviométrico, e vice-versa (ESTEVES, 1998).

A Condutividade Elétrica fornece informações sobre o metabolismo do sistema aquático e também de fenômenos importantes que ocorrem na bacia de captação. A composição iônica está relacionada com o regime de chuvas do local, geologia e da atividade antrópica, que alteram as concentrações de macronutrientes, fornecendo desta forma, subsídios em relação às fontes poluidoras e a diferenças geoquímicas dos efluentes (ESTEVES; CALIMAN, 2011).

2.3.2 Total de Sólidos em Suspensão (TSS)

Por meio de estudos de controle da poluição em águas naturais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação a sua natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos) ou com relação ao tamanho (sólidos dissolvidos e em suspensão) (PRADO, 2014).

O total de sólidos em suspensão (TSS) é considerado como todo o material particulado em suspensão na água e que não passa por um filtro de 0,45 μm . (TCHOBANOGLOUS e

SCHROEDER, 1987). É compreendido pelos sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão, onde a fração orgânica é representada principalmente pelo fitoplâncton e substâncias húmicas, e a fração inorgânica é constituída principalmente por silte e argila. (TODESCHINI, 2004; ESTEVES, 1998).

Sedimentos em suspensão fazem parte da natureza intrínseca dos corpos d'água, porém, em alguns casos, esses sedimentos podem acarretar em problemas. Os sólidos podem causar danos à vida aquática, podendo sedimentar o leito dos rios, aniquilando organismos que fornecem alimentos ou danificar os leitos de desova de peixes. Grandes concentrações de sais minerais, estão ligadas a tendência de corrosão nos sistemas de distribuição, podendo ainda, atribuir sabor a água (CETESB, 2009).

O total de sólidos em suspensão reflete a carreação de partículas orgânicas e inorgânicas através do escoamento superficial que ocorre nas sub-bacias hidrográficas até chegar ao corpo hídrico principal. (WACHHOLZ, 2007). Porém, em função do solo e do tipo de uso do solo existe uma variação na perda do material suspenso. Áreas de preservação florestal, com incidências pluviométricas, acabam disponibilizando um nível menor de partículas para o sistema aquático, se comparado com as áreas agrícolas, ainda mais se, as áreas agrícolas, envolverem revolvimento da camada superficial do solo (KAISER, 2015).

Através disso, é possível determinar o valor do TSS na unidade mg/L para cada amostra através da Equação 1.

(1)

$$\text{TSS} = [(P_f - P_i) / V] \times 1000$$

Onde: TSS = Total de Sólidos em Suspensão, Pf = Peso final do filtro,

Pi = Peso inicial do filtro e

V = Volume da amostra.

2.3.3 Turbidez

Os corpos d'água são diretamente influenciados pelo clima, que pode provocar alterações no seu metabolismo. Quando há maior incidência de chuvas possibilita o aumento da turbidez devido ao aporte de material particulado que é carregado pela chuva para o corpo d'água (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012).

A turbidez de uma determinada amostra d'água é o grau de atenuação de intensidade em que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, ou seja, é a redução da transparência da água

devido a presença de materiais em suspensão, como partículas inorgânicas finamente divididas, como areia, argila, silte e também detritos orgânicos, como algas e bactérias, originados tanto de esgotos domésticos e industriais, como de processos naturais (CETESB, 2009).

Em estações chuvosas, as erosões nas margens dos rios são intensificadas devido ao manejo inadequado do solo. Alterações em dosagens de coagulantes e auxiliares em estações de tratamento de águas, é um exemplo de fenômeno que provoca o aumento da turbidez das águas. Deste modo, a poluição acontece de forma sistêmica, gerando inter-relações de problemas de um ambiente para outro (ESTEVES, 1998).

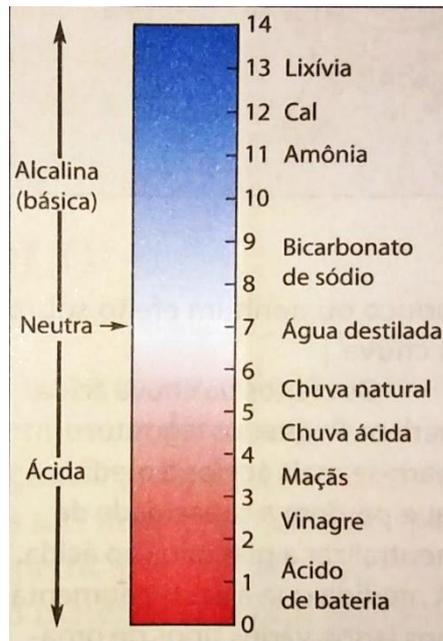
O estudo da turbidez é importante, pois a mesma pode gerar alguns problemas. Quando ocorre por questões naturais, não traz inconvenientes sanitários diretos, embora seja esteticamente desagradável na água potável. Quando gerados pela ação antrópica pode estar associada organismos patogênicos e compostos tóxicos. Nos corpos d'água a turbidez pode reduzir a penetração de luz, sendo prejudicial à fotossíntese (VON SPERLING, 1996).

2.3.4 Potencial Hidrogeniônico

É a medida da intensidade do caráter ácido de uma solução. É uma relação numérica que exprime o equilíbrio entre os íons de hidrogênio (H^+) e íons de oxidrilas (OH^-) no meio; é medida na escala de pH que vai de 0 a 14 (Figura 2); indicando se uma solução é ácida (pH menor que 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH de uma amostra d'água tem relação com a sua origem, juntamente com as suas características naturais do ambiente em que está inserido. Porém, pode ser alterado de acordo com a introdução de resíduos; pH com valores mais baixos tornam a água mais corrosiva; águas com valores de pH mais altos tendem a gerar depósitos que se formam no interior das tubulações, que são chamadas incrustações (MOTA, 1997).

O pH dos cursos d'água relaciona-se com a dissolução de rochas, fotossíntese, absorção de gases da atmosfera, ação antrópica, e oxidação da matéria orgânica. Águas extremamente ácidas ou básicas, devido às questões sanitárias, poderiam causar alguma forma de problemas de saúde para a população (VON SPERLING, 2005).

Figura 2- Escala de pH.



Fonte: Wicander (2009)

Devido a sua influência em diversos equilíbrios químicos, que ocorrem de forma natural ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro de grande importância em diversos estudos no campo do saneamento ambiental. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais, ocorre diretamente pelos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Ainda, em determinadas condições de pH, o efeito indireto é muito importante, podendo contribuir para a ocorrência de precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados; outras condições podem desempenhar implicações sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2009).

2.3.5 Temperatura

A temperatura da água é um limitador geográfico importante na distribuição geográfica de algumas espécies de animais e plantas. Em reservatórios de águas continentais, as grandes mudanças de temperatura podem causar drásticos efeitos nas comunidades bióticas e fazer com que ocorra alterações nas características químicas da água. (PRADO, 2014).

Os corpos d'água tem sua temperatura ligada diretamente ao regime climático em que está inserido. Estes podem apresentar mudanças sazonais e diurnas, assim como estratificação vertical. Vários fatores influenciam a temperatura superficial por diversos motivos, como a altitude, latitude, período do dia, estação do ano, profundidade, entre outros. Quando se observa

um aumento da temperatura nos corpos d'água, relaciona-se isso diretamente com as usinas termelétricas, bem como, os despejos industriais (CETESB, 2009).

A temperatura da água é proporcional à transparência e inversamente proporcional ao TSS, dessa forma, quanto maior a temperatura do corpo d'água, maior a transparência e menor o TSS na água. Reservatórios e lagos apresentam um gradiente de temperatura conforme a profundidade, que na maioria das vezes está associado as condições sazonais e climáticas (WETZEL, 1983; ESTEVES, 1998).

2.3.6 Transparência

A variável transparência da água pode variar desde centímetros até metros, isso depende diretamente da quantidade de material dissolvido e em suspensão presente na coluna d'água. A sua medição é realizada em campo com a utilização do disco de Secchi – DS (ALBERTI, 2015).

Quanto menor a dispersão do campo da luz, maior é a transparência da água e maior a medida de profundidade do DS. De certo modo, o valor do DS é proporcionalmente inverso a quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no percurso da luz e ao coeficiente de atenuação da irradiância. (KIRK, 1994; ESTEVES, 1998).

A profundidade do disco de Secchi relaciona-se com a radiação da faixa do visível em que não é mais sensível ao olho humano. Desta forma, a transparência da água é inversamente proporcional à turbidez, sendo que águas túrbidas tendem a apresentar valores menores de transparência (WACHHOLZ, 2007).

Zona eufótica é conceituada segundo Esteves e Caliman (2011, p. 116) como “... a camada de água vertical determinada pela penetração de luz capaz de manter valores positivos de produção primária líquida”.

A equação 2 estimula a zona eufótica através dos valores de transparência do disco de Secchi (ESTEVES, 1998). O desaparecimento do disco de Secchi equivale a 10% da radiação superficial. O limite inferior da zona eufótica recebe apenas 1% da irradiância recebida na superfície, sendo que abaixo dessa recebe o nome de zona afótica (KIRK, 1994).

(2)

$$ZF = 3 \times DS$$

Onde: ZF é a Zona Fótica; DS é a profundidade Secchi em metros.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

No equilíbrio do ambiente aquático, algumas variáveis apresentam correlações que podem ser identificadas através da análise estatística de correlação. Ela formaliza e padroniza os procedimentos buscando a interpretação dos dados, dessa forma obtendo maior confiabilidade às conclusões que são estabelecidas (BARIANI, 2012).

Segundo Callegari-Jacques (2003) a correlação linear simples (r) é uma medida de intensidade da associação entre duas variáveis quantitativas, sendo que sua forma de cálculo foi proposta em 1897 por Karl Pearson, sendo então chamada de coeficiente de correlação de Pearson. Este coeficiente pode variar entre -1 e +1, sendo que os valores positivos de r acontecem quando a correlação é direta, sendo assim, quando x e y variam no mesmo sentido. Já os valores negativos, mostram uma correlação inversa, desse modo, quando o x diminui, y aumenta em média (ou vice-versa). O valor máximo de r , tanto negativo quanto positivo, referem-se aos pontos que estão em uma linha reta inclinada dentro de um diagrama. Porém, quando os pontos se distribuem de forma aleatória, significa que não há correlação entre os dados analisados.

Ainda segundo Callegari-Jacques (2003), o coeficiente de correlação de Pearson é calculado segundo a equação 3:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} \quad (3)$$

Onde:

r = coeficiente de correlação; x , y = variáveis aleatórias; n = número de observações.

Após verificar a existência de correlação entre os dados é possível avaliar de forma qualitativa a intensidade, usando o critério apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação qualitativa do grau de correlação entre duas variáveis.

$ r $	A correlação é dita
0	Nula
0 - 0,3	Fraca
0,3 † 0,6	Regular
0,6 † 0,9	Forte
0,9 † 1	Muito forte
1	Plena ou perfeita

Fonte: adaptado de (CALLEGARI-JACQUES, 2003, p. 90).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

3.1.1 Dados Coletados em Campo

- Temperatura, com a utilização de um termômetro simples de bulbo, para coleta da temperatura da água e do ar;
- Amostra em garrafas de 600 ml, para realizar o processamento em laboratório para a obtenção dos dados de condutividade elétrica, total de sólidos em suspensão, turbidez, potencial hidrogeniônico.
- Transparência da Água com a utilização do Disco de Secchi.

3.1.2 Produtos Orbitais

- Imagens da Agência Espacial Europeia – ESA, sistema SENTINEL 2, obtidas junto ao catálogo de imagens do portal Land Viewer da EOS (Earth Observing System) para posterior classificação do uso da terra.

3.1.3 Material Cartográfico

- Cartas Topográficas do Exército com Escala 1/50.000: como base cartográfica para a elaboração do mapa base, folhas: Guará (SH.21-Z-B-I-4), Vila São Leandro (SH.21-Z-B-I-3), Rosário do Sul (SH.21-Z-B-II-3), Passo do Cerrito (SH.21-Z-A-VI-2), Tarumã (SH.21-Z-B-IV-1), Pampeiro (SH.21-Z-B-IV-2), Vila Brasília (SH. 21-Z-B-V-1), Santana do Livramento (SH.21-Z-A-VI-4), Palomas (SH.21-Z-B-IV-3), Engenheiro Madureira (SH. 21-Z-B-IV-4), Upacarái (SH. 21-Z-B-V-3), Restinga do Upamaroti (SH.21-Z-D-I-2), Igrejinha (SH.21-Z-D-II-1), Três Vendas (SH.21-Z-D-I-4), Ponche Verde (SH.21-Z-D-II-3), Marco Itaquatiá (SH.21-Z-D-I-1).

3.1.4 Softwares

- *Software* ENVI Classic 5.3 para a classificação de uso da terra.
- *Software* ArcGIS versão 10.5 para a criação e manutenção do banco de dados geográficos.

- *Software Excel 2013* do pacote *Microsoft Office* para a organização, tabulação e geração de gráficos referentes aos dados limnológicos.
- *Software Action 2.9* para os procedimentos estatísticos.

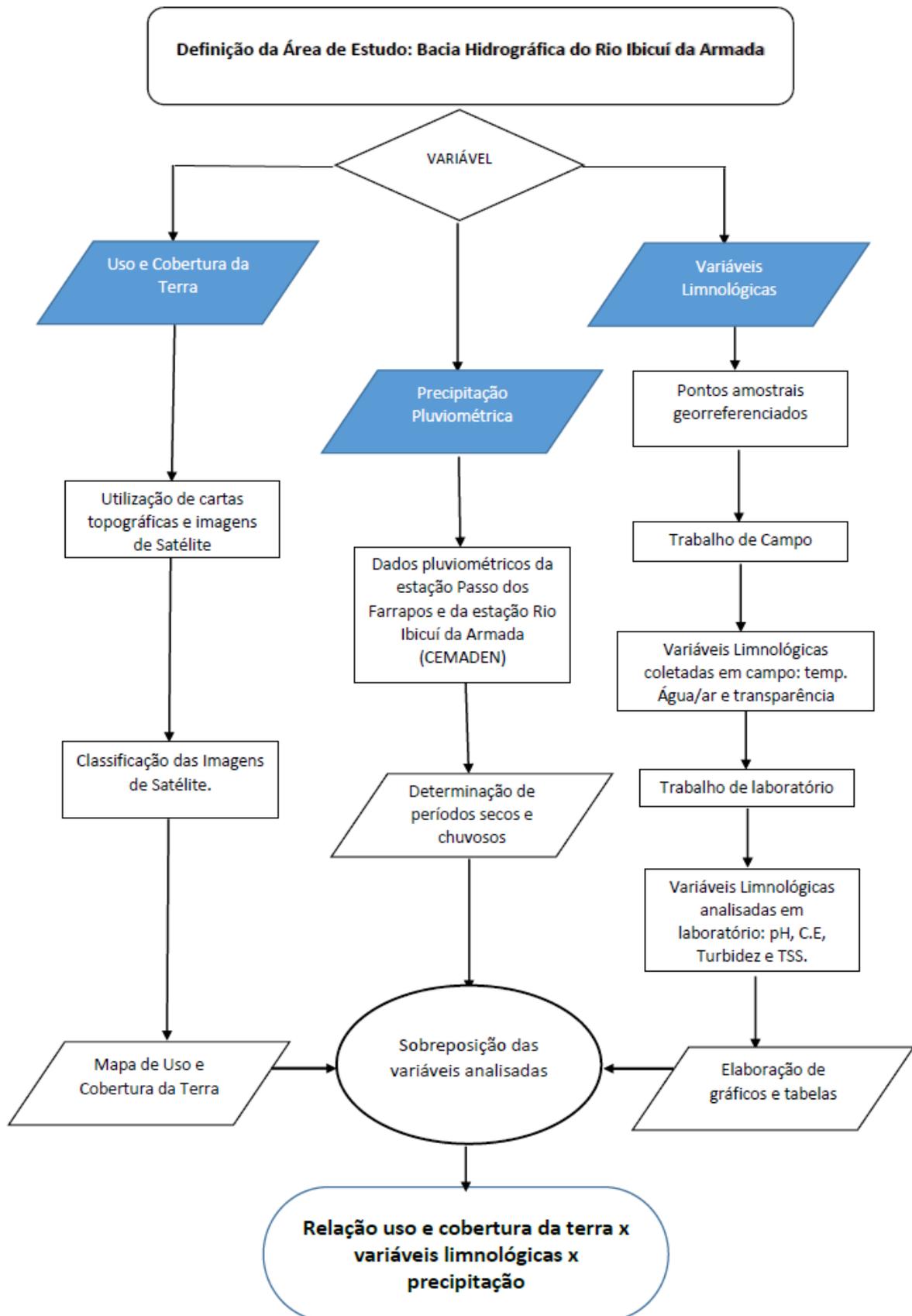
3.1.5 Dados Pluviométricos

- Dados pluviométricos disponibilizados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e CEMADEN – Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos da pesquisa, baseiam-se no fluxograma simplificado, conforme a Figura 3. São descritos, na sequência, de forma mais detalhada.

Figura 3- Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do presente trabalho.



3.2.1 Trabalho de Campo

As coletas de amostras de água na área de estudo foram realizadas entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019 totalizando 17 missões de campo (quadro 1) em dois pontos amostrais localizados no rio Ibicuí da Armada. O primeiro ponto amostral está localizado na ponte que fica na divisa entre os municípios de Rosário do Sul e Santana do Livramento (Figura 4a) na latitude de - 30° 31' 05,01" e longitude - 55° 02' 35,11". Já o segundo ponto fica na ponte do Rio Ibicuí da Armada (Figura 4b) a aproximadamente 3 km do centro urbano do município de Rosário do Sul na latitude de -30,280833 e longitude -54,903056.

Quadro 1 – Datas das missões de campo que foram realizadas.

Missão de campo	Data
1	25/10/2018
2	01/11/2018
3	07/11/2018
4	14/11/2018
5	21/11/2018
6	11/12/2018
7	18/12/2018
8	23/12/2018
9	31/12/2018
10	15/01/2019
11	22/01/2019
12	12/02/2019
13	19/02/2019
14	02/03/2019
15	18/03/2019
16	26/03/2019
17	09/04/2019

Fonte: o autor (2019)

Figura 4 - Em “A” estação amostral localizado no distrito de Campo Seco; em “B” estação amostral localizada próximo à cidade de Rosário do Sul.

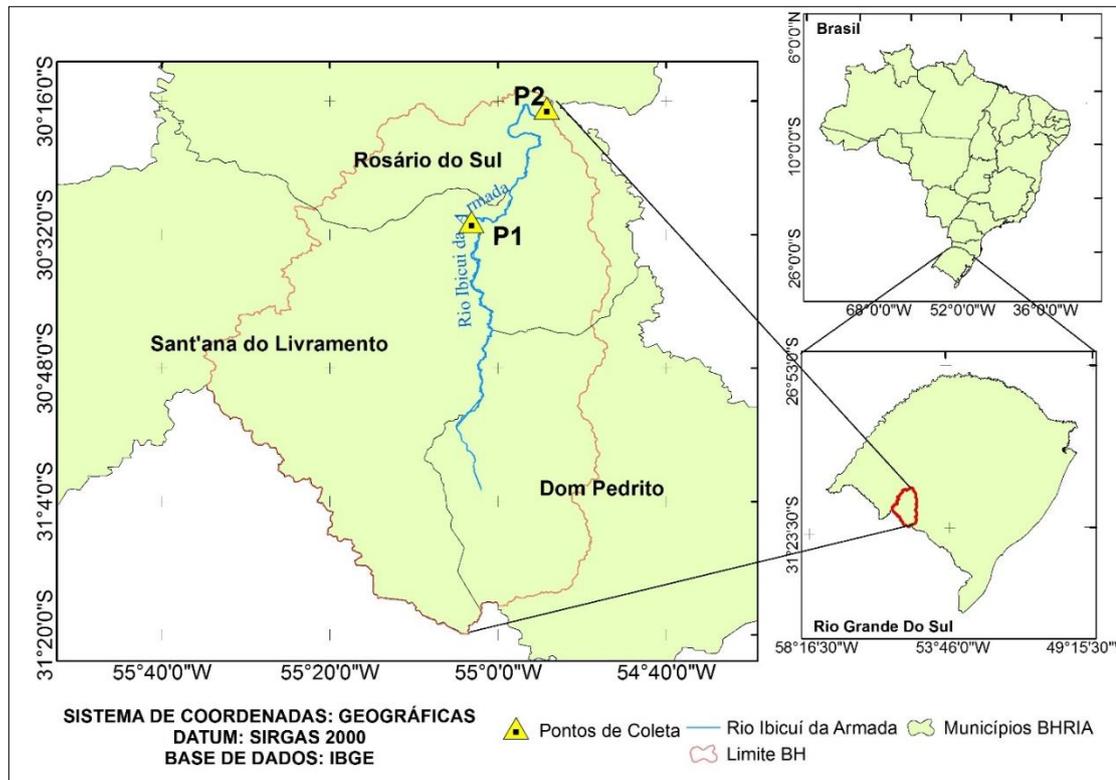


Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Estes pontos foram escolhidos por caracterizarem distintos aspectos físicos dentro da bacia hidrográfica, sendo que o P1 tem em seu entorno o predomínio de áreas de campo e agricultura, e o P2 tem às suas margens a área urbana do município, bem como, áreas agrícolas.

As localizações dos pontos de coleta podem ser visualizadas no mapa da Figura 5.

Figura 5 – Mapa de Localização das estações amostrais em relação a bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada, da bacia hidrográfica em relação ao Rio Grande do Sul.



Fonte: o autor (2018).

3.2.2 Determinação das Variáveis Limnológicas em Laboratório

Para adquirir os dados de Condutividade Elétrica, total de Sólidos em Suspensão, Turbidez e Potencial Hidrogeniônico foram coletadas em campo amostras de água em garrafas de 600 ml para realizar as medidas em laboratório.

Para a aquisição dos valores de Condutividade Elétrica foi utilizado o condutímetro HANNA - HI99300 (Figura 6a), calibrado com solução 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, já os valores de pH foram adquiridos através do Peagâmetro HANNA - HI8424 (Figura 6b) e a turbidez através da Sonda multiparâmetro Horiba - U53 (Figura 6c).

O TSS foi determinado conforme APHA (2005). Para a filtragem foram utilizados filtros de celulose (Marca Millipore - HAWG047S0) constituída por membranas HA em Ester de Celulose com poros de 0,45 μm e diâmetro de 47 mm (MILLIPORE, 2011) (Figura 6d), juntamente com a bomba de vácuo (Figura 6e).

O volume de água utilizado no processo de filtragem foi de 150 ml. Primeiramente os filtros foram secos durante 24 horas na estufa a 50°C de temperatura (Figura 6f), buscando anular a presença de umidade, assim resultando no Pi (Peso Inicial). Depois, os filtros foram pesados na balança analítica da marca Bel ® Engineering (acurácia de 0,0001 g) (Figura 6g) e logo após foi encaminhado para a filtragem das amostras de água que foram analisadas.

Por fim os filtros foram novamente conduzidos a estufa com as mesmas condições de temperatura e tempo, para posteriormente serem pesados, chegando dessa forma ao Pf (Peso Final).

Com o valor das pesagens, foi possível proceder o cálculo. A diferença entre peso final e peso inicial após desidratação é a quantidade de sólidos totais que estão presentes nas amostras.

Com os valores das pesagens, foi realizado o cálculo para determinar a quantidade de sedimento por amostra. Para isso, se utiliza a equação (1).

$$TSS = \frac{P_{fg} - P_{ig}}{V} \times 1.000 \quad (1)$$

Onde:

TSS - Total de Sólidos em Suspensão

Pf - Peso Final (g)

Pi - Peso Inicial (g)

V – Volume (L)

Figura 6 – Materiais utilizados em laboratório.



As temperaturas da água e do ar foram medidas com o uso do termômetro simples de bulbo sempre realizando primeiro a medida da temperatura do ar e posteriormente a temperatura da água. O termômetro utilizado registra diretamente no painel digital a temperatura da água, conforme ilustrado na Figura 7. Estas medidas foram realizadas no próprio local de coleta.

Figura 7 - Coleta da temperatura da água diretamente no ponto amostral.



Fonte: Acervo do autor, 2019.

Os dados referentes a transparência da água também foram verificados diretamente em campo com a utilização do Disco Secchi, conforme é apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Aquisição dos dados de transparência da água.



Fonte: Acervo do autor, 2019.

3.2.3 Processamento Digital de Imagens

Para gerar os mapas de uso da terra foram utilizadas oito imagens do satélite SENTINEL 2, obtidas junto ao catálogo de imagens do portal *Land Viewer* da EOS (*Earth Observing System*), com datas de 02 de novembro de 2018 e 07 de março de 2019. Salienta-se que devido às características naturais da área de estudo, foi necessário realizar um mosaico com quatro imagens para abranger a área total da bacia hidrográfica, deste modo prejudicando a análise temporal dos variados usos da terra, pela dificuldade de se adquirir as quatro imagens na mesma data, sem a ocorrência de nuvens. Para este estudo, foram utilizadas as bandas 02, 03, 04 e 08 com uma resolução espacial de 10 metros. O quadro 2 apresenta as principais características do satélite Sentinel-2.

Quadro 2 - Características técnicas do satélite Sentinel-2.

Especificações	Sentinel-2
Instrumento/Sensor	MSI
Operadora/Instituição Responsável	Comunidade Europeia e Agência Espacial Europeia – ESA.
País	Europa
Situação Atual	Ativo
Lançamento	07 de março de 2017
Altitude	786 km
Inclinação	98.5623°
Órbita	Circular, heliossíncrona, descendente
Faixa Imageada	290 Km
Horário da Passagem	10:30 AM
Período de Revisita	10 dias
Resolução Espacial	Bandas 02, 03, 04 e 08: 10m

Fonte: ESA, 2018.

Para a classificação de uso da terra foi realizado a classificação do tipo supervisionada, utilizando o método de classificação de imagem Máxima Verossimilhança que considera a ponderação das distâncias médias, com a utilização de parâmetros estatísticos de distribuição dos pixels dentro de classes determinadas (Crósta, 1993). O mesmo autor, ainda coloca que para se obter um resultado satisfatório, faz-se necessário a escolha de um número elevado de pixels para cada amostra de treinamento de classe temática e que os mesmos apresentem uma distribuição estatística que seja próxima da distribuição normal. Desta forma, para cada uma das classes temáticas de uso da terra, foram adquiridas 50 amostras de treinamento para a posterior classificação.

Na obtenção das amostras foram levados em consideração alguns fatores, tais como tamanho, tonalidade, textura, cor, forma, entre outros. Outro fator importante foi o conhecimento da área, e os arquivos fotográficos das missões de campo próximas às datas das imagens que foram utilizadas. As classes determinadas para a classificação de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Ibicuí da armada foram: Cultivo Agrícola, Água, Solo Exposto, Floresta, Campo e Área Urbana. Para a delimitação das áreas urbanas, foram utilizados os arquivos da base cartográfica vetorial contínua do Estado do Rio Grande do Sul (HASENACK et al., 2010).

3.2.4 Dados Pluviométricos

Para uma melhor caracterização da precipitação pluviométrica da área da bacia, foram utilizados dados de três estações meteorológicas, sendo duas do Instituto Brasileiro de Meteorologia (INMET) e uma do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Com a união e análise desses dados, foi realizada uma média aritmética buscando uma melhor caracterização dos índices pluviométricos na área de estudo.

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos a partir de três estações pluviométricas. A estação São Gabriel – A832 localizada no município de São Gabriel – RS, a estação Santana do Livramento – A804 no município de Santana do Livramento-RS. Ambas estações pertencentes a rede meteorológica do INMET. Por fim, foram utilizados os dados referentes a estação pluviométrica Serra do Caverá (431640203^a) localizada no município de Rosário do Sul-RS, pertencente a rede observacional de monitoramento do CEMADEN.

As informações técnicas das estações pluviométricas que foram utilizadas neste estudo são apresentadas através das tabelas 2,3 e 4.

Tabela 2 - Informações técnicas da estação São Gabriel – A832.

	São Gabriel – A832
Código	86984
Entidade Responsável	INMET
Município	São Gabriel
Estado	Rio Grande do Sul
Bacia Hidrográfica	Rio Uruguai
Latitude	-30.341438
Longitude	-54.310909

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.

Tabela 3 - Informações técnicas da estação Santana do Livramento – A804.

	Santana do Livramento-A804
Código	86983
Entidade Responsável	INMET
Município	Santana do Livramento
Estado	Rio Grande do Sul
Bacia Hidrográfica	Rio Uruguai
Latitude	-30.842449
Longitude	-55.613089

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.

Tabela 4 - Informações técnicas da estação Serra do Caverá.

	Estação Serra do Caverá
Código	431640203A
Entidade Responsável	CEMADEN
Município	Rosário do Sul
Estado	Rio Grande do Sul
Bacia Hidrográfica	Rio Uruguai
Latitude	-30.433369
Longitude	-55.282094

Fonte: CEMADEN.

Os dados foram manipulados e organizados através do *software* Excel 2013 do pacote *Microsoft Office*. A organização dos dados se deu através da construção de gráficos e tabelas que representassem as diferentes precipitações pluviométricas durante o período de análise.

3.2.5 Tratamento Estatístico

Para a análise estatística de todas as variáveis que foram analisadas, utilizou-se o *software Microsoft Office Excel* para tabulação e análise dos dados. Para a geração dos testes estatísticos, utilizou-se o *software Action*, sendo que os testes estatísticos utilizados foram a correlação, que busca avaliar a relação existente entre duas variáveis, a dispersão que busca avaliar o quanto os dados são diferentes e se distanciam de um valor central, e a regressão que informa que fração da variabilidade de uma característica é explicada estatisticamente pela outra variável.

No presente trabalho, utilizou-se um erro médio de 0,05% que corresponde a um nível de significância de $\alpha = 95\%$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 USO DA TERRA

Com a utilização das quatro bandas do satélite Sentinel 2 foi possível analisar as características relacionadas aos diferentes usos da terra dentro da bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada. Para cada mapa de uso da terra foi feito um mosaico onde foram utilizadas 4 imagens que abrangessem a área total da bacia hidrográfica. Deste modo, gerou-se os mapas de uso da terra para duas datas, dentro das 17 missões de campo que foram realizadas ao longo de seis meses. O primeiro mosaico de imagens é do dia 02 de novembro de 2018, um dia depois da segunda missão de campo. O segundo mosaico de imagens é do dia 07 de março de 2019, data próxima a missão de campo de número 14 que foi realizada no dia 03 de março de 2019. A classificação do uso da terra foi realizada pelo tipo supervisionada, com o método de classificação de Máxima Verossimilhança. Foram gerados apenas dois mapas de uso da terra, devido as características naturais da área, que necessitava da utilização de 4 imagens para cobrir a área total da bacia hidrográfica, sendo assim, foi possível adquirir imagens satisfatórias, sem a influência de nuvens apenas para as datas já mencionadas. Mesmo assim, foi possível perceber as mudanças nos tipos de uso da terra, e as influências dessas mudanças em algumas variáveis limnológicas.

Ao analisar a distribuição das diferentes classes de uso da terra dentro da bacia hidrográfica no dia 02 de novembro de 2019 (Figura 10) foi possível quantificar a área de cada uma das classes, sendo possível desta forma observar as características de ocupação da área de estudo para esse período do ano.

Com o auxílio da Tabela 5 é possível constatar que o maior uso da terra é das áreas de cultivos agrícolas (2.471,2 km²) que representam (41,1%) da área total da bacia hidrográfica no dia 02/11/2018. O segundo uso da terra mais abundante nessa data, refere-se as áreas de campos, com uma área de (1.774,6 km²) cerca de 29,5% da área total. Esses dois usos da terra se sobressaem, pois, a região tem sua economia concentrada na agropecuária, com grandes áreas utilizadas para a plantação, mas também muitas áreas que são utilizadas para a criação de gado. A Figura 9 mostra o entorno do ponto amostral 1 que tem essas duas características em suas margens.

Figura 9 – Características do entorno do ponto amostral 1.



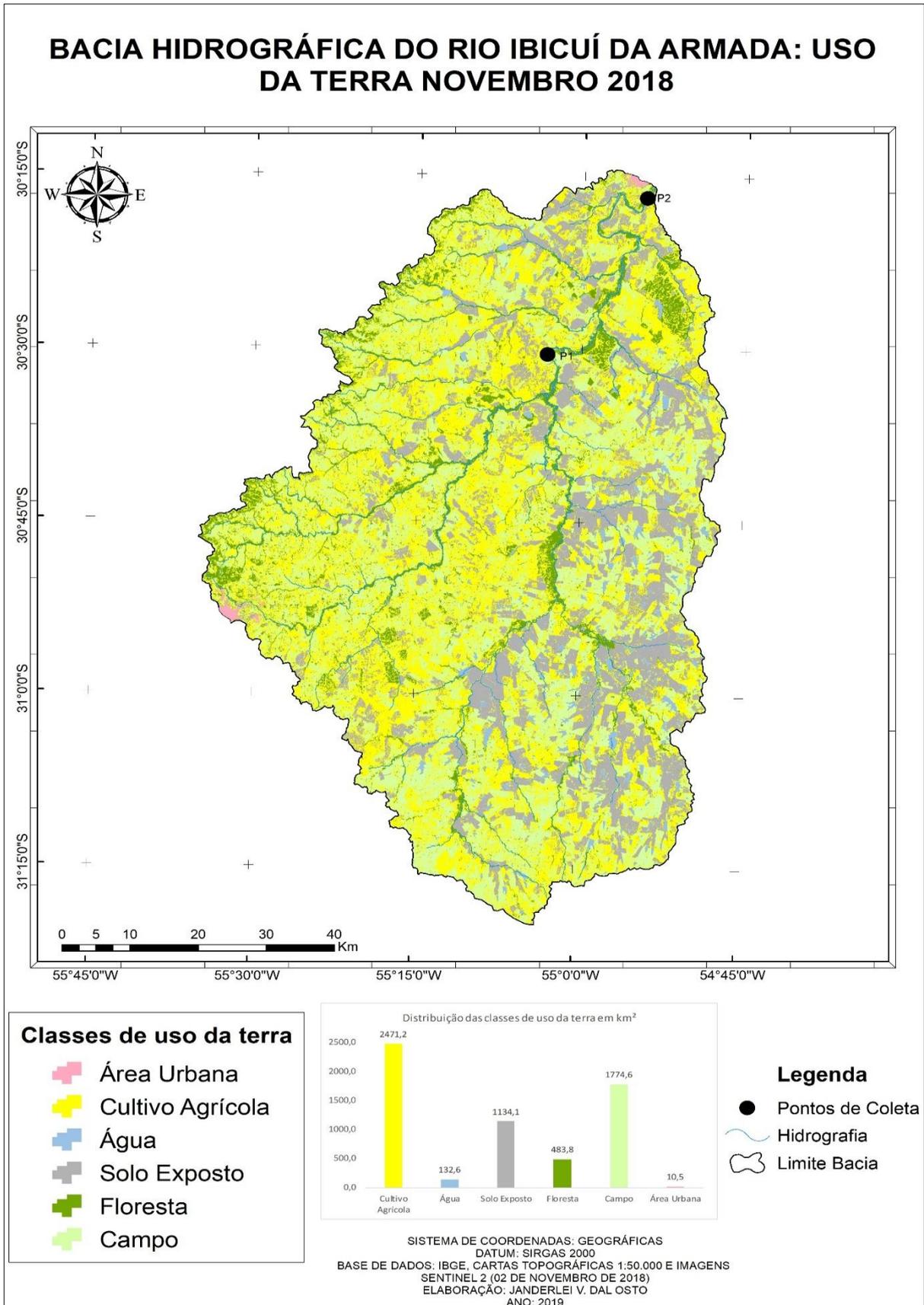
Fonte: Acervo do autor, 2019.

A classe solo exposto (1.134,1 km²) que representa aproximadamente 18,9% é encontrada principalmente no leste e no sudeste da bacia hidrográfica, essas áreas referem-se a regiões de cultivos agrícolas que estão com solo em preparo, ou que já foi realizado o plantio, porém o cultivo agrícola se encontra em pequeno porte, sem que seja possível demonstrar uma resposta espectral do mesmo padrão que a classe temática “cultivos agrícolas”. Nesse caso, a plantação de soja e arroz seriam exemplos, pois a região apresenta grandes áreas de plantação desses cultivos, sendo que segundo o Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil (CONAB, 2017) a plantação de soja na região, tem o plantio realizado entre os meses de outubro e janeiro, já o arroz, tem seu plantio realizado entre os meses setembro e dezembro. Ainda podemos visualizar a classe Floresta, que corresponde a uma área de (483,8 km²) aproximadamente 8,1 % da área total. Com relação a essa classe, salienta-se que a região apresenta algumas áreas que são utilizadas para silvicultura, o que explica a variação das áreas entre os meses que foram analisados. As classes temáticas “Água” e “Área Urbana” não apresentaram variações, pois utilizou-se os polígonos oriundos da base cartográfica vetorial contínua do Estado do Rio Grande do Sul (HASENACK et al., 2010).

Tabela 5 - Classificação do Mapa de Uso da Terra - (02/11/2018).

Classes	Área (km ²)	%
Cultivo Agrícola	2.471,2	41,1
Água	132,6	2,2
Solo Exposto	1.134,1	18,9
Floresta	483,8	8,1
Campo	1.774,6	29,5
Área Urbana	10,5	0,2
Total	6.006,7	100,0

Figura 10: Mapa de Uso da Terra para o mês de novembro de 2018.



Analisando a distribuição das diferentes classes de uso da terra dentro da bacia hidrográfica no dia 03 de março de 2019 (Figura 13) foi possível quantificar a área de cada uma das classes, sendo possível desta forma observar as características de ocupação da área de estudo para esse período do ano. As classes temáticas “Água” e “Área Urbana” mantiveram os mesmos valores, uma vez que suas áreas são oriundas de polígonos da base cartográfica vetorial contínua do RS.

Por meio da tabela 6 é possível verificar um aumento significativo da classe temática “campo” (3.741,4 km²) aproximadamente 62,3% da área total da bacia hidrográfica. Uma justificativa para esse aumento significativo seria uma confusão na classificação, onde áreas que acabaram de passar pelo processo de colheita, acabam deixando áreas de resteva, que segundo Fontaneli (2012) é a altura da porção do caule de plantas herbáceas que permanecem junto ao solo após o corte mecânico ou pelos animais. Nesse caso, as áreas de resteva são tanto da soja quanto do arroz e servem de adubo para os próximos cultivos, dessa forma sendo muito semelhantes as áreas de campo que também são uma parcela significativa da área da bacia hidrográfica. Essa possível confusão do classificador pode ser exemplificada pela Figura 11 que apresenta uma área próxima ao ponto amostral 1 na missão de campo número 14 no dia 02/03/2019.

Já as áreas de cultivos agrícolas (1.284,1 km²) apresentaram uma diminuição com relação ao mês de novembro, pois o mês de março é período de colheita (Figura 12) dos principais cultivos agrícolas da região (arroz e soja) segundo o Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil (CONAB, 2017).

Figura 11 – Área pós colheita em março de 2019.



Áreas de solo exposto (394,5 km²) também apresentaram uma queda, pois são áreas que estão sendo preparadas para o plantio das culturas de inverno, e também representam regiões onde a colheita já foi realizada (Figura 12).

Figura 12 – Colheita sendo finalizada nas proximidades do ponto amostral 1 em março de 2019.



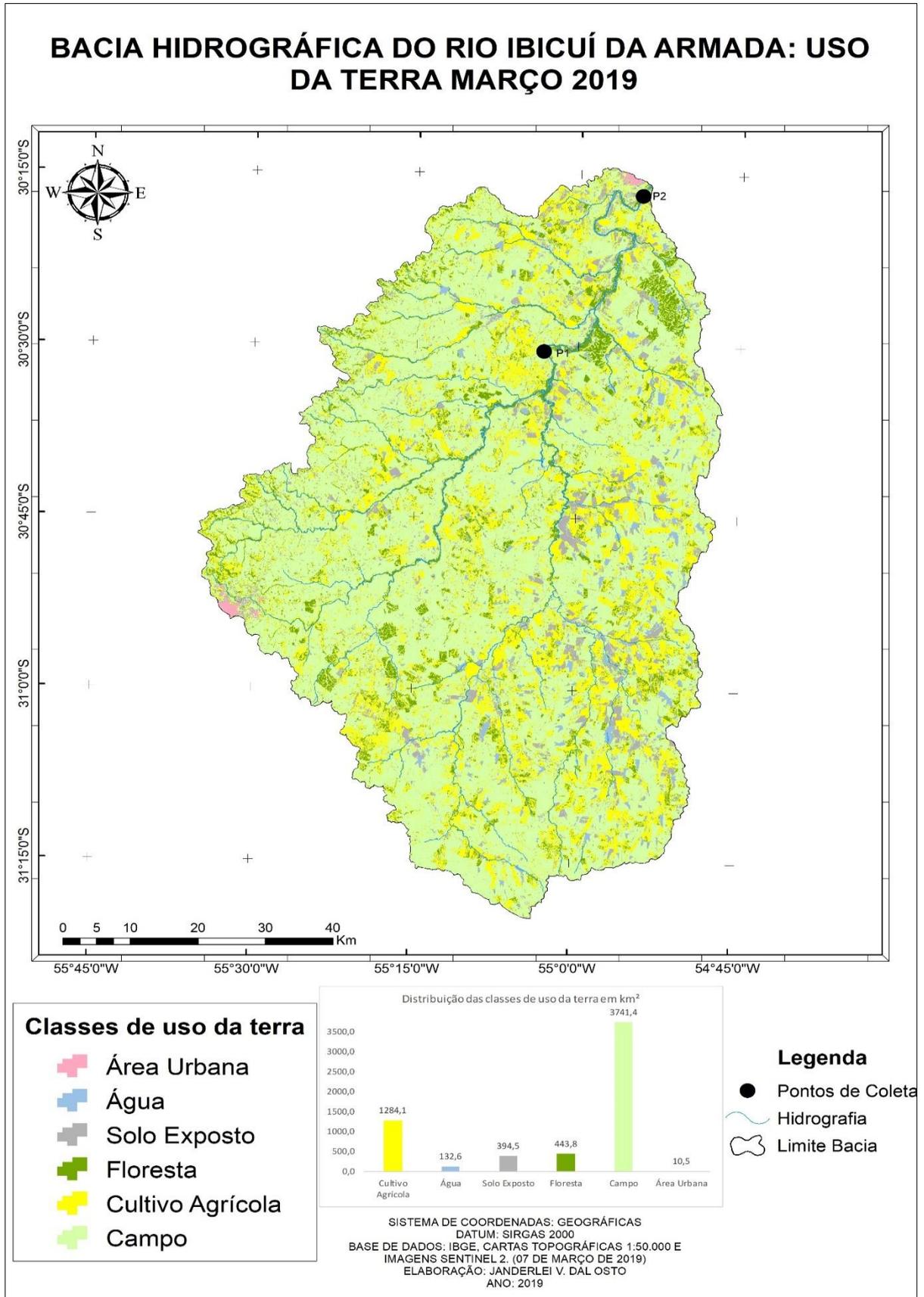
Fonte: Acervo do autor, 2019.

Por fim, as áreas classificadas como “Floresta” apresentaram uma pequena variação para menos, o que pode estar ligado as áreas que são utilizadas para silvicultura dentro da bacia hidrográfica.

Tabela 6 - Classificação do Mapa de Uso da Terra - (07/03/2019).

Classes	Área (km²)	%
Cultivo Agrícola	1.284,1	21,4
Água	132,6	2,2
Solo Exposto	394,5	6,6
Floresta	443,8	7,4
Campo	3.741,4	62,3
Área Urbana	10,5	0,2
Total	6.006,7	100,0

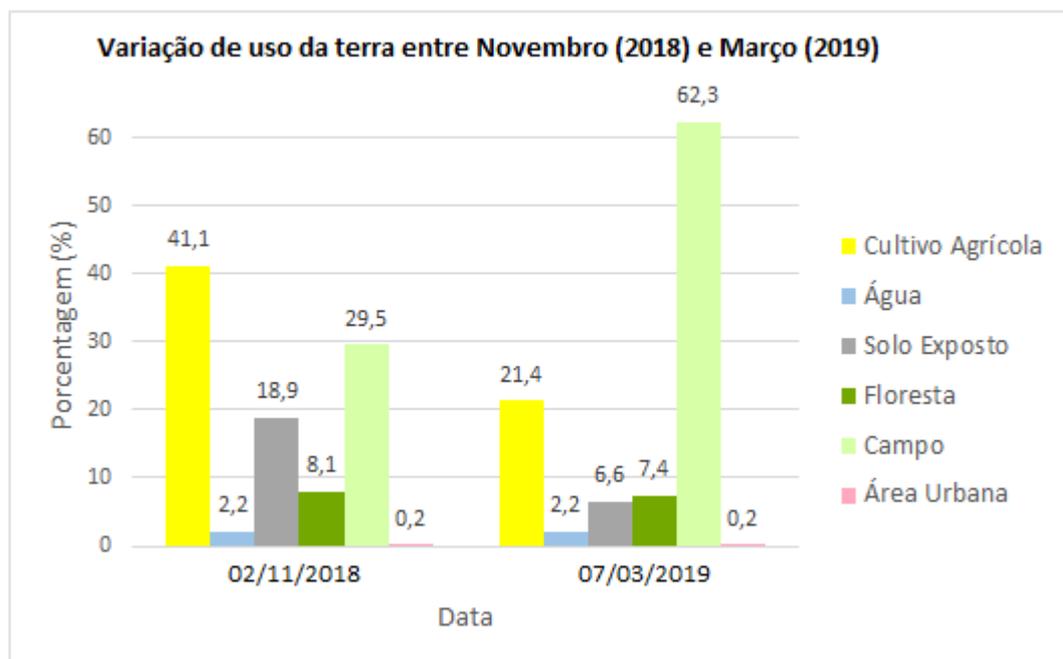
Figura 13 – Mapa de Uso da Terra para o mês de março de 2019.



A Figura 14 contém o gráfico com as variações de uso da terra em porcentagem na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada, nos meses de novembro de 2018 e março de 2019, realizando desta forma uma síntese das informações que estão contidas nas tabelas 4 e 5, de modo que venha a facilitar a compreensão sobre as mudanças dos diferentes usos da terra. Como é possível visualizar as principais mudanças estão relacionadas as áreas agrícolas que são cultivadas, campos e solo exposto. Essas modificações estão ligadas principalmente com o calendário agrícola da região, sendo que a agropecuária é um fator preponderante nessa região.

Infelizmente não foi possível adquirir dados de uso da terra em uma escala temporal maior, o que seria de extrema importância e auxiliaria para caracterizar de forma mais completa as modificações que ocorreram dentro da área de estudo no período de análise.

Figura 14 – Gráfico com os usos da terra em novembro de 2018 e março de 2019.



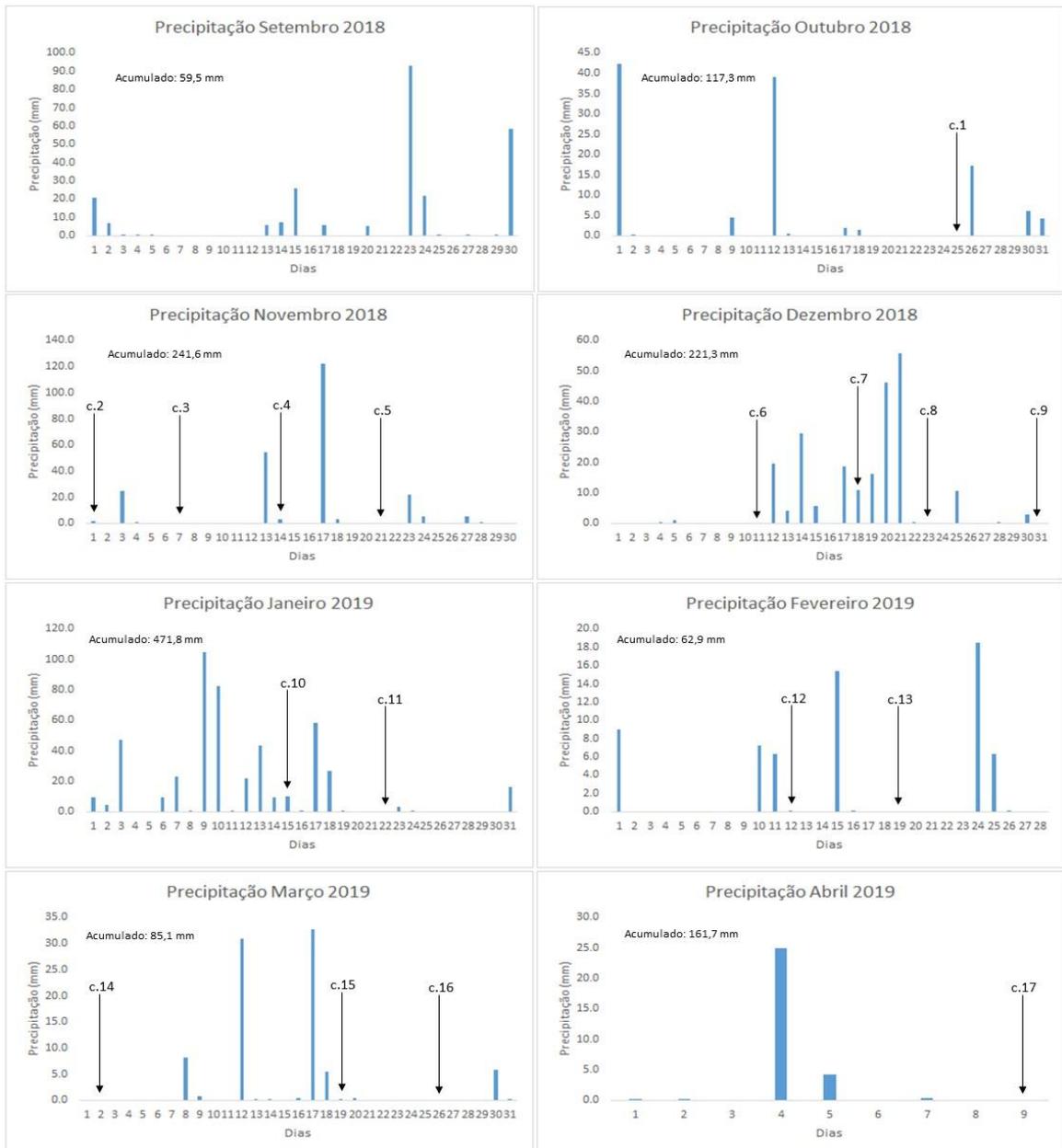
4.2 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Dados de precipitação pluviométrica são de grande importância quando estamos trabalhando com projetos em que o ambiente natural está diretamente inserido. Para a análise de dados de limnologia, a precipitação pluviométrica precisa ser levada em consideração pois interfere de forma direta na dinâmica aquática em corpos d'água, e ainda influenciam diretamente no transporte de materiais para as bacias de captação (ALBERTI,2015).

Buscando uma melhor caracterização dos índices de precipitação pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada, foram extraídos dados oriundos de 3 diferentes estações de monitoramento meteorológico. Duas pertencentes ao INMET e outra do CEMADEN.

A Figura 15 apresenta as variações de precipitação pluviométrica diária durante os meses de realização do presente trabalho, com a indicação do dia de realização do trabalho de campo para a coletas das amostras d'água. Essas informações contribuem para a interpretação dos dados de limnologia, uma vez que influenciam nas características da água conforme a quantidade de chuvas.

Figura 15 – Precipitação Pluviométrica ao longo dos 8 meses de trabalhos de campo.



Com a análise dos dados, é possível notar algumas características importantes, como o fato da ocorrência de precipitação pluviométrica ao longo de todos os meses de trabalho na área de estudo, que segundo a classificação climática de Köppen (1948) apresenta uma média de precipitação anual maior que 1250 mm.

Os meses de novembro e dezembro apresentaram níveis de precipitação pluviométrica relativamente significativos, com mais de 220 mm de chuva acumulada ao longo desses dois meses. Por outro lado, os meses de setembro, fevereiro e março foram os que apresentaram os menores níveis de chuva, com menos de 90mm acumulado em cada mês, o que resultou numa diminuição do volume de água do rio Ibicuí da Armada, como pode-se analisar através da Figura 16.

Figura 16 – Ponto amostral 2 com queda significativa no volume de água.



Fonte: Acervo do autor, 2019.

Por fim, a área de estudo teve um mês com precipitação pluviométrica muito elevado, o que resultou em alguns problemas para o município de Rosário do Sul, e também para a execução de alguns aspectos do presente trabalho. Com mais de 470 mm de chuva acumulada para o mês de janeiro de 2019, o município de Rosário do Sul sofreu com um período de enchente muito grave, fazendo com que pessoas fossem obrigadas a deixar suas residências, por um determinado período (Figura 17).

Figura 17 – Enchente no município de Rosário do Sul (janeiro 2019).



Fonte: Jornal Gazeta de Rosário (2019).

No que tange a execução do presente trabalho, a enchente resultou em problemas no acesso aos pontos de coleta das amostras d'água, uma vez que a água bloqueou o acesso as duas pontes que eram utilizadas como pontos amostrais, como é possível visualizar através da Figura 18a referente ao ponto amostral 1 e a Figura 18b referente ao ponto amostral 2.

Figura 18 – Acesso as pontes que eram utilizadas como pontos amostrais bloqueados pela enchente, em “a” o ponto amostral 1 e em “b” o ponto amostral 2.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

4.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

4.3.1 Transparência

A variável transparência da água foi medida diretamente em campo através do disco de Secchi, os dados referentes a essa variável mostram variações significativas entre os dois pontos de análise, porém, salienta-se que essa maior variação tem como fator preponderante o local onde eram realizadas as coletas. Os dados de transparência relacionados ao ponto 1 foram coletados um pouco mais a montante da ponte onde se coletava as amostras d'água, foi necessária essa alteração pela falta de acessos até o rio pela ponte, já o ponto 2 apresentava acesso trilhado diretamente ao rio, facilitando o trabalho. Mas por se tratar uma parte mais rasa, em 5 coletas o disco de Secchi tocou o fundo do rio. A Figura 19 mostra as diferenças entre os dois locais onde foram adquiridos os dados de transparência.

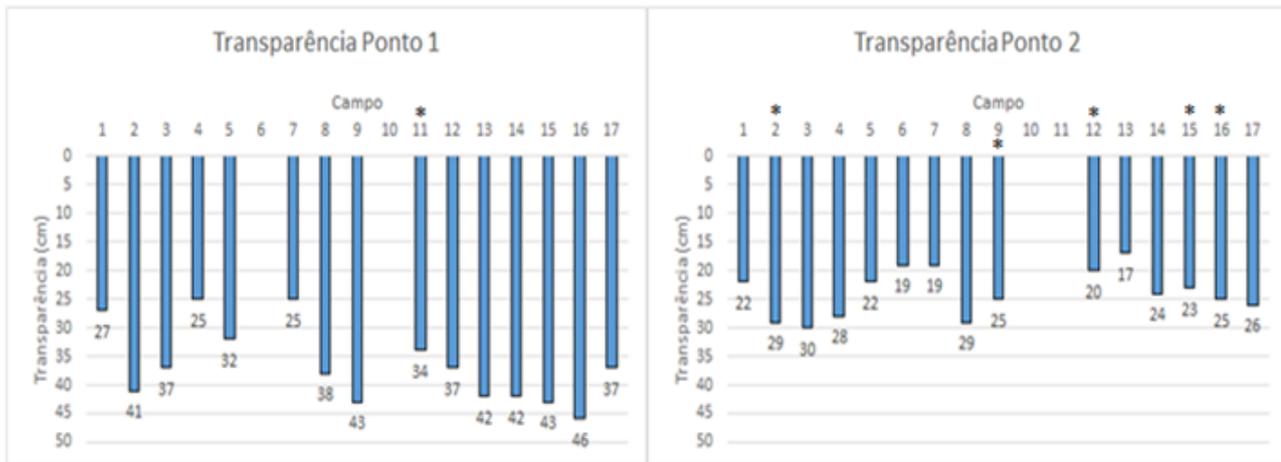
Figura 19 – Locais onde eram realizadas as medidas com o Disco de Secchi.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

A Figura 20 apresenta o gráfico com os dados de transparência para os dois pontos que foram analisados. O Ponto 1 pelas características já mencionadas, apresentou valores maiores de transparência da água, variando de 25 cm nos campos 4 e 7, e 43 cm no campo 16. Já o ponto 2 apresentou uma variação menor referente a transparência da água, com valores entre 17 cm no campo 13 e 30 cm no campo 3. Os campos que aparecem com um “*” no gráfico, sinalizam que neste campo o disco de Secchi tocou o fundo do rio. Salienta-se que os campos que aparecem em branco no gráfico, são situações onde por algum motivo não foi possível adquirir os dados de transparência, como por exemplo nas semanas de enchente.

Figura 20 – Gráfico da representação da transparência da água.

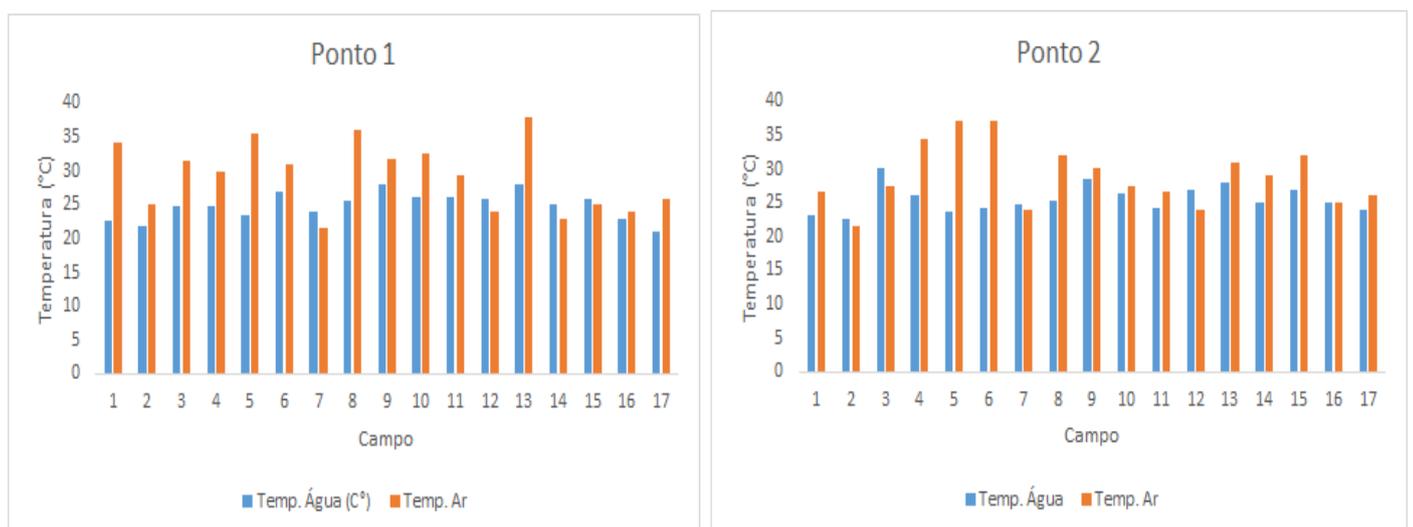


* Secchi tocou o fundo do rio

4.3.2 Temperatura

Os dados referentes a temperatura da água foram adquiridos da camada superficial, juntamente com eles foram obtidos os dados referentes a temperatura do ar, buscando uma melhor compreensão dos valores dessa variável. De modo geral os valores de temperatura da água apresentaram uma amplitude térmica menor a 10° , sendo que no ponto 1 o maior valor foi observado no campo 9 ($28,1^\circ\text{C}$) e o menor valor no campo 17 (21°C). Já o ponto 2 teve o seu maior valor no campo 3 (30°C) e o menor valor no campo 2 ($22,7^\circ\text{C}$). A Figura 21 apresenta o gráfico com os valores da temperatura do ar e da água para os pontos 1 e 2.

Figura 21 – Gráfico da representação da temperatura da água.

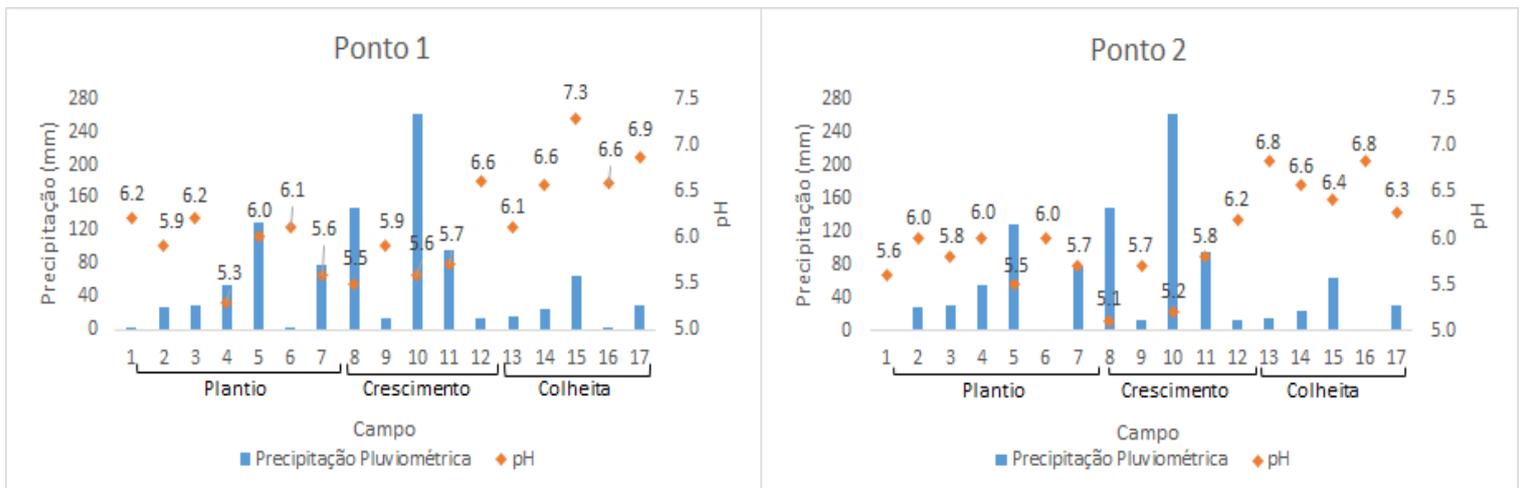


É possível perceber que os valores de temperatura seguem uma tendência climática natural do período de análise, que ocorreu entre outubro de 2018 e abril de 2019. Sendo assim, em sua maioria os valores da temperatura da água, seguiram os valores da temperatura do ar, sendo que esses tiveram maiores valores registrados nos meses de novembro, dezembro e janeiro, meses tradicionalmente mais quentes por causa do verão.

4.3.3 Potencial hidrogeniônico

Conforme a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o pH da água deve apresentar valores entre 6,0 e 9,0. Na Figura 22 é possível observar o gráfico com os valores de pH juntamente com a precipitação pluviométrica para os pontos 1 e 2 nos 17 trabalhos de campo realizados. Os valores de pH variaram no ponto 1 entre 5.3 e 7.3, já no ponto 2 os valores de pH variaram entre 5.1 e 6.8.

Figura 22 – Gráfico da representação dos valores de pH.



O ponto 1 apresentou os maiores valores de pH (campos 15 e 17) enquanto que o ponto 2 apresentou valores de pH mais ácido (campos 8 e 10). Isso pode ter relação com o fato do ponto 2 estar localizado mais próximo da área urbana do município, sendo uma região propícia à descarga de esgoto doméstico e depósitos de lixo nas margens do rio (Figura 23).

Figura 23 – Margens do Ponto Amostral 2.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

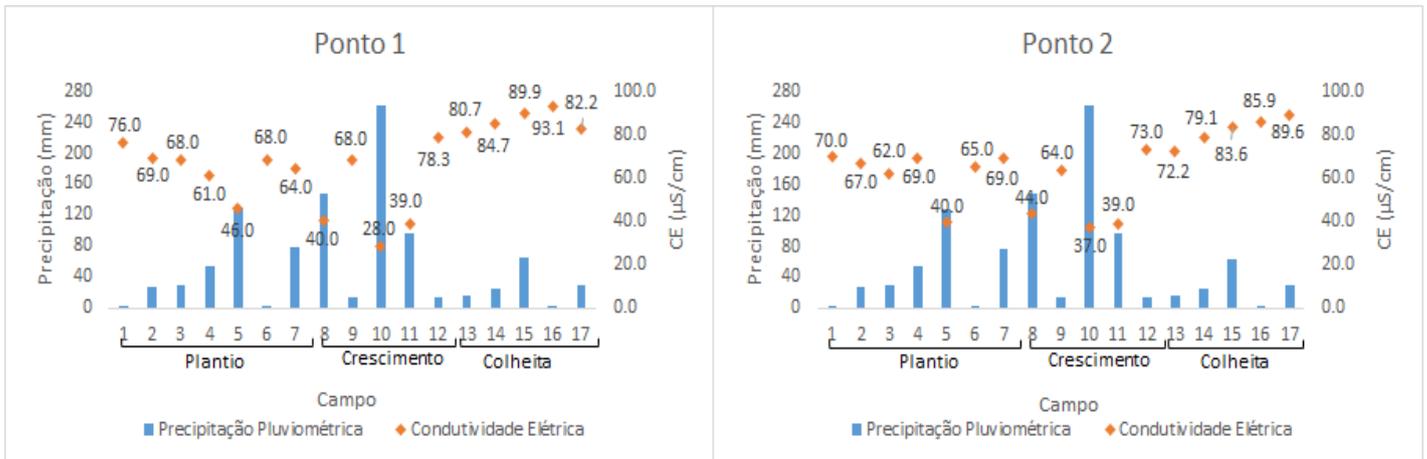
Também é possível notar uma relação importante entre o aumento dos valores de pH com as distintas fases agrícolas, sendo que no período de colheita se observa um aumento substancial do pH da água, embora os índices pluviométricos sejam mais baixos se comparados ao período de plantio e crescimento vegetativo. Esse fato foi identificado em ambos os pontos, de maneira que podemos afirmar que o pH da água dos dois pontos amostrais não apresentam relação significativa com a precipitação pluviométrica, mas sim com as diferentes fases agrícolas referentes ao uso da terra dentro da bacia hidrográfica.

4.3.4 Condutividade Elétrica

Através das análises em laboratório foi possível obter os valores de Condutividade Elétrica, que são apresentados a seguir pela Figura 24. A Condutividade elétrica é muito importante na indicação de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, além de determinar fontes poluidoras.

A variação nos dados de Condutividade Elétrica ficou entre 28 e 93.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para uma melhor análise dos dados de condutividade elétrica, foi inserido no gráfico os índices de precipitação pluviométrica dos sete dias anteriores a cada trabalho de campo, isso foi realizado pois os valores de condutividade elétrica estão diretamente ligados aos dados de precipitação pluviométrica, sendo que quanto maior o índice pluviométrico, menor o valor da condutividade, como afirma Esteves (1998).

Figura 24 – Gráfico com os valores de Condutividade Elétrica.



Com a análise da Figura 24 podemos perceber a relação inversa entre precipitação pluviométrica e condutividade elétrica. Tanto no ponto 1 como no ponto 2 é possível observar que a condutividade elétrica é proporcionalmente inversa ao índice de precipitação pluviométrica que antecedeu cada missão de campo. Essa relação fica ainda mais evidente nas missões de campo 10 e 11 pois a precipitação pluviométrica que antecedeu essas missões foi muito elevada, o que acabou resultando em um período de enchente no Rio Ibicuí da Armada e nos seus afluentes, conforme a Figura 25 que mostra ambos os pontos amostrais nos respectivos trabalhos de campo.

Figura 25 – Enchente nos campos 10 e 11.



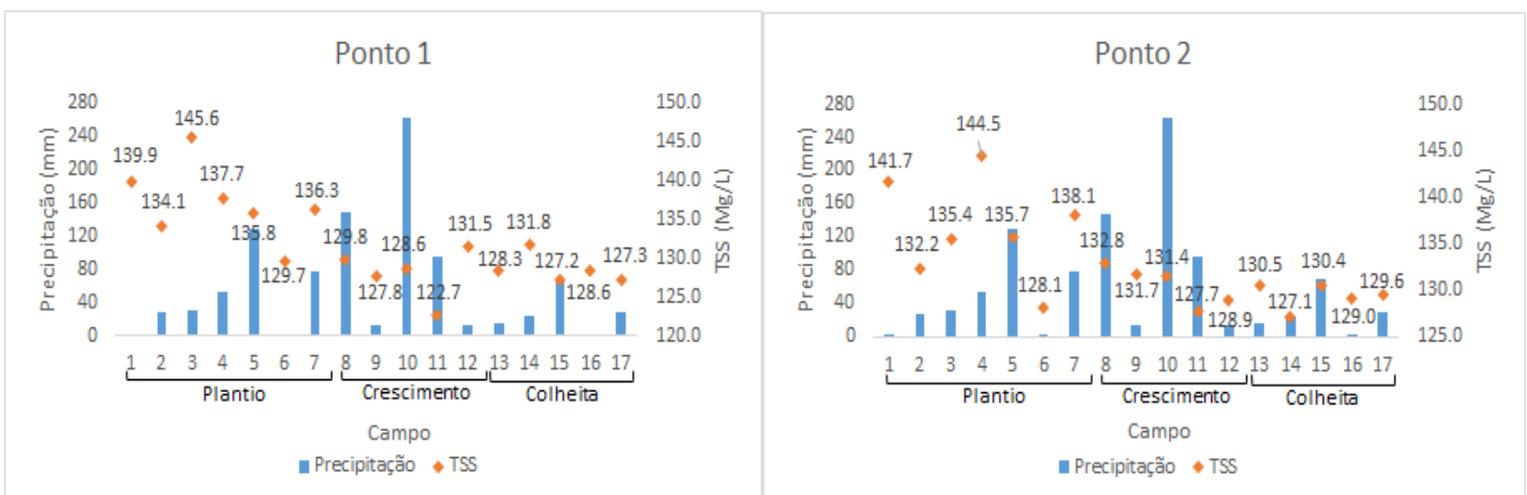
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

De modo geral, embora os pontos amostrais apresentem características naturais distintas, sendo um mais próximo da área urbana e outro localizado na zona rural, tendo em seu entorno áreas que são utilizadas para a produção agropecuária, as principais modificações relacionadas a variável limnológica condutividade elétrica foi referente aos períodos de maiores índices de precipitação pluviométrica. Com a análise dos resultados, podemos afirmar que as modificações referentes aos diferentes usos da terra na bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada não influenciaram nos valores de CE de modo significativo, por outro lado, a precipitação pluviométrica foi de grande influência, onde foi possível observar esse fator mais precisamente no mês de janeiro, com um evento de precipitação pluviométrica acima das médias consideradas normais para a região.

4.3.5 Total de Sólidos em Suspensão (TSS)

Total de sólidos em suspensão corresponde todo o material particulado em suspensão na água, que não passa por um filtro de 0,45 (TCHOBANOGLIOUS e SCHROEDER, 1987). Após a aplicação da metodologia específica para a determinação do TSS, chegou-se aos resultados referentes aos dois pontos amostrais analisados. A Figura 26 mostra a variação da quantidade de sedimentos nas amostras coletadas, relacionando com os dados de precipitação pluviométrica.

Figura 26 – Valores de TSS para os pontos amostrais 1 e 2.



A variação do TSS entre os dois pontos amostrais analisados foi pequena, sendo que o ponto amostral 1 teve uma média de 131,9 mg/l nos 17 campos realizados e o ponto amostral 2 teve uma média de 132,6 mg/l.

Os maiores valores registrados são referentes ao mês de novembro, 145,6 mg/l para o ponto 1 no campo 3 realizado no dia 07/11/2018 e 144,5 mg/l no ponto 2 no campo 4 realizado no dia 14/11/2018. Podemos perceber que esses valores mais elevados de TSS não tem relação direta com o índice de precipitação pluviométrica, pois os maiores índices de precipitação estão associados ao campo 10 (15/01/2019) que teve valores de TSS mais baixos, 128,6 mg/l no ponto 1 e 131,4 mg/l no ponto 2.

Com a análise temporal dos dados de TSS, podemos afirmar que as variações dessa variável limnológica na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada, é relacionada principalmente com as variações nos tipos de uso da terra e as diferentes fases agrícolas das culturas que cultivadas dentro da bacia hidrográfica. Sendo que em ambos os pontos amostrais, os maiores valores de TSS ficam concentrados no período de preparo do solo e plantio, sendo que a precipitação pluviométrica embora com menores índices nesse período, acaba realizando o transporte de sedimentos para o leito do rio. A Figura 27 apresenta as margens dos pontos de coleta no mês de novembro.

Figura 27 – Margens dos pontos amostrais em novembro de 2018.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Já os valores mais baixos ficam concentrados em sua maioria nos campos que foram realizados no mês de março (Campos 14,15 e 16). Relacionando esses dados com o mapa de uso da terra para o mês citado (Figura 13) percebemos a predominância de áreas de agricultura

(que ainda não realizaram a colheita das culturas de verão) e áreas de solo exposto (pós colheita) que em alguns casos foram confundidas com áreas de campo, por conta da resteva deixada após a colheita da soja e do arroz. A Figura 28 mostra as margens dos pontos amostrais no mês de março de 2019.

Figura 28 – Margens dos pontos amostrais em março de 2019.



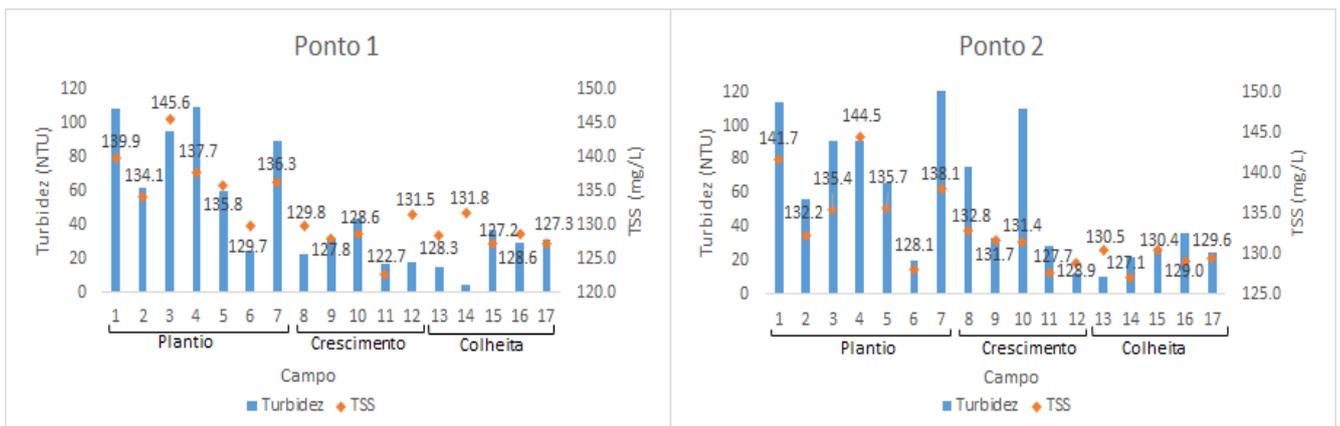
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

4.3.6 Turbidez

Com relação a variável limnológica turbidez foi observado que os dados das amostras não apresentam grandes variações quando comparados os pontos amostrais 1 e 2 nas mesmas datas. Com relação a análise temporal ao longo dos 17 trabalhos de campo, fica perceptível uma variação significativa, sendo que o maior valor encontrado foi 122 NTU no ponto 2 no campo número 7, sendo que o menor foi 4,71 NTU no ponto 1 no campo número 14.

A Figura 29 apresenta os valores de Turbidez para os dois pontos no Rio Ibicuí da Armada ao longo dos 17 trabalhos de campo que foram realizados com relação aos dados de TSS.

Figura 29 – Gráfico de representação da Turbidez da água.



Podemos analisar no gráfico que o TSS tem influência nos valores de turbidez. É possível observar quando os sólidos em suspensão aumentam ou diminuem a turbidez acaba seguindo a mesma tendência, porém, em algumas situações o TSS acaba aumentando sem que os valores de turbidez o acompanhem, isso pode ser visto mais precisamente nos campos 14, 15 e 16.

Da mesma forma que o TSS, a turbidez da água tem relação direta com as fases agrícolas, sendo que os maiores valores de turbidez foram encontrados no período de preparo e plantio dos cultivos agrícolas da região, exceto no ponto 2 da missão de campo 10 que apresentou um alto valor de turbidez, estando em outro cenário relacionado aos processos agrícolas.

4.4 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS

4.4.1 Correlação entre as variáveis para o ponto amostral 1.

A tabela 7 apresenta as correlações de Pearson entre os dados referentes ao ponto amostral 1. Estão destacadas as correlações que são mais significativas estatisticamente.

Tabela 7: Matriz de correlação entre as variáveis analisadas no ponto amostral 1.

Matriz de Correlação P1								
	Precipitação	CE	Turbidez	TSS	pH	Temp. Água	Temp. Ar	Transparência
Precipitação	1,00							
CE	-0,83	1,00						
Turbidez	-0,01	-0,10	1,00					
TSS	-0,16	0,05	0,82	1,00				
pH	-0,45	0,76	-0,35	-0,19	1,00			
Temp. Água	0,11	-0,19	-0,40	-0,33	-0,18	1,00		
Temp. Ar	0,28	-0,47	0,08	0,08	-0,41	0,35	1,00	
Transparência	-0,30	0,46	-0,73	-0,51	0,54	0,26	-0,10	1,00

Percebe-se que no ponto amostral 1 as correlações mais significativas são referentes a Condutividade elétrica e pH, Turbidez e TSS e pH e transparência. Já as correlações entre precipitação e Condutividade Elétrica, Turbidez e Transparência e TSS e Transparência são significativas, porém com valores negativos o que nos mostra que são inversamente correlatas, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra diminui.

Também foi gerada a matriz de correlação P-valores (tabela 8), referente as variáveis analisadas, fazendo a suposição que a distribuição dos dados seja normal, foi testada a

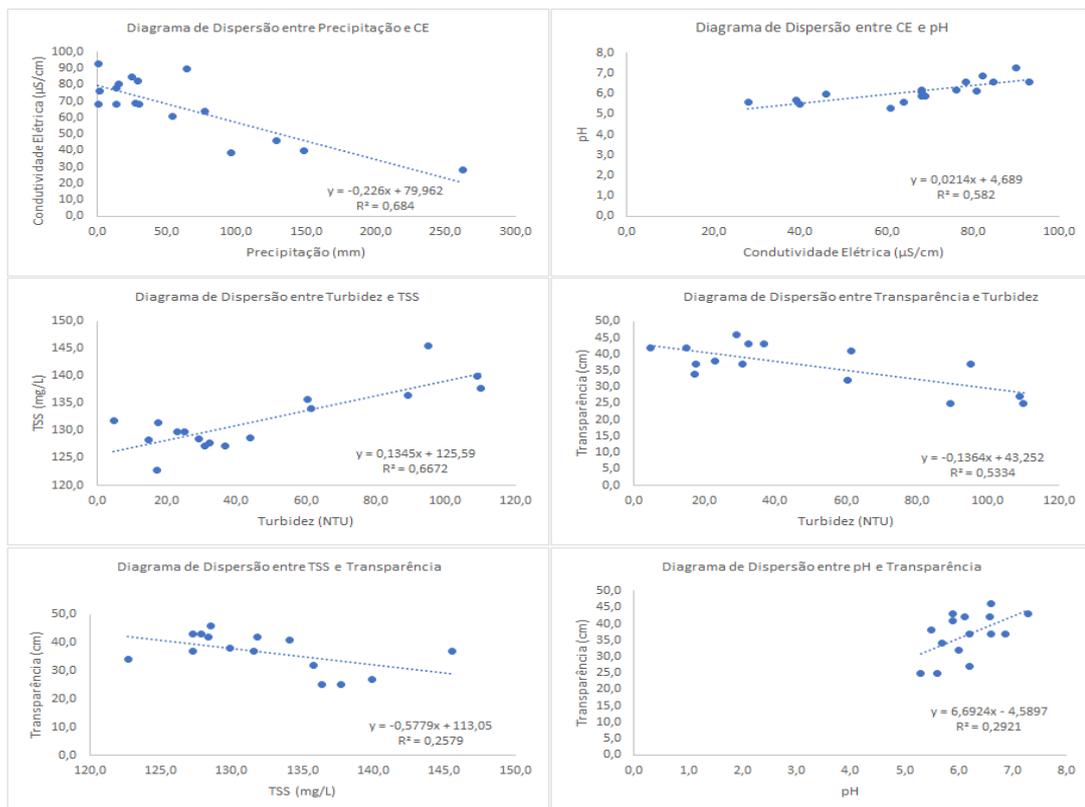
significância do coeficiente de correlação, com a determinação do nível de significância, buscando verificar a nulidade ou não. Em destaque na matriz temos as correlações que são consideradas fortes ou fortíssimas, sendo que a correlação forte é igual a $0,01 < P \leq 0,05$ e correlação fortíssima é igual a $P < 0,01$.

Tabela 8: Matriz de correlação p-valor no ponto amostral 1.

Matriz p-valor P1								
	Precipitação	CE	Turbidez	TSS	pH	Temp. Água	Temp. Ar	Transparência
Precipitação	1,00							
CE	0,00	1,00						
Turbidez	0,98	0,69	1,00					
TSS	0,54	0,86	0,00	1,00				
pH	0,07	0,00	0,16	0,46	1,00			
Temp. Água	0,68	0,48	0,11	0,19	0,48	1,00		
Temp. Ar	0,28	0,06	0,76	0,75	0,10	0,17	1,00	
Transparência	0,28	0,09	0,00	0,05	0,04	0,36	0,72	1,00

Na Figura 30 são apresentados os diagramas de dispersão correspondente as variáveis significativas do ponto amostral 1.

Figura 30: Diagrama de dispersão entre as variáveis analisadas para o ponto amostral 1.



4.4.2 Correlação entre as variáveis para o ponto amostral 2.

A tabela 9 apresenta as correlações de Pearson entre os dados referentes ao ponto amostral 2. Estão destacadas as correlações que são mais significativas estatisticamente.

Tabela 9: Matriz de correlação entre as variáveis analisadas no ponto amostral 2.

Matriz de Correlação P2								
	Precipitação	CE	Turbidez	TSS	pH	Temp. Água	Temp. Ar	Transparência
Precipitação	1,00							
CE	-0,74	1,00						
Turbidez	0,46	-0,37	1,00					
TSS	0,06	-0,10	0,78	1,00				
pH	-0,66	0,79	-0,67	-0,39	1,00			
Temp. Água	-0,03	0,05	-0,10	-0,04	0,12	1,00		
Temp. Ar	0,14	-0,26	-0,12	0,13	-0,14	0,10	1,00	
Transparência	0,22	-0,13	0,27	0,19	-0,30	0,07	-0,16	1,00

O ponto amostral 2 apresentou cinco variáveis que apresentaram correlação significativa, uma a menos que o ponto amostral 1. É possível notar que no ponto amostral 2 as correlações mais significativas são referentes a Condutividade Elétrica e o pH, e a Turbidez e o TSS. Já as correlações entre Precipitação e Condutividade Elétrica, Precipitação e pH e também Turbidez com pH são significativas, porém com valores negativos o que nos mostra que são inversamente correlatas, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra diminui.

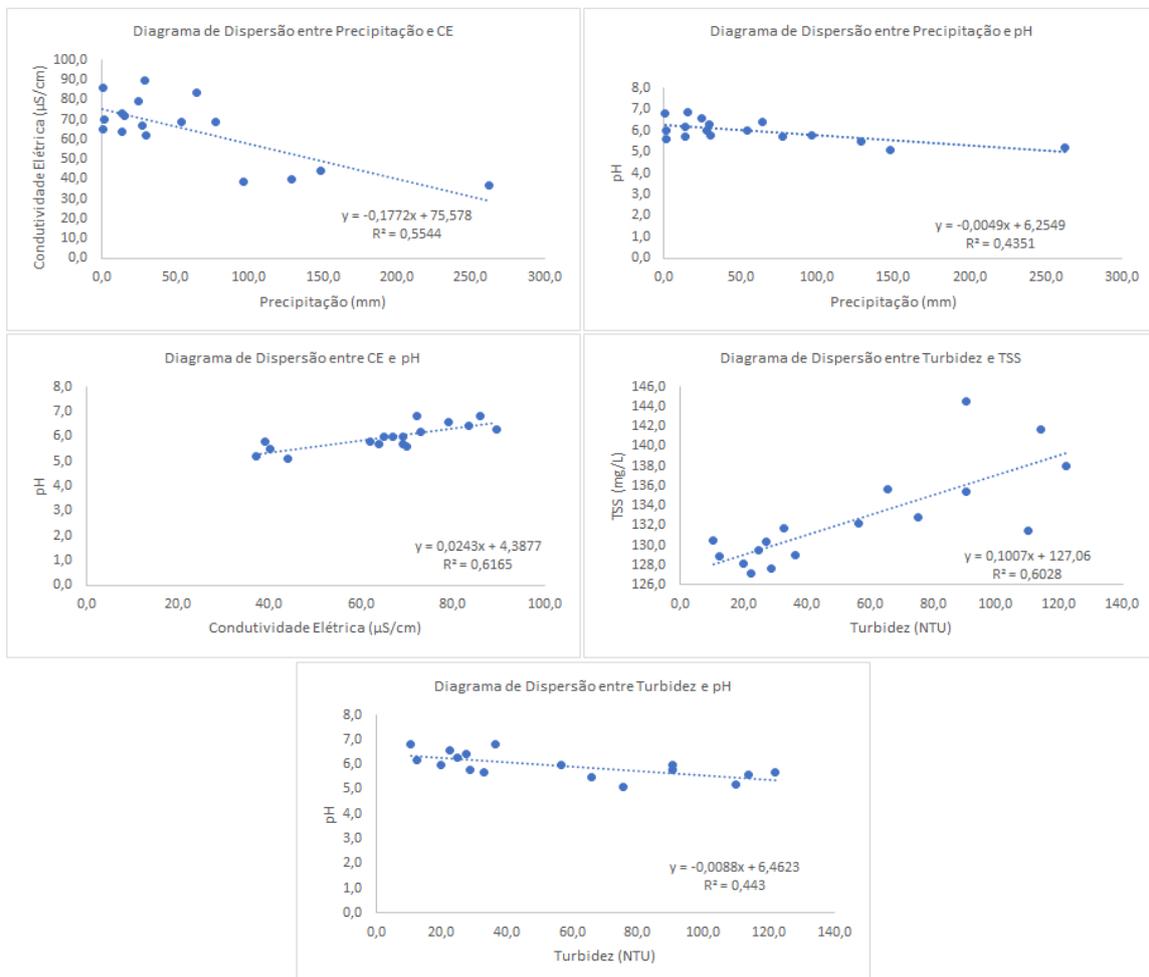
Da mesma forma que para o ponto amostral 1, também foi gerada a matriz de correlação P-valores para o ponto amostral 2 (tabela 10). Desta forma, utilizou-se os mesmos padrões exemplificados anteriormente. Em destaque na matriz temos as correlações que são consideradas fortes ou fortíssimas, sendo que a correlação forte é igual a $0,01 < P \leq 0,05$ e correlação fortíssima é igual a $P < 0,01$.

Tabela 10: Matriz de correlação p-valor no ponto amostral 2.

Matriz p-valor P2								
	Precipitação	CE	Turbidez	TSS	pH	Temp. Água	Temp. Ar	Transparência
Precipitação	1,00							
CE	0,00	1,00						
Turbidez	0,07	0,14	1,00					
TSS	0,83	0,71	0,00	1,00				
pH	0,00	0,00	0,00	0,12	1,00			
Temp. Água	0,91	0,86	0,71	0,87	0,66	1,00		
Temp. Ar	0,60	0,31	0,64	0,63	0,60	0,70	1,00	
Transparência	0,44	0,64	0,33	0,49	0,28	0,81	0,58	1,00

Na Figura 31 são apresentados os diagramas de dispersão correspondente as variáveis significativas do ponto amostral 2.

Figura 31: Diagrama de dispersão entre as variáveis analisadas para o ponto amostral 2.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme esperado de um modo geral, as modificações referentes ao uso da terra e os diferentes índices de precipitação pluviométrica dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada influenciaram nas características limnológicas do local. Entretanto, pode-se verificar que essas mudanças, tanto de uso da terra quanto da precipitação pluviométrica, não atuam da mesma forma e nas mesmas variáveis, sendo necessário uma análise detalhada e conjunta destes fatores para se compreender melhor as dinâmicas da área de estudo.

Com o levantamento e posterior análise dos dados referentes aos índices de precipitação pluviométrica, diferentes usos da terra e das variáveis limnológicas, Temperatura, pH, CE, Turbidez, Transparência e TSS na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada, a conclusão presume que o objetivo do presente trabalho foi alcançado. O objetivo geral definido “Analisar a relação entre as variáveis limnológicas com dados de pluviosidade e de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Ibicuí da armada”.

Foram realizadas 17 missões de campo para adquirir amostras de água, para gerar os dados referentes as variáveis limnológicas. Os dados de pluviosidade foram obtidos através de 3 diferentes estações meteorológicas, com o intuito de apresentar a melhor caracterização referente a pluviosidade na extensão total da bacia hidrográfica. Para os dados de uso da terra, utilizou-se das imagens do satélite SENTINEL-2 para realizar a classificação supervisionada pelo método de Máxima Verossimilhança, chegando no resultado final de dois mapas de uso da terra, um para o mês de novembro de 2018 e outro para o mês de março de 2019.

Foi possível notar, que as variáveis limnológicas foram influenciadas pelos diferentes tipos de uso da terra, sendo que o TSS foi quem apresentou melhor essas características. Outro fator importante foi a relação da precipitação com as variáveis, já que no período de análise a área de estudo sofreu com eventos de alta precipitação (médias mensais acima dos 400 mm), causando mudanças abruptas em algumas variáveis, sendo que a mais afetada foi a condutividade elétrica.

Na sequência serão retomados os objetivos específicos do presente trabalho, juntamente com as suas considerações.

- 1º Objetivo específico: “Verificar a relação entre os dados de precipitação com as variáveis limnológicas da área de estudo”

Os dados de precipitação tiveram grande influência em algumas situações referentes as variáveis limnológicas, muito disso se deu pela grande quantidade de chuva que ocorreu naquela região nos meses de dezembro e janeiro. A relação da precipitação ficou mais visível

nos dados de condutividade elétrica, sendo que os valores dessa variável seguiram um padrão, no momento que se aumenta a precipitação os valores de CE ficam mais baixos, exemplo claro disso, ocorreu no campo 10 que teve o maior nível de chuvas antes do trabalho de campo, e nos dois pontos, os menores valores de CE foram identificados nessa data. Com relação as outras variáveis analisadas, se esperava uma relação maior das precipitações com o TSS, fator esse que não se confirmou, sendo essa variável mais ligada as variações referentes ao uso da terra.

- 2º Objetivo específico: “Avaliar as relações entre as variáveis limnológicas e as diferentes fases agrícolas”

A área de estudo tem no seu uso o predomínio de áreas de campo, típicas do pampa gaúcho juntamente com áreas utilizadas para a agricultura, principalmente voltadas para o cultivo de soja e arroz. Essa característica faz com que as mudanças referentes as fases agrícolas sejam notadas em variáveis limnológicas, como a turbidez, sólidos em suspensão e o pH. Nos primeiros meses de coletas de campo (outubro e novembro) essas variáveis tiveram seus valores mais altos. Isso se explica pelas fases dos cultivos agrícolas gerados na região, nesse período muitos agricultores ainda estão no momento de preparo do solo, ou até mesmo começando o plantio. Nos meses seguintes essas variáveis apresentam um certo padrão, pois a lavoura está em processo de crescimento vegetativo, sem maiores modificações. Por fim, no período de colheita, sem a influência da precipitação e com grandes áreas com resteva de soja e arroz, os valores de TSS acabam dando uma pequena diminuída, já a turbidez tem uma queda significativa nos seus valores em ambos os pontos amostrais.

Outro fator relevante sobre os diferentes usos no entorno dos pontos amostrais é com relação aos dados de pH, sendo que o fato de o ponto 2 se localizar mais próximo ao centro urbano da cidade, com vilas próximas, e áreas que são inconsequentemente utilizadas para descarte de lixo, influenciaram nos valores mais ácidos nesse ponto, provavelmente ligado a poluição do local. Essa variável também teve variações conforme a fase agrícola da região, sendo que os maiores valores de pH foram observados período em que ocorria a colheita da soja e do arroz na região.

- 3º Objetivo específico: “Analisar o efeito dos diferentes usos da terra em suas fases de preparo do solo, crescimento vegetativo e colheita sobre os dados das variáveis limnológicas, inseridos no contexto da precipitação pluviométrica”.

Infelizmente, as características naturais da área impossibilitaram uma análise mais detalhada referente as mudanças no uso da terra agrícola, dessa forma não foi possível analisar mais precisamente cada momento específico através de mapas de uso da terra, como o preparo do solo, crescimento vegetativo e a colheita. Por se tratar de uma área muito grande, para gerar

esses mapas, se fazia necessário um mosaico com 4 imagens que fossem boas o suficientes para gerar a classificação, dessa forma, conseguiu-se gerar apenas dois mapas de uso da terra, que retratavam mais os períodos de preparo do solo e colheita.

Mesmo assim, se pode perceber a influência dessas mudanças ao longo do processo agrícola, por se tratar de uma área que utiliza muito desse fator econômico, junta-se isso com os eventos extremos de precipitação dentro da bacia hidrográfica, acabou gerando modificações nas variáveis limnológicas. Porém como citado anteriormente, estes processos, tais como modificações no uso da terra e precipitação pluviométrica, não atuaram de forma conjunta nas alterações das variáveis, sendo que modificações no uso da terra foram mais influentes em variáveis como o TSS, Turbidez e pH, e a precipitação na CE.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, E. A. **INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NO RIO SOTURNO, RIO GRANDE DO SUL-BRASIL**. 2015. Dissertação - Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2015.

ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Classificação Espectro-Temporal de formações vegetais. In: Bernardo F.T. Rudorff; Yosio E. Shimabukuro; Juan C. Ceballos. (Org.). **O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1 ed. São Jose dos Campos: Editora Parêntese, 2007, v., p. 159-171.

AVAZANI, J. C. **Modelagem do escoamento superficial e erosão hídrica em uma microbacia hidrográfica na região dos tabuleiros costeiros**. 2005. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

BARBIERI, D. W.; **Influência da Precipitação Pluviométrica na Reflectância Espectral da Água do Reservatório Passo Real, RS**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BARIANI, C. J. de M. V. **Avaliação dos efeitos de atividades antrópicas por meio da análise integrada de variáveis de uso da terra e limnológicas em Itaqui, RS**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BATISTELLA, M.; CRISCUOLO, C.; BOLFE, É. L. Satélites de recursos naturais como suporte à gestão ambiental. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. (Org.). **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. São Paulo: Editora Senac, 2008. cap. 1, p. 21-52.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Resolução CONAMA nº 357/05. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2009. 44 p. (série relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>>. Acesso em: 08 de abr. 2018.

CONAB. Calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil 2017. 2017. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/outras.../21099_79625cc8ceb43fb85f49cea4961b0ea6>. Acesso em: 18 de mar. 2019.

COSTA, F. J. L. Da. **Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil**. 1. ed. [s.l: s.n.].

CRÓSTA, A. P, Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto, Campinas, SP, UNICAMP, ed. rev., 1993.

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

EIPHANIO, J. C. N.; KRUG, T.; FORMAGGIO, A. R. Monitoramento ambiental e sensoriamento remoto na América Latina. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. (Org.). **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. São Paulo: Editora Senac, 2008. cap. 2, p. 53-89.

ESA – **Agência Espacial Europeia**. Disponível em <<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-2>>. Acesso em: 05 set. 2018.

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

ESTEVES, F. de A.; CALIMAN, A. Águas continentais: características do meio, compartimentos e suas comunidades. In: ESTEVES, F. de A. (Coord.). **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 6, p. 113-118.

ESTEVES, F.A, (Org.). **Fundamentos de Limnologia**. 3º Rio de Janeiro: Interciencia, 826 p. 2011.

FERREIRA, A. B.; PEREIRA FILHO, W.; ROSA, R. **Análise comparativa de variáveis limnológicas em três sub-bacias hidrográficas na região central do Rio Grande do Sul Brasil**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, n. 41, v. 13, mar. p. 15-28. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16484/9206>>. Acesso em: 08 de mai. 2018.

FONTANELI, Renato Serena. Terminologias importantes em produção animal. In: FONTANELI, Renato Serena; SANTOS, Henrique Pereira dos; FONTANELI, Roberto Serena. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. Cap. 18. p. 509-530. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/119972/1/LV2012forrageirasparaintegracaoFontaneli.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. Geomorfologia e Meio Ambiente. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 394 p., 2004.

HAACK,B.,GUPTILL,S.C.,HOLZ,R.K., JAMPOLER, S.M., JENSEN, J. R. and R. A. WELCH, 1997, **Urban Analysis and Planning, Manual of Photographic Interpretation**, Bethesda: ASP&RS, 517-553.

HADLICH, G. M. E SCHEIBE, L. F. (2007): “Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do rio Coruja-Bonito, município de Braço do Norte, SC”, *Geochimica Brasiliensis*, v. 21, n.3, p. 245 – 260.

Hasenack, H.; Weber, E.(org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico do Uso da Terra**. Ed. 2, n. 7. Rio de Janeiro, 2006.

KAISER, Eduardo André. **Influência da precipitação pluviométrica e do uso e cobertura do solo sobre variáveis limnológicas do lajeado monjolo, RS**. 2015. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia Licenciatura Plena, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

KIRK, J. T. O. **Light & photosynthesis in aquatic ecosystems**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un studio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 1948.

KRAMER, G. **AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS RELAÇÕES ENTRE ECOSISTEMAS TERRESTRE E AQUÁTICO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DA UHE PASSO REAL DA REGIÃO SUL DO BRASIL**. 2009. Dissertação - Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2009.

MEDEIROS, G.A.; ARCHANJO, P.; SIMIONATO, R.; REIS, F.A.G.V. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do Córrego Recanto, em Americana, no Estado de São Paulo. *Geociências*, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2009.

MILLIPORE. Glass Fiber Filters. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2011.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 292 p.

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

PEREIRA FILHO, W. **Influência dos Diferentes Tipos de Uso da Terra em Bacias Hidrográficas sobre Sistemas Aquáticos da Margem Esquerda do Reservatório de**

Tucuruí-Pará. 2000. 138 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) -Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PESSOA, M. L. (Org.). Bacias hidrográficas do RS. In: _____. **Atlas FEE.** Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: <<http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/territorio/bacias-hidrograficas-do-rs/>>. Acesso em: 23 de outubro de 2018.

PORTO ALEGRE. Fernando Setembrino Cruz Meirelles. Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Org.). **PROCESSO DE PLANEJAMENTO BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA FASES A, B e C.** Porto Alegre: Profill Engenharia e Ambiente Ltda, 2016. 393 p.

PRADO, D. de A. **COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM DOIS RESERVATÓRIOS DO RIO JACUÍ NO RIO GRANDE DO SUL.** 2014. Dissertação - Santa Maria, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Sema. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Org.). **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.** 2010. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 23 set. 2018.

SANTOS, F. C. Dos. **Influência dos constituintes opticamente ativos na reflectância espectral da água do reservatório passo real, RS.** 2012. Dissertação - Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2012.

SANTOS, Felipe Correa dos. **Influência dos constituintes opticamente ativos na reflectância espectral da água do reservatório passo real, RS.** 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4799>. Acesso em: 05 nov. 2018.

SILVEIRA, G. V. **INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITU – RS.** 2014. Dissertação - Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2014.

TCHOBANOGLIOUS G. & SCHROEDER E.D. 1987. Water Quality Management. Addison-Wesley Publishing Company .Ed. Volume I Longman. 768 p.

TODESCHINI, M. L. Dinâmica espacial e temporal das características físicas e químicas do rio Cubatão e distribuição espacial da bacia hidrográfica – litoral do Paraná. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TUNDISI, J. C. et al. Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: **Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação.** Rebouças, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. São Paulo: Escritura, p. 195-225. 1999.

TUNDISI, J. G. (Ed). Limnologia e manejo de represas. Série Monografia em Limnologia. V. 1 (Jomo 2), 1988. p. 311- 355.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2005.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, TUNDISI. T. *Limnologia*. São Carlos (SP): Oficinas de Texto, 2008. TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D.C et al. **A bacia hidrográfica do Tiete-Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento**. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 159 – 172, 2008.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3a Minas Gerais: UFMG, p. 452. 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WACHHOLZ, F. **Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva - RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais**. 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

WETZEL, R.G. **Limnology**. 2ª Ed. Philadelphia: Saunders College Publishing House, 1983. 767p.

WICANDER, R. **Fundamentos de geologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.