



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Presidente Prudente

JAKSON JOSÉ FERREIRA

**USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO NOVO (UGRHI-17) E PARÂMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS DA ÁGUA NO EXUTÓRIO.**

PRESIDENTE PRUDENTE

2020

USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NOVO (UGRHI-17) E PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DA ÁGUA NO EXUTÓRIO.

JAKSON JOSÉ FERREIRA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Luís Piroli

**CO-ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Edineia Aparecida Dos
Santos Galvanin**

Dissertação elaborada no Programa de Pós-Graduação em Geografia Mestrado Profissional, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Câmpus de Presidente Prudente – SP, para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**PRESIDENTE PRUDENTE
2020**

FICHA CATALOGRÁFICA

F383s Ferreira, Jakson José
Sedimentos em suspensão no exutório do Rio Novo - Represa de Salto Grande, UHE Lucas Nogueira Garcez / Jakson José Ferreira. - Presidente Prudente, 2020
70 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Edson Luís Piroli
Coorientador: Edineia Aparecida dos Santos Galvanin

1. Sensoriamento remoto. 2. Erosão hídrica. 3. Uso da terra. I.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NOVO (UGRHI-17) E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO DA UHE SALTO GRANDE

AUTOR: JAKSON JOSE FERREIRA

ORIENTADOR: EDSON LUIS PIROLI

COORIENTADORA: EDINEIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GEOGRAFIA, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDSON LUÍS PIROLI
Coordenadoria Executiva / UNESP / Câmpus de Ourinhos

Prof. Dr. JULIO CESAR DEMARCHI **VIDEOCONFERÊNCIA**
Seção Técnica de Apoio Acadêmico / Unesp / Campus de Ourinhos

Prof. Dr. RODRIGO LILLA MANZIONE **VIDEOCONFERÊNCIA**
Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP - Tupã

Presidente Prudente, 06 de julho de 2020

*A minha família e amigos que não
pouparam esforços em estarem
presentes durante todo o trabalho.*

Às minhas filhas Sarah e Sophia, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo, pela vida maravilhosa que me ofertou.

A minha esposa, por entender minhas limitações e ausência.

Aos meus pais e à minha irmã por estarem sempre ao lado dando todo o suporte necessário.

Aos meus amigos e orientadores no trabalho e na vida Piroli, Maria Cristina “Criss”, Edineia, Júlio Demarchi, Daniela, Manzione, Caetano Pedro Evangelista Ribeiro.

A todo pessoal que me acompanhou nas coletas de barco, Yvana, Jorge, Abílio, Lucas, Felipe, Thiago.

A todos os amigos e professores, que compuseram este grupo de mestrado profissional, pelos momentos agradáveis e inesquecíveis, que sempre serão lembrados.

RESUMO

O estudo teve como objetivo verificar a influência do uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Novo na qualidade da água de seu exutório na UHE Lucas Nogueira Garcez, Salto Grande/SP. Para a avaliação foram identificadas as alterações que ocorreram na bacia, concomitantes às coletas de água no exutório do Rio Novo entre setembro de 2017 e agosto de 2018, relacionando com os parâmetros físico-químicos da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, turbidez, sólidos em suspensão totais e transparência, tendo como parâmetros os enquadramentos da resolução CONAMA 357/2005. Para a elaboração e identificação do mapa de uso e cobertura da terra, utilizou-se das imagens do satélite Landsat 8 sensor OLI. As análises de água demonstraram que as alterações que ocorreram no uso e na cobertura da terra da bacia do Rio Novo não influenciaram na qualidade da água no exutório da represa de Salto Grande no Rio Paranapanema, inclusive nos períodos de entressafra, em que a cobertura vegetal diminuiu significativamente, expondo o solo a processos erosivos, como os que ocorreram no alto Rio Novo, onde a susceptibilidade à erosão é identificada como alta. Os resultados da pesquisa expõem que há a necessidade de análises mais específicas, de forma a ter indicadores que possam ser acompanhados no trajeto da nascente à foz do rio, como forma de predizer possíveis danos ambientais que possam estar ocorrendo à montante.

Palavras-chave: monitoramento; sensoriamento remoto; qualidade da água; SIG.

ABSTRACT

The study aimed to verify the influence of land use and occupation on water quality in the Rio Novo / UHE Lucas Nogueira Garcez, Salto Grande / SP. For evaluation, the changes that occurred in the basin were identified, concurrent with the collection of water in the outlet of the Novo River, between September 2017 and August 2018, relating to the physical-chemical parameters of the water, such as dissolved oxygen, electrical conductivity, pH, temperature, turbidity, total suspended solids and transparency, having as parameters the frameworks of CONAMA resolution 357 of 2005. For the elaboration and identification of the land use and land cover map, we used images from the Landsat 8 satellite, OLI sensor. The water analyzes showed that the changes that occurred in the land use and coverage of the Rio Novo basin did not influence the water quality in the Salto Grande reservoir, in Rio Paranapanema, including the off-season periods, where the vegetation cover decreased significantly, exposing the soil to erosive processes, such as those that occurred in the upper Rio Novo, where the susceptibility to erosion is identified as high by the IPT. The results of the research show that there is a need for more specific analyzes, in order to create indicators to monitor water physical-chemical parameters in the path from the springs to the basin outlet, as a way to predict possible environmental damages that may be occurring upstream.

Keywords: planning and land use; remote sensing; water quality; GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação do ciclo hidrológico.....	17
Figura 2	Perfil do solo e seus horizontes.....	26
Figura 3	Guia para agrupamento de classes de textura do solo.....	27
Figura 4	Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto.....	37
Figura 5	Série de satélites LANSAT.....	39
Figura 6	Mapa de drenagem da bacia do Rio Novo.....	42
Figura 7	Carta da imagem da bacia hidrográfica do Rio Novo.....	43
Figura 8	Mapa Geológico da bacia do Rio Novo.....	44
Figura 9	Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Novo.....	46
Figura 10.	Média histórica de precipitação.....	47
Figura 11	Mapa Pedológico da Bacia do Rio Novo.....	48
Figura 12.	Mapa de suscetibilidade à erosão na bacia do Rio Novo.....	50
Figura 13	Etapas metodológicas desenvolvidas na pesquisa	52
Figura 14	Coleta de amostras da água em barco.....	54
Figura 15	Coleta da luminosidade.....	55
Figura 16.	Equipamentos utilizados para coleta em campo.....	55
Figura 17.	Processamento das amostras de oxigênio dissolvido.....	56
Figura 18	Equipamento de filtração.....	57
Figura 19.	Estação de processamento e leituras de dados.....	59
Figura 20	Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo 10/09/2017.....	62
Figura 21	Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo 12/10/2017.....	64
Figura 22	Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo 06/04/2018.....	66
Figura 23	Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo 12/08/2018.....	67
Figura 24	Represa abaixo do nível.....	69
Figura 25	Parâmetros físico-químicos da água no dia 26/09/2017.....	69
Figura 26	Parâmetros físico-químicos da água no dia 12/10/2017.....	71
Figura 27	Parâmetros físico-químicos da água no dia 06/04/2018.....	72
Figura 28	Parâmetros físico-químicos da água no dia 12/08/2018.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadros 1	Afluentes do Rio Novo.....	51
Quadros 2	Condições de coleta no exutório do Rio Novo.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação dos parâmetros de qualidade da água segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.....	25
Tabela 2	Faixas de valores de erodibilidade de solos na UGRHI-17.....	30
Tabela 3	Características dos sensores Landsat 8.....	53
Tabela 4	Uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo de 10/09/2017 a 12/08/2018.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Proteção Permanente

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTG – China Three Gorges

DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica

DS – Disco de Secchi

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EVI – Índice de Vegetação Realçado

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

JKsg – Formação Serra Geral

Ka – Formação Adamantina

Km – Formação Marília

LV78 – Latossolos Vermelho Distróficos

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez

OD – Oxigênio Dissolvido

pH- potencial Hidrogeniônico

PHRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PVA10 – Argissolos Vermelho Amarelo

REM – Radiação Eletromagnética REM

RL4 – Neossolos

SatVeg – Sistema de Análise Temporal da Vegetação

SIG – Sistema de Informação Geográfica

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UHE – Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
	2.1 Objetivo geral.....	16
	2.2 Objetivo específico.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
	3.1 Recursos Hídricos.....	17
	3.1.2 Indicadores de qualidade da água.....	19
	3.1.3 Legislação em recursos hídricos.....	23
	3.2 O solo.....	25
	3.3 Código Florestal Brasileiro.....	33
	3.4 Sensoriamento Remoto.....	36
	3.4.1 Geotecnologias aplicadas à análise ambiental.....	36
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
	4.1 Material.....	41
	4.1.1 Descrição da área de estudo.....	41
	4.2 Metodologia.....	51
	4.2.1 Aquisição de imagens de satélite.....	52
	4.2.2 Coleta de água para verificação dos indicadores	53
	4.2.2.1 Coleta realizada em campo.....	53
	4.2.3 Processamento das amostras de água em laboratório.....	56
	4.3 Elaboração do mapa de cobertura e uso da Terra na bacia hidrográfica do Rio Novo.....	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
6	CONCLUSÃO.....	76
7	REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

A água configura-se como um recurso de importância ímpar por se tratar de um elemento fundamental para manutenção da vida. Desta forma, exerce grande influência em diferentes estruturas, sejam elas bióticas ou abióticas, as quais sustentam o planeta (TUNDISI, 2003).

Piroli (2016) afirma que o homem se afastou da água, que proporcionou o seu próprio desenvolvimento. Porém, este afastamento não ocorreu em sua forma física, mas sim por meio do esquecimento ou da falta da noção da importância a que essa preciosidade exige.

A proporção de água doce encontrada em nosso planeta é de 2,5%, da qual tem-se 68,9% constituída nas calotas polares e nas geleiras; 29,9% nas camadas subterrâneas; 0,3% constituem os rios e lagos e 0,9 % formam outros reservatórios. Somente 1% de toda água doce é utilizada para consumo. O restante, 97,5% da água do Planeta, é salgada (SHIKLOMANOV, 1998; TUNDISI, 2008).

O Brasil é um dos países com maior potencial hídrico do mundo. Somente no território brasileiro 12% de toda água doce do planeta, distribuída em rios, lagos e aquíferos. Porém a má gestão hídrica no país causa poluição em grandes quantidades, diariamente, o que acarreta custos elevados no saneamento (MOITA, 1991).

Uma forma eficiente de setORIZAR e acompanhar a utilização deste recurso natural é utilizando a bacia hidrográfica. Ela configura-se como uma estrutura física que pode ser delimitada pelo homem em sua observação da paisagem e/ou de forma natural pelos divisores de água, proporcionando uma gestão *in situ* para conservação dos recursos naturais, onde ocorrem várias interações entre solo, água e atmosfera, pois, tendo a delimitação da área de uma microbacia, torna-se possível realizar o seu gerenciamento por meio de múltiplas ferramentas disponíveis ao poder público, as quais vão desde a educação ambiental até a orientação técnica das pessoas envolvidas (SILVA et al., 2008).

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

Lima (2008) define a bacia hidrográfica como um meio físico susceptível da ação do ciclo hidrológico. Este sistema dar-se-á basicamente pela entrada e saída de água em seu estado

líquido e gasoso (evapotranspiração), por meio da precipitação e escoamento superficial, respectivamente, até seu exutório.

Segundo Tundisi (2003, p. 107) “a bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, representa um avanço conceitual muito importante e integrado da ação”, pois por estar a delimitar-se naturalmente e tendo o curso hídrico na baixa vertente, uma parte dos produtos e subprodutos produzidos ou introduzidos acabam deixando “rastros” que podem ser detectados, analisados e atenuados em sua fonte produtora, evitando que o mesmo se dissemine amplamente pela bacia.

Piroli et al. (2011) afirmam que as alterações que ocorrem em uma bacia hidrográfica somam em consequências ambientais e econômicas, principalmente quando ocorrem modificações nas APP, pois alteram a disponibilidade e qualidade hídrica. Dessa forma quaisquer mudanças significativas na ecologia de uma bacia, como no uso da terra, represamento de leito de rios e abastecimento ou irrigação em grande demanda podem ser detectadas por instrumentos específicos no exutório, que modificam o fluxo energético, resultando em desequilíbrio ambiental e modificando a paisagem do local (CETESB, 2017).

Vanzela et al. (2010) afirma que a falta de gerenciamento do uso e cobertura da terra em uma bacia hidrográfica pode resultar em um aporte de sedimentos no curso hídrico como indicador, fazendo com que as alterações realizadas a quilômetros na montante possam resultar em alterações significativas à jusante, pois os fluxos energéticos da bacia hidrográfica são interligados e o curso hídrico é um elemento essencial como indicador de qualidade.

A CETESB (2017) afirma que, as alterações nos índices de qualidade da água, em determinados trechos de rios ou reservatórios, necessitam de diagnósticos mais aprofundados a montante em outras variáveis, tanto em função do uso e a ocupação do solo na bacia contribuinte, seja ela atual ou passada, quanto pela ocorrência de algum evento excepcional na área em questão.

Tundisi (2008) refere que para o planejamento da utilização dos recursos hídricos são necessárias práticas eficazes de implementação e de viabilização das políticas públicas, as quais devem determinar a utilização dos recursos naturais, principalmente da água nas bacias hidrográficas, e este território deve ser mapeado em áreas de prioridade, observando suas potencialidades e vulnerabilidades para o uso da terra, estabelecendo assim, a bacia hidrográfica como ponto de planejamento e gerenciamento, integrando questões ambientais e econômicas de setores públicos e privados, dos usuários e das universidades.

Dentro deste contexto, a bacia hidrográfica do Rio Novo pertence à Unidade de

Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17), a qual estabelece as diretrizes para a gestão da água, de forma a proporcionar um equilíbrio entre as partes interessadas, tendo como o princípio norteador a Lei Federal n° 9433/1997 (BRASIL, 1997).

O rio possui sua nascente localizada no município de Ocauçu-SP. Já o exutório encontra-se na represa Salto Grande, pertencente a Usina Hidroelétrica (UHE) “Lucas Nogueira Garcez”, administrada pela *China Three Gorges* (CTG), no município de Salto Grande-SP. A foz do rio sofre a influência das oscilações no nível da água da hidroelétrica, da mesma forma que o Rio Novo, contribui para o aporte de sedimentos na represa de Salto Grande.

Segundo Vanzela et al (2010), o monitoramento por meio de indicadores que correlacionam solo e água é fundamental para um planejamento adequado e integrado dos recursos hídricos, de forma a promover a disponibilidade e qualidade durante todo o ano.

Diante do exposto, a presente pesquisa buscou relacionar, com imagens de satélite e coletas a campo no exutório da bacia do Rio Novo, variáveis físicas e químicas da água que se relacionam com fatores do uso da terra, tendo a água como um elemento indicador de alteração do uso e cobertura da terra.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo compreender as relações de alguns indicadores físico-químicos de qualidade da água no exutório do Rio Novo/ UHE Lucas Nogueira Garcez, Salto Grande/SP com o uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os indicadores de qualidade da água presentes no exutório da bacia do Rio Novo por meio de monitoramento *in situ*.
- Identificar as alterações no uso e cobertura da terra, por meio de imagens de satélite, concomitante com as datas de coleta em campo.

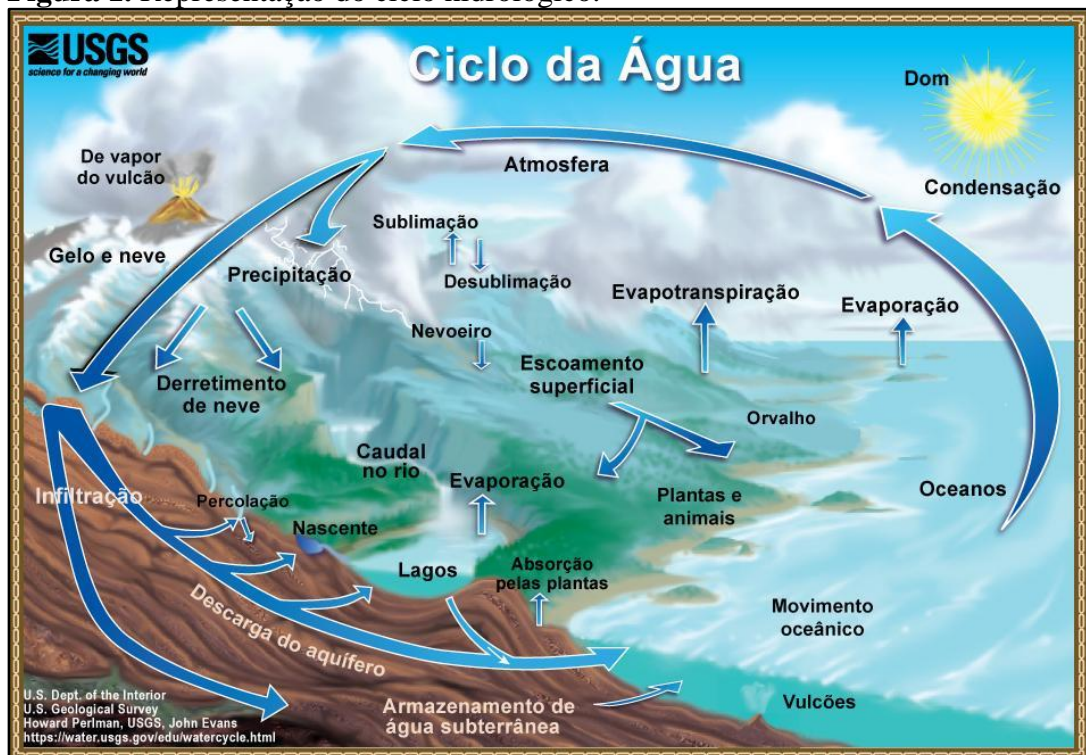
3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Recursos Hídricos

De acordo com Rebouças (1999), o planeta Terra mantém a mesma água há 500 milhões de anos. Porém, devido à má gestão dela, problemas como poluição, consumo crescente, desperdício e falta de políticas de reuso, contribuem para a desproporcionalidade na sua distribuição, causando escassez em determinadas épocas e locais.

É possível afirmar que a água trabalha em equilíbrio, passando por vários ambientes naturais dentro do ciclo hidrológico, ganhando e perdendo energia. O ciclo hidrológico pode ser considerado o cálculo das entradas e saídas de água de um sistema, ou seja, o “Balanço Hídrico”, cujo resultado fornecerá a água disponível no sistema (solos, rios, lagos, vegetações e oceanos). Em uma escala intermediária, pode ser representada por uma bacia hidrográfica e o balanço hídrico resulta na vazão de água desse sistema. Para períodos em que a chuva é menor do que a demanda atmosférica por vapor d’água, a vazão diminui, ao passo que nos períodos em que a chuva supera a demanda, aumenta a vazão nos corpos hídricos (DE PAULA, 2011). A Figura 1 apresenta o ciclo da água em seus diversos estados.

Figura 1. Representação do ciclo hidrológico.



Fonte: USGS (2019).

Segundo a Agência Nacional de Águas (2018), a disponibilidade hídrica superficial no Brasil encontra-se em torno de 78.600 m³/s, o que representa cerca de 30% da vazão média de todos os rios. Parte dessa disponibilidade (65.617m³/s) corresponde à contribuição da bacia Amazônica que está localizada na região norte do país. Esses valores demonstram a imensa capacidade hídrica que o Brasil possui. Porém, a mesma se dá de forma desigual, pois a região Nordeste do Brasil, de clima predominantemente semiárido, sofre com longos períodos de estiagem, e a bacia do Paraná, da qual a área do referido estudo é parte, é a segunda maior em produção de volume de água, representando 6% do total de todo o Brasil. A bacia Amazônica está em primeiro lugar, com uma produção de 70% de toda água doce brasileira.

Segundo Tundisi (2008) a água configura-se em conjunto de características específicas, pois ela pode apresentar-se em três estados físicos, por meio do arranjo de suas moléculas. Esta por sua vez, altera sua densidade conforme a temperatura e nos casos de ambientes lânticos e semi-lânticos, se estratifica em camadas com características físicas, químicas e biológicas diferentes, determinando por sua vez um metabolismo próprio para cada local.

Dentro deste contexto, há vários impactos negativos observados a partir da intervenção humana, que influenciados pela alteração do uso e da ocupação da terra, sendo os principais a agricultura, pecuária, indústrias e as cidades, que influenciam no ciclo hidrológico local (PEREIRA, 1997).

Tucci (2003, p. 12) afirma que:

O ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o homem entra dentro deste sistema e se concentra no espaço, produz grandes alterações que modificam dramaticamente este ciclo e trazem consigo impactos significativos (muitas vezes de forma irreversível) no próprio homem e na natureza.

Os rios promovem um ecossistema fundamental para o equilíbrio da vida. Tanto em seu leito quanto em suas margens a biodiversidade aflora, tornando essencial a preservação das mesmas, pois sua deterioração causaria danos imediatos à subsistência da cadeia alimentar, refletindo diretamente no homem (SAAD, 2015).

Tucci (2003) afirma ainda que com o avanço da sociedade tecnológica, os solos estão cada vez mais impermeabilizados, o que ocasiona uma baixa taxa de infiltração, proporcionando o rebaixamento no nível freático, uma vez que em locais assim toda a água é escoada superficialmente.

Os recursos naturais constituem uma importante fonte econômica, cultural, científica e de harmonia paisagística, mas com o desenvolvimento da tecnologia e a degradação destes recursos, o patrimônio está em crise, pois a perda da biodiversidade pode ser irreversível, sendo consequência da má gestão.

O monitoramento do curso hídrico é de fundamental importância, pois indicará mudanças desejáveis e indesejáveis que possam ocorrer. A água é um recurso natural de uso intenso pelos diversos setores da economia, como: reservatórios artificiais de usos múltiplos, agricultura, responsável por 52% das retiradas de água para irrigação, abastecimento urbano (23,8%), indústria de transformação (9,1%) e o abastecimento animal (8%) (ANA, 2018).

3.1.2 Indicadores de qualidade da água

A água possui características próprias de cada local, devido a sua capacidade de diluir compostos presentes em rochas, solo, plantas ou em objetos que passaram por algum processo de modificação na escala de produção do homem. Sendo um solvente universal, as agências de controle ambiental estabeleceram valores adequados para várias atividades fins, como para água de consumo humano (potabilidade), água para banho (balneabilidade), águas para cultivo de seres aquáticos (piscicultura) e águas destinadas somente para transporte em embarcações. Esta última de todas é a que possui a menor rigidez na qualidade (CONAMA, 2005).

Tundisi e Tundisi (2008, p.95) afirmam que:

As águas naturais têm uma composição química bastante complexa, em razão do grande número de íons dissolvidos, de substâncias orgânicas resultantes das condições naturais das bacias hidrográficas e atividades humanas. Outra fonte de substâncias e elementos é a atmosfera. Há grande variabilidade na composição química das águas naturais, em decorrência da geoquímica do solo e das rochas que constituem o substrato das bacias hidrográficas. O balanço de materiais nos ecossistemas aquáticos é também resultado das atividades dos organismos (excreção, respiração, biopertubação).

Uma das formas de analisar a água é pela condutividade elétrica, pois o custo-benefício do equipamento é baixo em relação à grande quantidade de análises que podem ser realizadas. Estas análises possuem o potencial de indicar fontes pontuais de dissolução de elementos químicos, mensurando ponto a ponto em uma análise exploratória para detectar onde há maior ou menor concentração de íons (MACHADO, 2006). De acordo com Silva e Oliveira (2001) este equipamento funciona por meio de uma célula, constituída de dois eletrodos de platina (material inerte) a uma distância específica um do outro, onde uma corrente elétrica percorre a

solução (água) indicando onde há maior concentração de íons. Águas de abastecimento e residuárias possuem uma condutividade elétrica de 50 a 1500 $\mu\text{mhos/cm}$, já água purificada por destilação possui 0,5 a 3,0 $\mu\text{mhos/cm}$.

O potencial Hidrogeniônico, mais conhecido pela sigla pH, é o termo utilizado para expressar a condição básica ou ácida de um meio. É uma das análises mais utilizadas para dar início às investigações limnológicas. Para o processo de abastecimento público de água, o pH exerce uma função importante pois está diretamente relacionado com os processos de coagulação química, controle de corrosão, abrandamento e desinfecção. A legislação brasileira obriga por meio da Portaria de Consolidação 5, de 20 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde a concentração de 6,5 a 8,5, e os casos em que água não possui tais características naturais, torna-se necessário a correção para que possa ser destinada à população (BRASIL, 2017).

O pH está diretamente relacionado com o metabolismo da água, devendo ser mantido em faixas específicas. Um exemplo são lagoas de tratamento que estão relacionadas com o processo de depuração executado por bactérias aeróbicas e anaeróbicas, podendo otimizar ou atenuar o processo. O pH, concomitante com a fotossíntese de algas, desempenha o papel fundamental de eliminação de organismos patogênicos nas águas residuárias, em que valores com pH acima de 7,5 podem influenciar na precipitação e incrustação do carbonato de cálcio presente na água, que pode obstruir encanamentos e bombas, exigindo um custo maior com a manutenção dos equipamentos (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

A determinação do valor do pH, pode ser feito por estequiometria ou por equipamentos portáteis (sendo estes os mais utilizados). O equipamento se baseia em um potenciômetro e um eletrodo que mensura a atividade iônica do hidrogênio, dando como resultado a escala logarítmica de pH, sendo abaixo de 7 ácida e acima de 7 básica, sendo 7 o valor neutro do pH (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece que para o metabolismo da vida dos seres que dependem do meio aquático o pH deve estar entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005). Com a alteração do pH, elementos tóxicos podem ser disponibilizados no meio aquático, prejudicando a ecologia (CETESB, 2016).

Os níveis de pH presentes possuem relação com outros fatores que podem estar em contato com a água, como a dissolução de rochas, trocas gasosas com a atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. O homem moderno altera o pH de um curso hídrico por meio do modo com que trata o esgoto doméstico ou industrial, pois diversos produtos químicos são

utilizados diariamente nas cidades e nos campos (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Fritzsos et al. (2003) afirma em seus resultados que alterações antrópicas, como a mineração, modificam em 0,5 o pH da água, tendo um pico em dias chuvosos em que o aumento pode subir para 15 % dos valores registrados anteriormente à chuva.

A taxa de turbidez da água é uma unidade de medida que possui a capacidade de dispersar a radiação, estando relacionada com partículas minerais (argila, silte) ou partículas orgânicas dissolvidas em suspensão, podendo ser oriunda também de organismos vivos microscópicos (plâncton) ou em decomposição. Desta forma a turbidez interfere na transmissão da luz solar em linha, devido à concentração destes agentes (ESTEVES, 2011).

Nesta linha de pensamento, Tundisi e Tundisi (2008) afirmam que com o aumento da turbidez, a radiação solar sofre dificuldade para aprofundar a luz na água devido à grande quantidade de sólidos em suspensão. Sendo assim, macrófitas subaquáticas diminuem o processo fotossintético que, por sua vez, diminui a quantidade de biomassa produzida, afetando comunidades de peixes e todo um ecossistema.

Silva e Oliveira (2001) afirmam que a turbidez possui relevada importância no abastecimento de água de cidades, pois aumenta os custos no processo da remoção das partículas. Afirmam também que em casos de turbidez oriunda de partículas residuárias de esgoto doméstico com agentes infecciosos, pode impossibilitar que os agentes saneantes esterilizem a água servida à população. A presença dessas partículas provoca a impressão de água imprópria, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, afetando vários usos, sejam eles doméstico, industrial e/ou recreacional (CETESB, 2016).

A determinação da turbidez é feita por um equipamento denominado de turbidímetro, que possui como unidade de medida a escala nefelométrica, a qual possui a capacidade de comparar uma amostra calibrada (padrão) com a amostra de água, onde o valor é dado em Unidades Nefelométricas, que nada mais é do que a capacidade de desvio de intensidade de luz. Este tipo de análise geralmente está ligado à erosão acelerada ou ao lançamento de efluentes domésticos em cursos fluviais, como nos estudos de processos geomorfológicos de encosta e fluviais, indicando a dinâmica dos processos erosivos e sedimentares (LOPES et al., 2007).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, os padrões para turbidez da água estão entre 40 UT para as águas enquadradas como de classe 1, até 100 UT para classes 2 e 3, não ocorrendo indicações para a classe 4, maiores informações sobre a Resolução CONAMA 357, serão dadas nos capítulos seguintes.

O método do disco de Secchi é utilizado para medir a transparência da água por meio

de um disco dividido em seções de branco e preto, suspenso por uma fita métrica. Com ele é possível estimar o coeficiente da extinção da luz, devido à presença de sólidos em suspensão ou a concentração de clorofila situada em alguns microrganismos. Anota-se então o valor da profundidade na interface da zona eufótica e afótica, tendo como parâmetro a superfície da água. Esta medida é importante pois a presença da luz estimula a fotossíntese, produzindo oxigênio e retirando gás carbônico, aumentando a biomassa, alimento base da cadeia alimentar de alguns organismos aquáticos (LITTLEPAGE, 1998).

Para identificar a quantidade de sólidos suspensos na coluna da água, o método de sólidos não filtráveis é uma das maneiras de mensurar, pois identifica pelo volume a quantidade em massa presente no corpo hídrico, sendo possível verificar o aporte dos sedimentos transportados em suspensão pelo curso hídrico (SILVA e OLIVEIRA, 2001). O método está baseado na filtração das amostras a vácuo em filtros de 0,45 µm acoplado em bomba de vácuo.

A temperatura é um parâmetro analítico que está diretamente relacionado com o metabolismo de um ambiente aquático. Silva e Oliveira (2001) afirmam também que a eficiência dos processos biológicos no tratamento de águas residuárias e lodos é definido dentro de faixas específicas de temperatura. De acordo com Tundisi e Tundisi (2008), nos ambientes lóticos ocorre o processo natural de estratificação térmica do qual é necessária a utilização de um termômetro eletrônico com visor da temperatura, de modo que o sensor possa aprofundar no curso hídrico analisando e identificando as camadas de estratificação térmica abaixo da embarcação. Este procedimento é fundamental para análise sistêmica do ambiente aquático a ser investigado.

O oxigênio dissolvido é um gás essencial para o metabolismo do curso hídrico e está diretamente relacionado com a vida aquática e com a química da água. As principais fontes de oxigênio para água são a atmosfera e a fotossíntese. Este gás também promove a oxidação de íons metálicos como ferro e manganês, o qual comumente encontra-se em rochas vulcânicas, que podem fazer parte do leito de rios. Sendo assim, existe a produção de oxigênio e o consumo efetuado por organismos aeróbicos ou pela oxidação que este gás possa fazer (TUNDISI, 2003). Segundo Esteves (2011) a solubilidade do oxigênio na água depende de dois fatores principais, a temperatura e a pressão atmosférica. Com o aumento da temperatura da água ocorre a redução da taxa de oxigênio dissolvido na água, porém, em dias ensolarados na zona eufótica (presença de luz) há uma imensa produção de oxigênio e um consumo considerável de gás carbônico devido à fotossíntese promovida pelos seres aquáticos fotossintetizantes.

CETESB (2016) afirma que a falta de oxigênio dissolvido na água, pode afetar a vida

dos seres aquáticos, diminuindo os processos de autodepuração em sistemas naturais e estações de tratamento de esgotos. O consumo de oxigênio por bactérias aeróbicas que fazem a degradação da matéria orgânica presente na água é fundamental para este processo. Desta forma, o valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) para a preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 5,0 mg/L, podendo variar para algumas espécies de seres aquáticos (BRASIL, 2005).

3.1.3 Legislação em recursos hídricos

Neste contexto, a legislação brasileira não se preocupou somente com a qualidade da água, mas também com a Gestão dos Recursos Hídricos. Em 10 de julho de 1934, foi sancionado o Decreto Federal nº 24.643 (BRASIL, 1934), que aprovou o Código de Águas, considerado inovador para a época, pois tornou-se referência mundial por se tratar de uma das mais completas normativas que legislavam sobre a água. O Código organizava as águas em públicas, comuns e particulares (BRASIL, 1934).

Os recursos hídricos também foram lembrados na Constituição Federal de 1988, que definiu as águas como bens da união:

O art. 20, inciso III, da Constituição Federal de 1988 indica, entre os bens da União, "os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos do seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, se estendam a território estrangeiro, ou dele provenham, bem como terrenos marginais e as praias fluviais" Brasil (1988).

Assim, em 8 de janeiro de 1997, foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (BRASIL, 1997) a qual visa promover a gestão dos recursos hídricos no Brasil de forma dinâmica e integral.

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997)

A Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (1997), traz em seus objetivos a importância da manutenção da qualidade da água atual de forma que as futuras gerações possam usufruir dos mesmos benefícios que temos hoje em quantidade e qualidade de água, pelo uso racional deste recurso, pois são vários os setores da economia dependentes e que devem trabalhar de forma integrada, prevenindo e protegendo contra desastres de origem natural ou antrópica, por meio de capacitação e prevenção, minimizando a degradação deste recurso natural.

De forma a promover um equilíbrio harmônico entre o meio ambiente e o desenvolvimento econômico, a Lei Federal 9.433/97 (Lei das águas) cita a importância da criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, do qual fazem parte:

- o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- os Comitês de Bacia Hidrográfica;
- os órgãos de governo cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;
- Agências de água.

Para que seja garantida a qualidade da água nos padrões adequados, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH – Lei N. 9.433/97) utilizou-se do enquadramento da resolução CONAMA 357/ 2005, que estabelece os usos preponderantes e adequados para avaliar o desenvolvimento da qualidade dos corpos d'água a fim de atender as necessidades da população local.

De acordo com CONAMA (BRASIL, 2005) a classificação ficou estipulada em cinco classes de água doce, sendo elas a classe especial que são águas destinadas ao consumo humano com desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, as águas de classe 1, são destinadas ao consumo humano; à proteção das comunidades aquáticas; à irrigação e à aquicultura intensiva de espécies destinadas à alimentação humana, as águas de Classe 2, possui a mesma destinação que a classe 1, o que muda é apenas o tratamento, e que são utilizadas para aquicultura e atividades de pesca, as águas de classe 3, são destinadas ao consumo humano após tratamento convencional; à

irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; dessedentação de animais, já as água de classe 4 são destinadas apenas à navegação e harmonia paisagística.

A utilização desta ferramenta de classificação torna-se fundamental para que ocorra uma gestão diligente, pois assegura uma qualidade compatível com os usos dos mais aos menos exigentes, promovendo ações preventivas com o intuito de neutralizar ou atenuar a poluição que o homem causa à água em seu ciclo de vida e econômico. No Quadro 1 é possível verificar os limites de alguns indicadores para cada classe da resolução especificados na Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 1. Classificação dos parâmetros de qualidade da água segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005

Resolução CONAMA N°357/2005 - Águas Doces				
Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Turbidez	Até 40 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT	-----
OD	Não Inferior a 6 mg/L O ₂	Não inferior a 5 mg/L O ₂	Não inferior a 4 mg/L O ₂	Não inferior a 2 mg/L O ₂
pH	De 6,0 a 9,0	de 6,0 a 9,0	De 6,0 a 9,0	De 6,0 a 9,0
SST	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	-----

Fonte: CONAMA (2005)

Organizado pelo autor.

À água é um recurso natural que envolve muitos interesses e com isso gera conflitos, principalmente quando a disponibilidade hídrica diminui. Sendo assim, com o intuito de promover a sustentabilidade e equidade a essa competição, a Lei n. 9.433/97 instituiu os Comitês da Bacia Hidrográfica, que definem a quantidade ideal de disponibilidade de acordo com os usos, resolvendo também questões e problemas locais com os representantes da própria bacia. Em casos de conflito, está é a primeira instância para se resolver, assim como a aprovação do plano de recursos hídricos e da implantação da cobrança e da proposta de preço do uso da água.

3.2 O solo

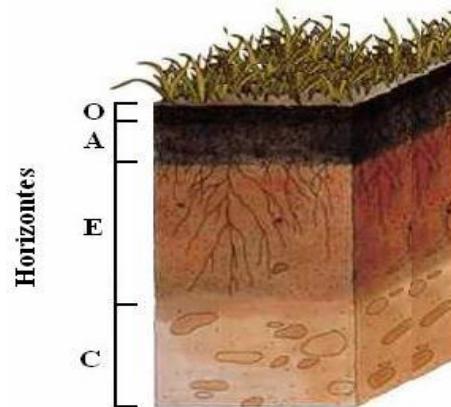
A Embrapa (2018, p. 28) define o solo como:

Uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por minerais e orgânicos, que ocupa a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza, onde ocorrem. Ocasionalmente podem ter sido modificados por atividades antrópicas.

O solo é um ecossistema complexo, variando em riqueza e abundância desde a escala milimétrica à quilométrica. Este alberga diversos reinos da biologia, tornando-se uma parte extremamente importante da biosfera, servindo de substrato para os organismos produtores, abrigo para os consumidores e moradia para os decompositores, cumprindo com um processo integrado nos ciclos de energia (FERREIRA, 2012).

Ao longo de um perfil do solo, alterações físicas e químicas são apresentadas e divididas em camadas e horizontes, conforme apresentado na Figura 2. Os horizontes são o resultado do processo de formação do solo, que possui fatores importantes no processo da pedogênese, sendo eles: os organismos vivos, clima, relevo, o tempo e a rocha matriz, segundo Oliveira (2001).

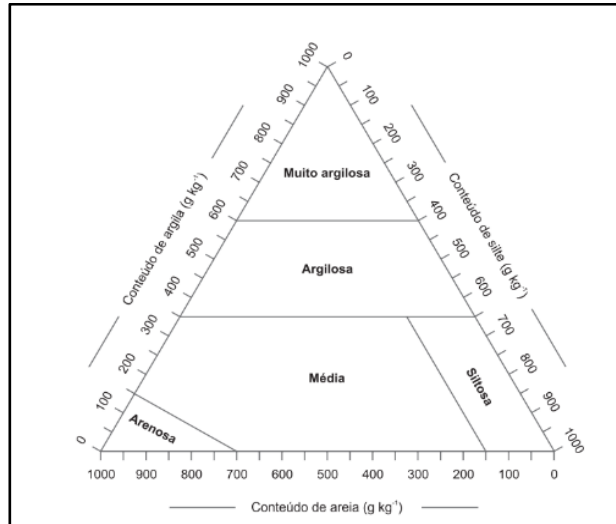
Figura 2. Perfil do solo e seus horizontes



Fonte: EMBRAPA (2019). Adaptado por: Ferreira (2019).

O solo é composto de partículas minerais de vários tamanhos. Desta forma, a textura do solo compreende-se como a concentração dessas partículas em quantidades específicas, separadas em classes texturais. Essas partículas podem ser seixos, cascalhos, areia, silte e argila, sendo as partículas menores de 2 mm de diâmetro mais importantes, pois muitas das características físicas e químicas possuem relação direta com três partículas menores que são utilizadas para classificação do solo: a argila, o silte e a areia (OLIVEIRA, 2001). Na Figura 3 é possível verificar o diagrama de classificação da EMBRAPA.

Figura 3. Guia para agrupamento de classes de textura do solo.



Fonte: EMBRAPA (2018).

Bertoni e Lombardi Neto (2008) mencionam que a disposição das concentrações das três frações do solo é determinante para fertilidade do solo, assim como de suas propriedades físicas, as quais proporcionam uma melhor ou pior drenagem do solo, resistência à erosão, estabilidade para o desenvolvimento de plantas e suas raízes.

O avanço tecnológico tem contribuído para que os solos sofram com o processo de degradação de forma acelerada, como os processos de compactação, impermeabilização e erosão mais intensos. Este efeito de antropização desordenada do meio ambiente causa perdas consecutivas ao longo dos anos pela aceleração desse processo, tornando-o mais oneroso para a sociedade, uma vez que a camada superficial do solo é rica em nutrientes e matéria orgânica. Esta perda também impacta diretamente os cursos hídricos desprotegidos, seja por falta de mecanismos de conservação do solo ou por falta das Áreas de Preservação Permanente (APP), resultando em rápidas mudanças nos parâmetros físicos, químicos e biológicos, levando ao assoreamento, eutrofização e mortandade dos organismos não resistentes e dependentes daquele curso hídrico, encarecendo cada vez mais o custo de tratamento da água potável distribuída.

A relação água e solo é intrínseca e, sendo o homem moderno o principal agente modelador da paisagem, contribui pela ignorância ou ganância para a degradação do meio ambiente, Embrapa (2018), afirma que até 2050 a população mundial pode atingir 9,7 Bilhões de pessoas e a demanda por água e alimento seria um dos maiores problemas que a humanidade

poderá enfrentar em conjunto com a mudança climática e degradação ambiental.

Guerra (2005) menciona que o processo de erosão do solo se inicia quando ocorre algum fator que remove parte das partículas do solo (desagregação), seja esse fator de origem física, biológica ou química. Posteriormente, há o transporte pelo agente erosivo e, quando este não tem energia suficiente para o mesmo, ocorre a deposição em algum ponto. Como os cursos hídricos estão presentes nos fundos de vale, acabam sendo os principais receptores se não houver barreiras para diminuir a energia do transporte, ocasionando o assoreamento do rio. Os fatores responsáveis pelos processos erosivos do solo, são a erosividade da chuva, erodibilidade do solo, natureza da encosta e cobertura do solo, do qual o homem como agente modelador, interfere amenizando o processo ou contribuindo para maior erosão do solo.

Wincander e Monroe (2009, p. 139) afirmam sobre a erosão hídrica e a importância a ser dada a ela:

Da perspectiva humana, os solos não são renováveis, de modo que as pessoas estão alarmadas pelas perdas de solo que excedem a sua taxa de formação. De modo semelhante, qualquer redução na fertilidade e na produtividade do solo é causa para a preocupação, especialmente em áreas onde os solos já permitem somente uma existência marginal. Por essa razão, a degradação do solo, que inclui a erosão, assim como a deterioração química e física, é um problema sério em muitas partes do mundo.

Bigarella (2007, p. 900) afirma que a textura do solo deve ser levada em conta quanto a erosão hídrica, pois:

Os solos arenosos tendem a apresentar um alto índice de permeabilidade, porém a coesão entre as partículas de areia é muito baixa, favorecendo sua grande erodibilidade. Os latossolos, mesmo argilosos, são altamente permeáveis em função de sua estrutura que favorece a infiltração relativamente rápida da água. Entretanto, as partículas podem se agregar como se fossem “falsos grãos de areia”, provocando uma coesão muito fraca das partículas e erodibilidade elevada. Os solos siltosos possuem igualmente uma grande erodibilidade.

Os processos de evaporação e infiltração são fundamentais para conservação do solo. Quando não ocorrem, resta à água o escoamento superficial que é favorecido pela impermeabilização do solo e ou compactação, como enfrentam no modelo atual do tratamento do solo urbano e em alguns casos rurais, contribuindo para processos erosivos que se iniciam superficialmente como sulcos e ravinas, que quando não manejados podem evoluir para voçorocas, a ponto de atingir o aquífero livre (BRITO, 2012).

Bertoni e Lombardi Neto (2008) afirmam que o volume e a velocidade da enxurrada

sofrem a influência da intensidade, durabilidade e frequência da precipitação. A intensidade torna-se o fator mais importante pois, quanto maior a intensidade da chuva, maiores serão as perdas de solo pelo processo erosivo. A duração da chuva complementa a intensidade, sendo que a combinação das duas determina a chuva total. Já a frequência influencia no processo da erosão, pois caso se tenha um curto intervalo entre elas (chuva total), a capacidade do solo em absorver água reduz, produzindo o início da erosão com a formação de poças d'água, mesmo com chuvas de menor intensidade.

Neste contexto, (STEFANOSKI et al., 2013) informa a importância que a textura do solo apresenta, pois, cada tipo de solo possui uma peculiaridade que pode influenciar outras, como: disponibilidade de água, retenção, movimentação, capacidade de troca catiônica, entre outras características, as quais proporcionam a expansibilidade, contractilidade, susceptibilidade à erosão e resistência à compactação do solo.

A erosão hídrica proporciona uma diminuição na produção agrícola e um aumento nos custos da produção, além da diminuição da quantidade de alimentos disponíveis para a população (SCHAEFER et al., 2001). Desta forma, a FAO (1965) orienta que para solos profundos, permeáveis e bem drenados, as perdas não podem ultrapassar $12,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, e nos casos de solos rasos e impermeáveis, o limite se estabeleça em 2 a $4 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

Neste sentido, Bertoni e Lombardi Neto (2008, p. 86) definem limites de tolerância para perda de solo:

[...] essa tolerância é a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, expressa em toneladas por unidade de superfície e por ano, mantendo o solo em nível elevado de produtividade por um longo período de tempo. Essa tolerância reflete a perda máxima de solo que pode admitir, com um grau de conservação tal que mantenha uma produção econômica em futuro previsível com os meios técnicos atuais.

De acordo com Veiga Filho (1992), um esforço torna-se necessário para conservação do solo, pois estima-se que no Brasil são perdidas a cada ano em torno de 600 milhões de toneladas de solo agricultável e, no estado de São Paulo, considerado o mais desenvolvido tecnologicamente, aproximadamente 194 milhões de toneladas de solo por ano.

Na tabela 02, é possível verificar os valores de erodibilidade segundo os métodos Denardin (1990) e Mannigel et al. (2002) para os solos encontrados na UGRHI 17, pesquisados por (DEMARCHI; ZIMBACK, 2014).

Tabela 02. Faixas de valores de erodibilidade de solos na UGRHI-17.

Classe de solo	Valores de erodibilidade (t.ha.h.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)			
	Método Denardin (1990)		Método Mannigel et al. (2002)	
	Horizonte		Horizonte	
	A	B	A	B
Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (GXbe)	0,047	0,035	0,020	0,006
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (LVAe)	0,039	0,042	0,052	0,029
Latossolo Vermelho Distrófico (LVd)	0,043	0,040	0,037	0,026
Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf)	0,044	0,038	0,012	0,008
Latossolo Vermelho Eutroférrico (LVef)	0,040	0,038	0,010	0,008
Nitossolo Vermelho Eutroférrico (NVef)	0,042	0,036	0,010	0,007
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd)	0,045	0,045	0,222	0,032
Argissolo Vermelho Distrófico (PVd)	0,044	0,041	0,055	0,023
Argissolo Vermelho Distroférrico (PVdf)	0,048	0,038	0,042	0,013
Argissolo Vermelho Eutroférrico (PVef)	0,048	0,043	0,027	0,012
Neossolo Litólico Eutrófico (RLe)	0,048	-	0,018	-

Fonte: Demarchi; Zimback, (2014).

A necessidade da preservação do solo está relacionada com a agricultura, desta forma Lepsch et al. (1983) classificou de acordo com sua declividade, orientações para os cultivos agrícolas: locais onde a declividade apresentou uma taxa de 0 a 3 e de 3 a 6%, foram recomendadas para o cultivo anual, com necessidade de construções de aterros ou curvas de nível mais simples; áreas com declividade de 6 a 12%, relatadas como relevo ondulado, são indicadas para culturas anuais, com recomendações de práticas de conservação do solo um pouco mais expressivas; nas declividades de 12 a 20%, o relevo forte ondulado exige mais na preparação do solo para o cultivo, pois são áreas que tendem a ser mais propensas a ter problemas com erosão, tornando-se impróprias para culturas anuais e indicadas para culturas perenes; as declividades de 20 a 45%, classificadas como relevo montanhoso, são muito propensas à erosão, sendo mais indicadas para pecuária e silvicultura, pois estes tipos de cultivos tendem a manter o solo coberto por um tempo maior e seu sistema radicular favorecer a estabilização do solo; já as áreas com mais de 45%, classificadas como relevo escarpado, apresentam muitas limitações, restando poucas opções além dos cultivos de

silvicultura e pastagens.

Amaral (1984) elaborou recomendações para conservação do solo, conforme o relevo da superfície, sendo para declividade de 0-3% aração, gradagem, plantio em sulcos e nível; de 3 a 6%, aração, gradagem, plantio em sulcos e faixas de retenção conforme o tipo de solo; de 6 a 12%, construção de terraços em gradiente conforme o tipo de solo; 12 - 18% construção de terraços em nível, utilizando faixas de retenção, para maior proteção do solo e nos casos acima de 18%, recomenda-se a formação de pastagens ou reflorestamento.

O manejo conservacionista visa a uma forma sustentável de se trabalhar com o solo de modo que se obtenha produtividade, diminuindo ao máximo a degradação. Essas práticas podem ser consideradas vegetativas ou físicas.

O terraceamento e o plantio em curva de nível são técnicas conservacionistas bem conhecidas e envolvem trabalhos topográficos, movimentação de solo e maquinaria. Entretanto, se não forem acompanhadas de outras práticas, têm pouco efeito na melhoria do solo. Práticas vegetativas: Correspondem aos benefícios da vegetação que promove uma proteção direta do solo, amenizando o impacto das gotas de chuva pela interceptação, dispersão, evaporação, aumento do atrito e diminuição da velocidade do escoamento superficial. A vegetação atua ainda fornecendo matéria orgânica e nutrientes, incorporando carbono e favorecendo a atividade biológica do solo EMBRAPA (2012).

Neste sentido, a EMBRAPA (2009) afirma que o manejo adequado do solo deve promover um conjunto de práticas agrícolas de forma a proporcionar uma maior retenção de água no mesmo, por meio da infiltração, diminuindo o escoamento superficial e proporcionando o aumento do desenvolvimento das culturas em conjunto com o incremento da qualidade física e química do solo.

Segundo Bertol (2000), as práticas conservacionistas devem levar em consideração o comprimento de rampa e considerar os limites e tipos de culturas que recobrem o solo, proporcionando uma maior capacidade de dissipação da energia da água e diminuindo os processos erosivos.

EMBRAPA (2012), afirma que, os modos de cultivos que visam à prática conservacionista devem levar em consideração as características físicas do local, como o tipo de solo e declividade, além dos aspectos sócio-econômicos. As técnicas utilizadas são: práticas mecânicas (terraceamento, subsolagem, plantio em nível, estradas ou caminhos que visem a dissipação da água no seu percurso); práticas edáficas (controle de acidez do solo, controle do fogo, adubação verde e orgânica, culturas que atendam à capacidade de uso da terra, como que

cultivos em nível); práticas vegetativas (adubação verde, proteção do solo com palhada, culturas em faixas, barreiras vegetais, florestamento e reflorestamento, manejo de plantas daninhas com alternância entre as capinas, rotação de culturas, cordão vegetativo perene).

Neste pensamento, Kichel et al. (1999, p. 212) menciona projetos que podem ser utilizados nas pastagens, de forma a evitar a degradação do solo:

[...] proteção dos topos de morros, cerca de um terço do declive cobertos com vegetação de mata para evitar formação de enxurradas; revegetação de encostas já descobertas com espécies de valor madeireiro ou forrageiro recomendado para cada região; melhor utilização de áreas de tabuleiros e baixadas, que em geral são mais férteis; divisão das pastagens em piquetes, controlando melhor o pastejo de animais e utilizando sistema de manejo que permita a manutenção da cobertura do solo (contínuo, alternativo, rotativo ou diferido); lotação animal adequada evitando-se o superpastejo, colocando-se cargas animais compatíveis com a forragem disponível no piquete com base no conhecimento da capacidade de suporte da pastagem; adubação e calagem; localização de cercas, bebedouros e cochos para evitar a concentração e a movimentação de bovinos em um só sentido, principalmente ladeira abaixo.

Os autores Bertoni; Lombardi Neto (2008), enfatizam a importância da cobertura vegetal como um mecanismo natural de defesa contra a erosão, pois são inúmeros os fatores que o mesmo pode promover. Dentre eles, o melhoramento da estrutura física e biológica do solo pela adição da matéria orgânica; aumento da macro e microporosidade do solo por meio da decomposição de raízes, contribuindo para o armazenamento de água no solo, assim como sua aeração, diminuindo os níveis de compactação naturalmente e interceptação das gotas de chuva, evitando a erosão por salpicamento; e aumento do atrito superficial, favorecendo a atenuação do escoamento superficial.

Guerra (2005) afirma que com o incremento do aumento da cobertura vegetal os organismos presentes no solo contribuem para a ciclagem de nutrientes, produzindo húmus, em pequena escala, porém fundamental para a manutenção da estrutura dos agregados do solo, mantendo todo o ambiente conservado e equilibrado.

De acordo com Jensen (2009), o processo para conservação do solo está relacionado com o uso e cobertura da terra, que podem ocorrer de duas formas devido ao dinamismo das atividades humanas: a primeira seria a alteração completa de uma atividade para outra, como de floresta nativa para pastagem e a segunda está relacionada ao manejo, ou seja, a mudança dentro de uma mesma categoria, como de campos agrícolas para agricultura irrigada.

O solo pode ser utilizado de diversas formas, sendo a base de muitas atividades humanas

ou a estrutura que mantém a capacidade do meio ambiente manter-se em equilíbrio, necessitando assim sua preservação envolvendo o uso da terra e a cobertura, cuja diferença conceituada por Novo (1992, p. 276):

O termo Uso da Terra refere-se à utilização “cultural” da terra, enquanto que o termo “cobertura da terra” ou “land cover” refere-se ao seu revestimento. Um exemplo desta diferenciação é o de áreas florestais que, embora sejam de um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas biológicas etc.

Novo (1992) afirma que a evolução do uso e cobertura da terra permite o entendimento da intensidade das mudanças dentro de um determinado período, tornando possível observar as pressões que as atividades humanas causam no meio ambiente, a ponto de poder estabelecer medidas para a preservação do solo.

Pereira (1997) diz que há vários impactos causados a partir da intervenção humana e os recursos hídricos sofrem influências do seu entorno, atuando como um receptáculo natural. Devido à topografia, resíduos de origem natural ou resíduos antrópicos são transportados da alta para a baixa vertente, sendo direcionados para os cursos da água, alterando o equilíbrio entre as características químicas, físicas e biológicas do meio, como que de suas margens.

Tucci (2007) menciona que as ações feitas pelo homem são as que mais provocam influências no ambiente natural devido à carga de poluentes que são lançadas diretamente ou indiretamente nos cursos hídricos, além das fortes mudanças no uso da terra que acabam por interferir também neste recurso.

3.3 Código Florestal Brasileiro

Com o intuito de promover a preservação do meio ambiente, em 15 de setembro de 1965 os legisladores brasileiros voltaram sua atenção de forma a estipular regras para proteção das nascentes e corpos d'água e criaram a Lei 4.771 (BRASIL, 1965), que compreende a preservação das florestas do país, estipulando distâncias específicas para preservação das florestas nativas, topo de morros, encostas e matas ciliares e, para esse, somente autorização de desmatamento pelo poder público federal, com exceções de atividades de utilidade pública ou de interesse social.

A Lei 4.771/1965 sofreu alterações no corpo do seu texto em 1989 e 2001. De forma mais profunda, porém, somente em 2012 foi promulgado o dito “Novo Código Florestal” pela Lei Federal 12.651 (BRASIL, 2012). Todas as alterações das leis apresentaram como alvo regulamentar o uso da terra para resguardar o patrimônio florestal nacional. O novo código

florestal brasileiro deixou evidentes as Áreas de Preservação Permanente (APP) existentes tanto nas áreas rurais quanto nas áreas urbanas, porém diferenças de pontos de medidas, onde a partir do Novo Código Florestal as APP são consideradas da borda do leito regular, desconsiderando o leito sazonal, Garcia et al. (2016) considera como uma perda de 50% da proteção dos recursos hídricos, fragilizando a disponibilidade hídrica em algumas regiões do Brasil.

A Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal) define em seu Artigo 3º, inciso II que as Áreas de Preservação Permanente (APP) são:

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

Desta forma, a lei visa à preservação do meio ambiente no Brasil, com o intuito de proporcionar limites para exploração e promover a preservação dos mananciais minimizando os impactos nestes ambientes.

Áreas de Preservação Permanente ou “APP” são locais onde devem ocorrer a presença de ambientes naturais de amortecimento de impactos causados no entorno, evitando o contato direto com os recursos hídricos.

De acordo com Lei Federal n.12.651 (2012), foram estipulados limites específicos para as APP:

Os limites das APP às margens dos cursos d’água variam entre 30 metros e 500 metros, dependendo da largura de cada um, contados a partir do leito menor. Também devem ser mantidas APP em um raio de 50 metros ao redor das nascentes e “olhos d’água”, ainda que sequem em alguns períodos do ano.

Para derrubada de vegetação nas APP em perímetro urbano, o código orienta que se siga o previsto no plano diretor e as leis de uso e ocupação do solo do município, desde que observadas as restrições impostas pela lei ambiental.

Os limites das APP nas margens dos rios definidos pelo Código de 1965, que iam de 5 metros a 150 metros conforme a largura do curso d’água, contados a partir do leito regular, foram alvos de diversas alterações.

Em 1986, os congressistas aumentaram a distância mínima das APP de 5 metros para 30 metros a partir do leito regular (Lei 7.511) e, em 1989, a Lei 7.803 alargou outra vez esses limites, que passaram a ser contados a partir do leito maior dos cursos d’água.

O “Novo Código Florestal”, estabelecido pela Lei nº 12.651/2012, estabelece critérios específicos para as APP, em torno de recursos hídricos, a ponto de revogar algumas leis antigas:

Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. (BRASIL, 2012).

Pressões entre a agricultura e o meio ambiente ocorrem no quesito dos interesses econômicos no Brasil, pois, para alguns as leis ambientais são obstáculos para o desenvolvimento econômico, enquanto para outros, ocorre a necessidade imediata da preservação do meio ambiente para que diversas espécies possam existir (ACSELRAD, 2013), neste pensamento Moreira (2011) afirma que o novo Código Florestal desconsidera aspectos importantes, como características ambientais e evidências científicas, visando somente aspectos econômicos de curto prazo.

Novo Código Florestal Brasileiro (lei nº 12.651/2012):

Art. 1º-A. Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Parágrafo único. Tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável, esta Lei atenderá aos seguintes princípios:

II - Reafirmação da importância da função estratégica da atividade agropecuária e do papel das florestas e demais formas de vegetação nativa na sustentabilidade, no crescimento econômico, na melhoria da qualidade de vida da população brasileira e na presença do País nos mercados nacional e internacional de alimentos e bioenergia.(...)

VI - Criação e mobilização de incentivos econômicos para fomentar a preservação e a recuperação da vegetação nativa e para promover o desenvolvimento de atividades produtivas sustentáveis.

No artigo 15º da Lei nº 12.651/2012 é observada a descaracterização da reserva legal, pelo fato que a APP pode ser considerada dentro do percentual de Reserva Legal, possibilitando o descumprimento da exigência, uma vez que em algumas propriedades a APP esteja acima do limite mínimo exigido pela lei.

Neste contexto é possível observar que adaptações jurídicas são feitas para justificar os interesses econômicos, porém sérios problemas podem ocorrer com o desmatamento do entorno dos cursos hídricos, uma vez que ele possui função fundamental para o equilíbrio da fauna e flora nativa e a maior parte da cobertura original foi alterada para a agricultura e pecuária. A

grande maioria das culturas e criações comerciais não faz parte da fauna endêmica da região ou do Brasil. Assim, as Áreas de Preservação Permanente, além de promover a absorção de insumos agrícolas, pesticidas, materiais oriundos de subprodutos da escala produtiva comercial, que seriam naturalmente transportadas para o leito de um rio, também promovem o equilíbrio de plantas e animais nativos.

Tundisi (2003), destaca em seus estudos a relação que as APP têm com o volume de água produzido em uma bacia hidrográfica onde a preservação das matas ciliares é constante e executa uma função regulatória, não ocorrendo diferenças significativas durante as estações do ano, proporcionando uma quantidade e qualidade de água diferenciada em relação às bacias hidrográficas não preservadas, tornando o custo de produção para água encanada reduzido em 100 vezes, quando comparada com uma bacia onde as matas não têm sua relevada importância aplicada.

Neste sentido, Della Giustina (2004, p. 160) declara que:

Na verdade, as crises constituem consequências e não causas dos desequilíbrios do processo. Atuar sobre as consequências – o controle do mundo, a fome ou a exclusão –, sem modificar as estruturas ou a natureza do processo pode até se constituir numa forma de aquietamento das consequências, enquanto se mantém o modelo que gera os desequilíbrios insustentáveis e que nem fará superar as crises e nem fará as transformações necessárias do rumo da mudança civilizatória.

3.4 Sensoriamento Remoto

3.4.1 Geotecnologias aplicadas à análise ambiental

De acordo com Novo (2010), o termo Sensoriamento Remoto surgiu na literatura em 1960, como a definição de “aquisição de informações sem o contato físico com os objetos”, porém uma definição mais completa pode ser feita como:

Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, como o objetivo de estudar fenômenos ou processos que ocorrem na superfície do planeta terra, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro de análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2010, p. 28).

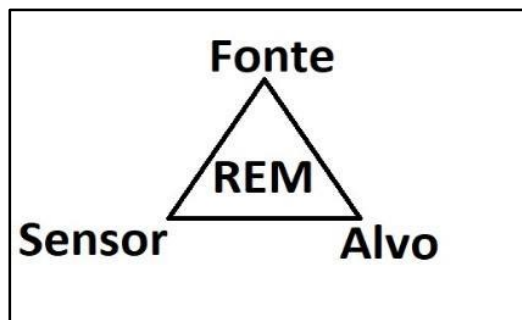
Menezes e Almeida (2012) afirmam que existe uma condição essencial requerida pelos seguintes preceitos para o Sensoriamento Remoto:

A Exigência: ausência de matéria no espaço entre o objeto e o sensor; II) Consequência: a informação do objeto é possível de ser transportada pelo espaço vazio; III) Processo: o elo de comunicação entre o objeto e o sensor é a radiação eletromagnética, a única forma de energia capaz de se transportar pelo espaço (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p. 3).

Para compreender o Sensoriamento Remoto, é de suma importância o entendimento do processo de radiometria, que por definição é a medida quantitativa das intensidades de qualquer um dos tipos conhecidos de radiação, seja a eletromagnética emitida pelo sol ou por uma fonte artificial como uma lâmpada, que possui comprimentos de ondas eletromagnéticas divididas pelo homem no sistema métrico (nanômetros, micrômetros, centímetros), em vários intervalos.

Desta forma, quatro elementos são fundamentais para aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto, os quais estão representados na Figura 4.

Figura 4. Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto.



Fonte: Novo e Ponzoni (2001)

Observando a Figura 4, ao centro encontra-se a Radiação Eletromagnética (REM), a qual interage com os demais elementos dos vértices. São eles, a fonte de REM, para o caso de estudos de Sensoriamento Remoto de recursos naturais o Sol ou até mesmo a Terra; o sensor que é o equipamento que registra a sensibilidade a detecção da REM refletida ou emitida pelo alvo e o alvo que é o elemento de que se obtém as informações remotas (NOVO; PONZONI, 2001).

O Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa à investigação de um alvo sem a interação direta com o mesmo (JENSEN, 2009). Esta ciência se iniciou de modo rudimentar com balões e pombos, com câmeras analógicas aderidas aos mesmos para obtenção de imagens diversas. Atualmente utiliza plataformas que podem ser orbitais e suborbitais na investigação de diversos fatores que os sensores imageadores podem detectar por meio da irradiação terrestre, qualificando e quantificando os alvos. As Geotecnologias e a utilização de Sistemas de Informação Geográficas (SIGs) aplicadas à investigação do meio ambiente favorecem o

homem atual em seus planejamentos, de modo a organizar-se no tempo e no espaço geográfico de diversas formas, otimizando a implantação de novas atividades socioeconômicas, reduzindo os impactos ambientais, promovendo a preservação de áreas de proteção permanente, reservas legais, dentre outras e favorecendo uma produtividade mais sustentável (SOUTO; AMARO, 2005).

A aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto oferece ao homem atual meios pelos quais gestores, agricultores, empresários, acadêmicos e técnicos podem fazer uma programação na sua rotina e predizer possibilidades de variação no clima, produtividade e colheitas, onde o usuário habilitado na utilização de Sistemas de Informação Geográfica faz o acompanhamento das áreas a qual ele investiga. O avanço das Geotecnologias, utilizando-se de softwares capazes de analisar imagens de satélites, permite o monitoramento eficaz desse sistema a distância.

Neste sentido, os dados coletados a partir de diferentes sensores podem ser mais bem aproveitados com as aplicações dos métodos de Processamento Digital de Imagens (PDI). Dentre os métodos utilizados, a fusão de imagens combina características espectrais e espaciais para sintetizar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectral original (BRYN, 2008; SOARES et al., 2015). O processo de fusão de imagens de sensoriamento remoto pode ser efetuado tanto com bandas de um mesmo sensor quanto com bandas de diferentes sensores, visando como resultado a melhorias na qualidade das imagens (AGUIAR; BATISTELLA, 2013).

Neste contexto, os processos das técnicas de geoprocessamento proporcionam a identificação remota de alterações ocorridas na superfície terrestre. A classificação das imagens é uma técnica de análise muito utilizada no processamento digital, pois utiliza-se a extração da informação da imagem para reconhecer padrões e objetos homogêneos.

INPE (2006) define que a classificação desses padrões de imagens ocorre do seguinte modo:

A informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem espectral, na qual cada "pixel" tem coordenadas espaciais x , y e uma espectral L , que representa a radiância do alvo em todas as bandas espectrais, ou seja, para uma imagem de K bandas, existem K níveis de cinza associados a cada "pixel" sendo um para cada banda espectral. O conjunto de características espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo atributos espectrais.

Os classificadores podem ser divididos em classificadores "pixel a pixel" e classificadores por regiões.

Classificadores "pixel a pixel": Utilizam apenas a informação espectral de cada pixel para achar regiões homogêneas. Estes

classificadores podem ser separados em métodos estatísticos (utilizam regras da teoria de probabilidade) e determinísticos (não utilizam probabilidade).

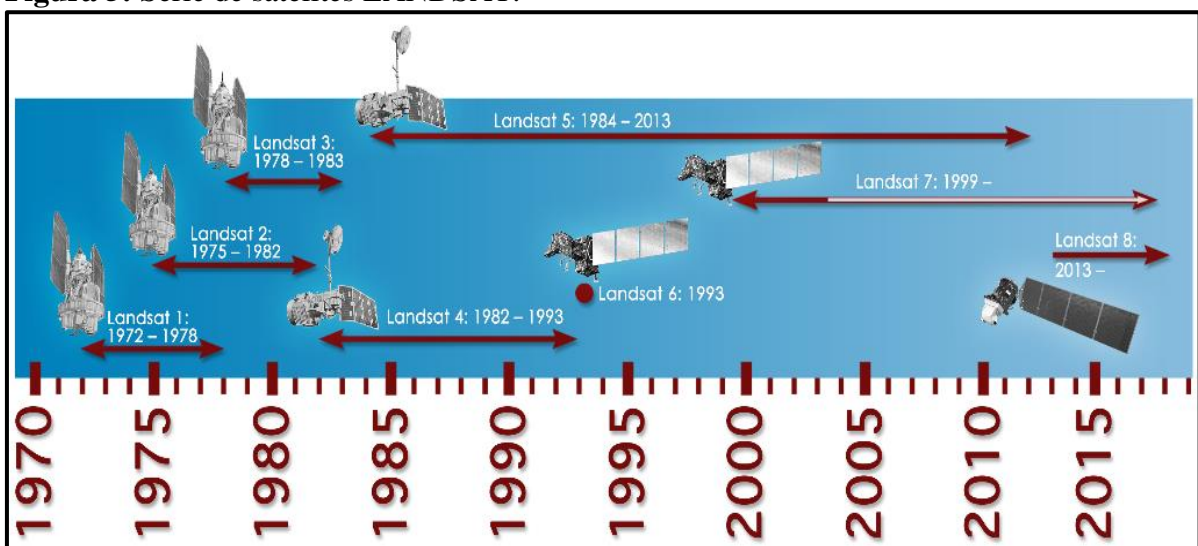
Classificadores por regiões: Utilizam, além de informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos. Procuram simular o comportamento de um foto- intérprete, reconhecendo áreas homogêneas de imagens, baseados nas propriedades espectrais e espaciais de imagens. A informação de borda é utilizada inicialmente para separar regiões e as propriedades espaciais e espectrais irão unir áreas com mesma textura.

O resultado da classificação digital é apresentado por meio de classes espectrais (áreas que possuem características espectrais semelhantes), uma vez que um alvo dificilmente é caracterizado por uma única assinatura espectral. É constituído por um mapa de "pixels" classificados, representados por símbolos gráficos ou cores, ou seja, o processo de classificação digital transforma um grande número de níveis de cinza em cada banda espectral em um pequeno número de classes em uma única imagem.

Novo (1992) argumenta que a série de satélites Landsat iniciou na NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) nos anos 1970, com o principal objetivo de coletar dados sobre os recursos naturais renováveis e não renováveis naturais da superfície terrestre.

O programa de satélites era denominado de ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) e em 1975 passou a se denominar LANDSAT. Atualmente o programa de satélites colocou em órbita 8 unidades, todas com imagens multiespectrais (INPE, 2019). A Figura 5 exemplifica a série histórica dos lançamentos dos satélites.

Figura 5: Série de satélites LANDSAT.



Fonte: INPE (2019).

O Satélite mais recente, “LANDSAT-8”. possui sensores imaginadores: o OLI (Operational Terra Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), com resolução espacial de 15 a 30 metros de dados multiespectrais, sendo que desde o seu lançamento em 2013, as imagens do LANDSAT-8 são disponibilizadas na internet sem custos, já ortorretificadas e seus produtos estão em formato GeoTIFF. A plataforma está a uma distância de 705 km da superfície da terra, com uma inclinação de $98,2^\circ$, possui uma órbita circular, polar heliossíncrona, sendo que cada faixa imageada possui 185 km de largura, a duração de sua órbita em torno da Terra é de 99 minutos, sendo o período de revisita 16 dias (INPE, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Descrição da área de estudo

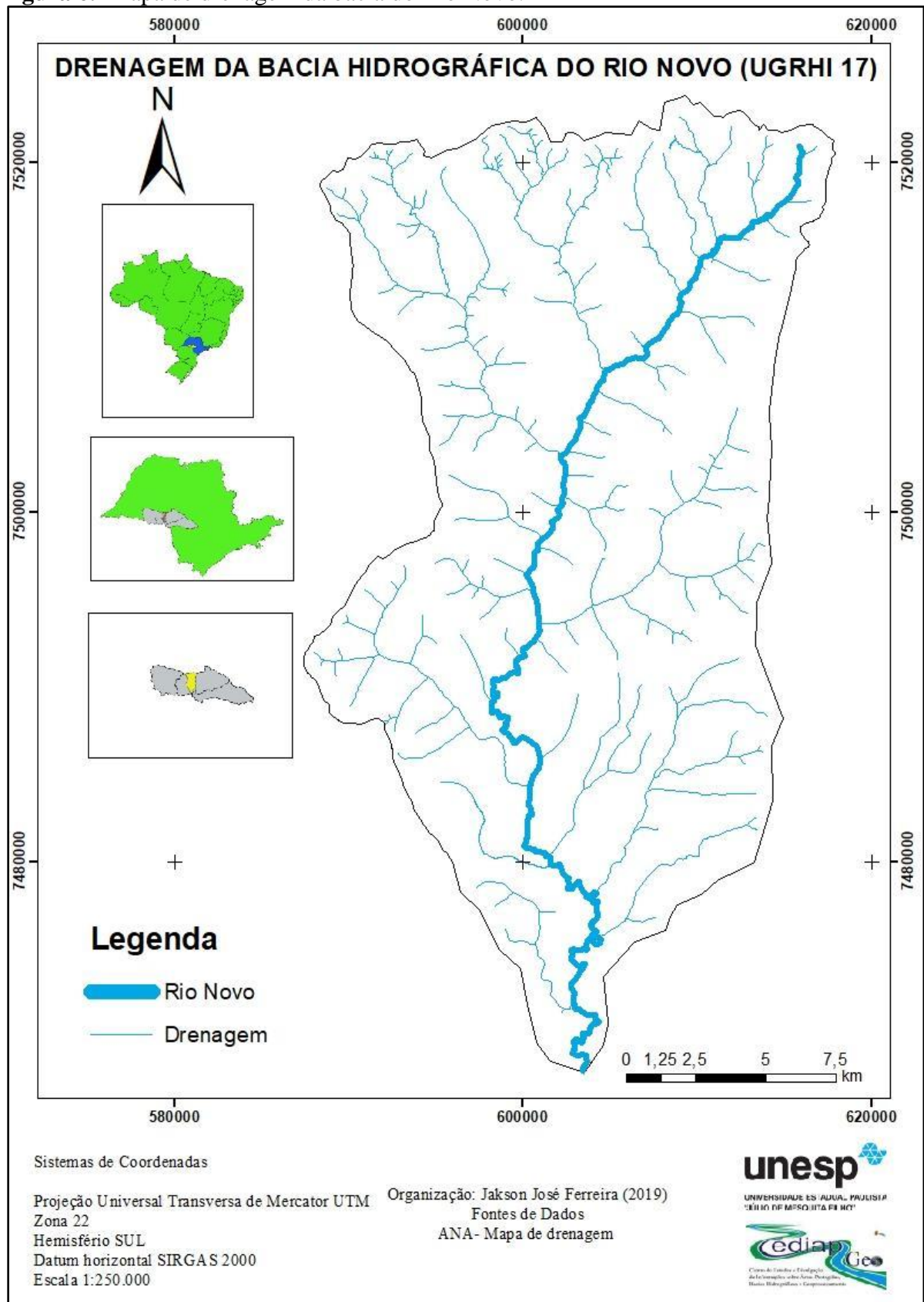
A bacia do Rio Novo está localizada na região Centro-Oeste do estado de São Paulo, entre as coordenadas UTM zona 22 Sul, 7.523.628,64 e 7.467.827,66 N; e 587.353,23 e 617.884,82 E. O Rio Novo possui suas nascentes principais na Fazenda Floresta, bairro Três Divisas no município de Ocaçu - SP, na altitude de 571 metros. Sua área de drenagem abrange os municípios de Campos Novos Paulista - SP, Marília - SP, Echaporã - SP, Ribeirão do Sul - SP e Platina - SP, tendo como sua foz o município de Salto Grande -SP, na represa Salto Grande, a qual se encontra em uma altitude de 384,67 metros.

De acordo com a base de dados de usos de recursos hídricos do estado de São Paulo, hospedado no site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), os municípios de Ocaçu, Campos Novos Paulista, Ribeirão do Sul e Salto Grande lançam esgotos tratados neste curso d'água ou em algum de seus afluentes. Porém, nenhum deles utiliza da água do rio para abastecimento público dos municípios, tendo somente como opção a utilização de águas subterrâneas servidas à população.

A bacia é tributária do Rio Paranapanema, que faz divisa do estado de São Paulo com o Paraná. A bacia hidrográfica do Rio Novo possui área de 1.055,41 km², comprimento de 80 km e característica perene. De acordo com a classificação dos padrões de drenagem de Christofolletti (1980), os padrões como os apresentados no Rio Novo são do tipo de drenagem dendrítica, com diversos rios meandantes. Na Figura 6 é possível verificar toda a área de drenagem do rio referido.

A gestão da bacia é executada pelo comitê do Médio Paranapanema (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema – UGRHI-17). A foz do rio sofre a influência do reservatório da Usina Hidroelétrica (UHE) “Lucas Nogueira Garcez” cuja barragem se localiza no Rio Paranapanema a 800 metros do exutório do Rio Novo. Essa UHE possui a capacidade de geração de 70,38 MW, e opera na forma de fio d'água.

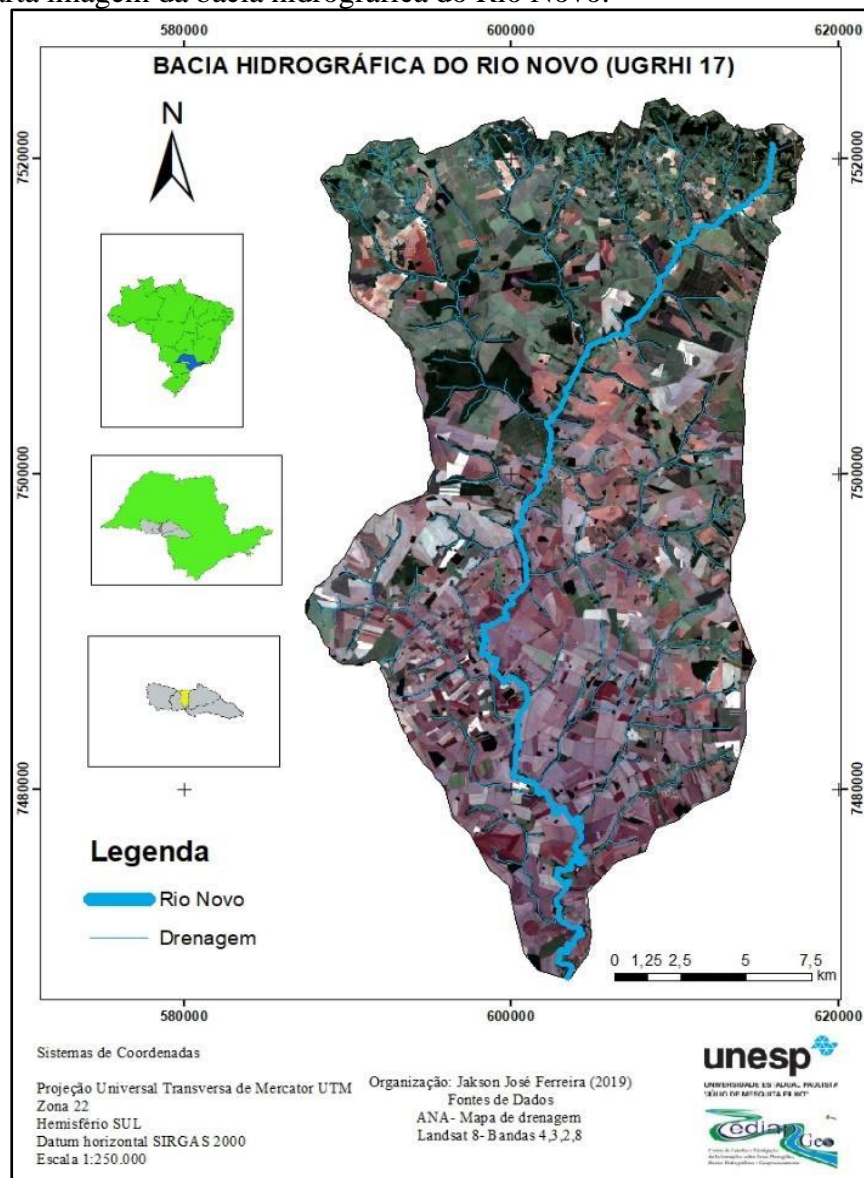
Figura 6. Mapa de drenagem da bacia do Rio Novo.



Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Pirolí, E.L.

O represamento da Usina hidrelétrica “Lucas Nogueira Garcez” é o mais antigo implantado no Rio Paranapanema. Esta usina representou para o Brasil o início da tecnologia hidrelétrica e seu valor histórico é grande, uma vez que suas obras e posterior operação contribuíram para o desenvolvimento regional, atraindo indústrias de transformação e fomentando o transporte ferroviário. O início da construção da UHE se deu em 1951 e a inauguração ocorreu em 28 de abril de 1958, com a presença do então presidente da República, Juscelino Kubitschek, e do governador do Estado de São Paulo, Jânio Quadros. No entanto, a usina somente começou a operar com carga máxima em abril de 1960, quando o último grupo gerador entrou em operação (CTG Brasil, 2019), a Figura 7 apresenta a bacia do Rio Novo.

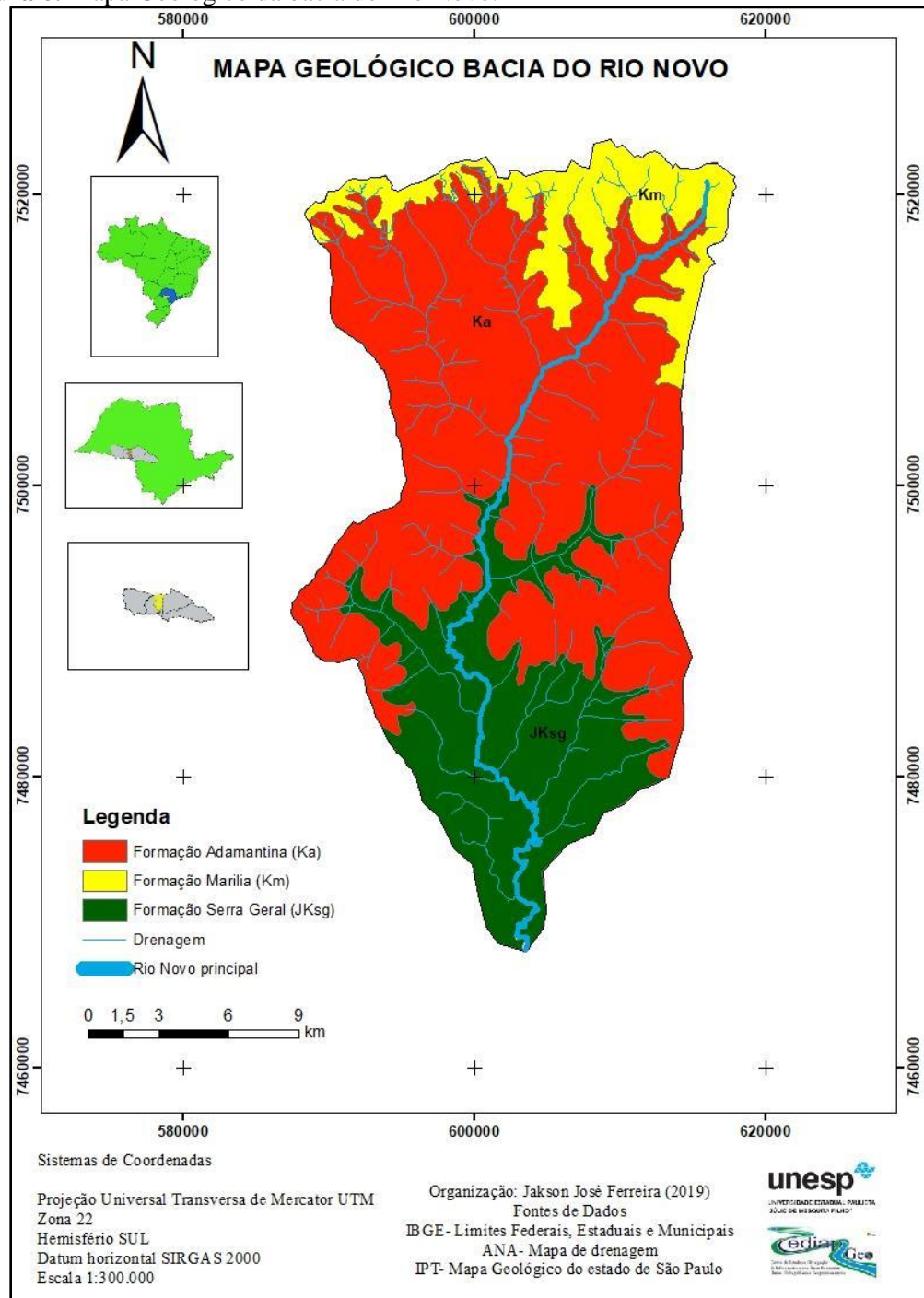
Figura 7. Carta imagem da bacia hidrográfica do Rio Novo.



Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

A bacia hidrográfica do Rio Novo localiza-se na Bacia Sedimentar do Paraná, unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana desde o período Devoniano Inferior, há 355 milhões de anos. Encontra-se, segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), em dois Grupos que podem ser observados na Figura 8, sendo eles: grupo Bauru com a formação Marília (**Km**) (alto Novo), Adamantina (**Ka**) (médio Novo), e grupo São Bento, com a Formação Serra Geral (**JKsg**) (baixo Novo).

Figura 8. Mapa Geológico da bacia do Rio Novo.



Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

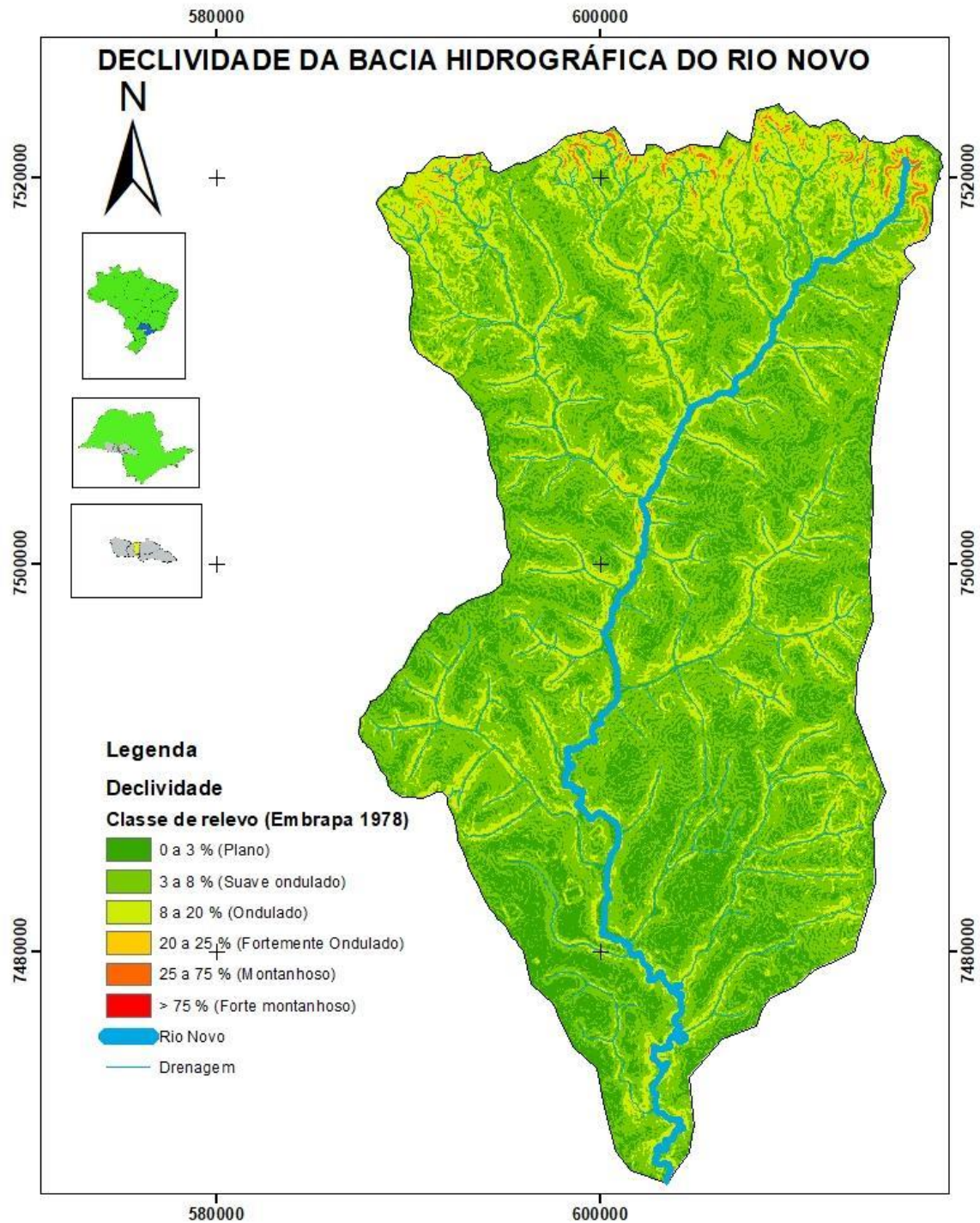
A **Formação Marília (Km)** é formada por arenitos de granulação grossa, imatura, envolvendo regiões maciças com tênues estratificações cruzadas de médio porte, com grande presença de nódulos calcíferos. Apresenta cores creme e vermelho e possui intercalações de siltitos, argilitos e arenitos muito finos, estratificados em plano paralelo (IPT, 1981).

A **Formação Adamantina (Ka)** é constituída principalmente pela presença de arenitos finos e muito finos, oriundos de depósitos fluviais com a presença de nódulos calcíferos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilitos, sua estratificação apresenta-se plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte, com ocorrência de bancos maciços (IPT, 1981).

A **Formação Serra Geral (JKsg)** pertencente ao Grupo São Bento é caracterizada pelos derrames vulcânicos toleíticos basálticos. Sua coloração se apresenta nas cores cinza a negra, com características de textura afanítica com arenitos intertrapeanos intercalados (IPT, 1981).

Estando localizada na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, e na unidade Morfoescultural Planalto Ocidental Paulista a bacia apresenta a dissecação de suas vertentes pouco entalhadas, com baixa densidade de suas drenagens. Nas regiões do alto Rio Novo as vertentes são mais inclinadas e são altamente susceptíveis aos processos erosivos, principalmente com acúmulo de energia cinética da água, a altimetria da bacia varia entre 700 a 2m, com declividade de média a baixa (ROSS; MOROZ, 1997). A Figura 9 representa as características da declividade com suas respectivas porcentagens determinadas pela metodologia da Embrapa (1978).

Figura 9. Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Novo.



Sistemas de Coordenadas

Projeção Universal Transversa de Mercator UTM
Zona 22
Hemisfério Sul
Datum horizontal SIRGAS 2000
Escala 1:250.000

Organização: Jakson José Ferreira (2019)

Fontes de Dados

IBGE- Limites Federais, Estaduais e Municipais
ANA- Mapa de drenagem
Shuttle Radar Topography Mission/ NASA
DGI INPE

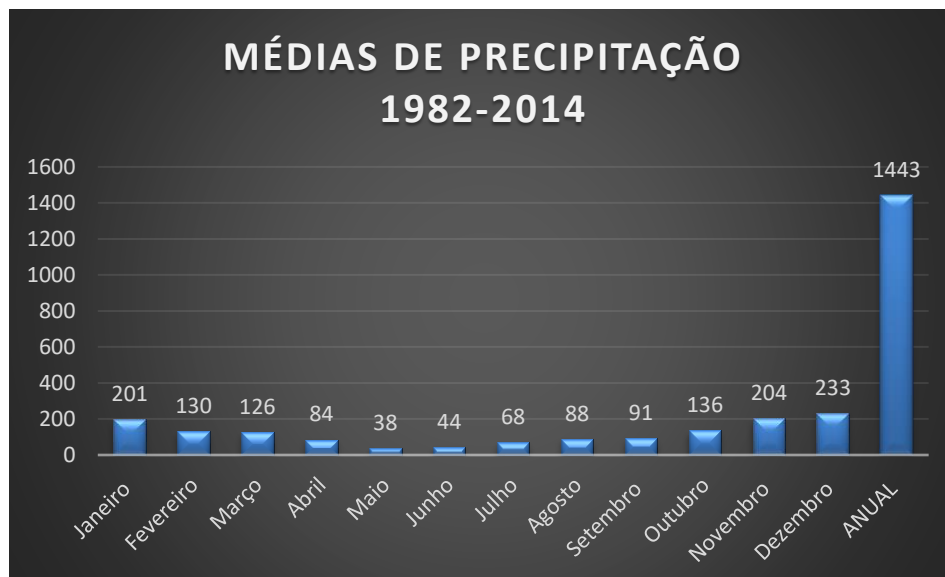


Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

O Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI/UNCAMP), enquadrou o clima da bacia hidrográfica do Rio Novo pela classificação de Köppen-Geiger, como sendo do tipo AW, caracterizado como clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Os índices de precipitação da série histórica na bacia do Rio Novo foram levantados com base na estação pluviométrica da Agência Nacional das Águas, estação “Campos Novos Paulista”, código 2250086. A série contempla ao todo 33 anos de coleta, sendo de janeiro de 1982 a dezembro de 2014. Na Figura 10 é possível observar a média mensal da série, representativa para precipitação na bacia do Rio Novo.

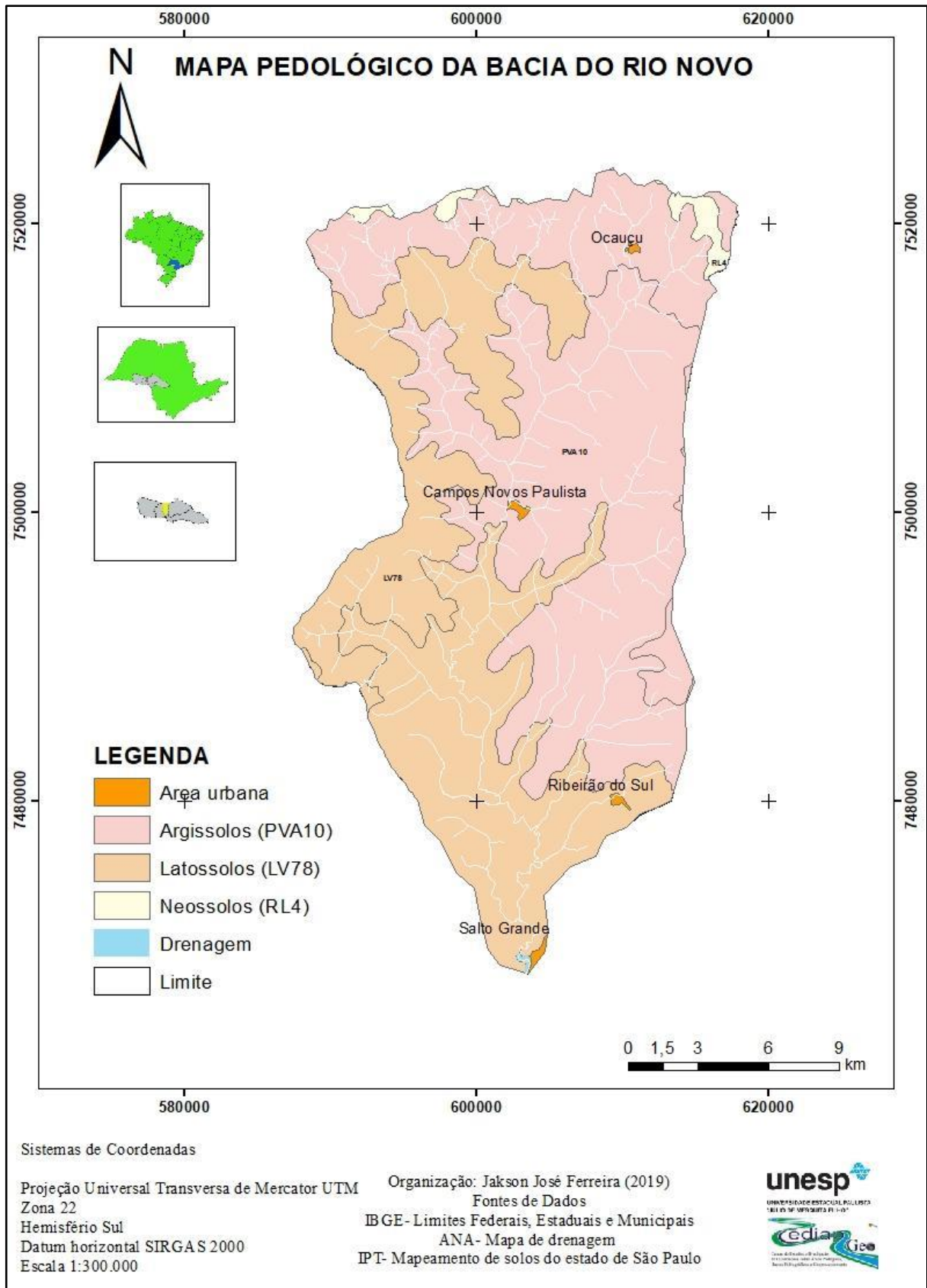
Figura 10. Média histórica de precipitação na bacia do Rio Novo



Fonte: Agência Nacional das Águas (2020).
Organização: Ferreira (2020).

A Bacia Hidrográfica do Rio Novo, apresenta segundo o mapa de Oliveira et al. (1999), mostrado na Figura 11, três tipos de solos predominantes, sendo no alto Rio Novo com Neossolos (RL4), uma maior concentração do solo PVA10 (Argissolos Vermelho-Amarelos). Na presença destes dois tipos de solos a incidência de erosões hídricas na bacia tem-se apresentado elevada. Já os Latossolos Vermelhos, LV78, estão predominantemente presentes no baixo Rio Novo.

Figura 11. Mapa Pedológico da Bacia do Rio Novo.



Fonte: Mapa pedológico do Estado de São Paulo Oliveira et al. (1999).

Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

Segundo Curcio et al. (2019), os Neossolos Litólicos são solos minerais não hidromórficos, que possuem a característica fundamental de estar com o horizonte (A) diretamente sobre a rocha, ou com o horizonte (C). Este solo possui o mais baixo grau de evolução pedogenética.

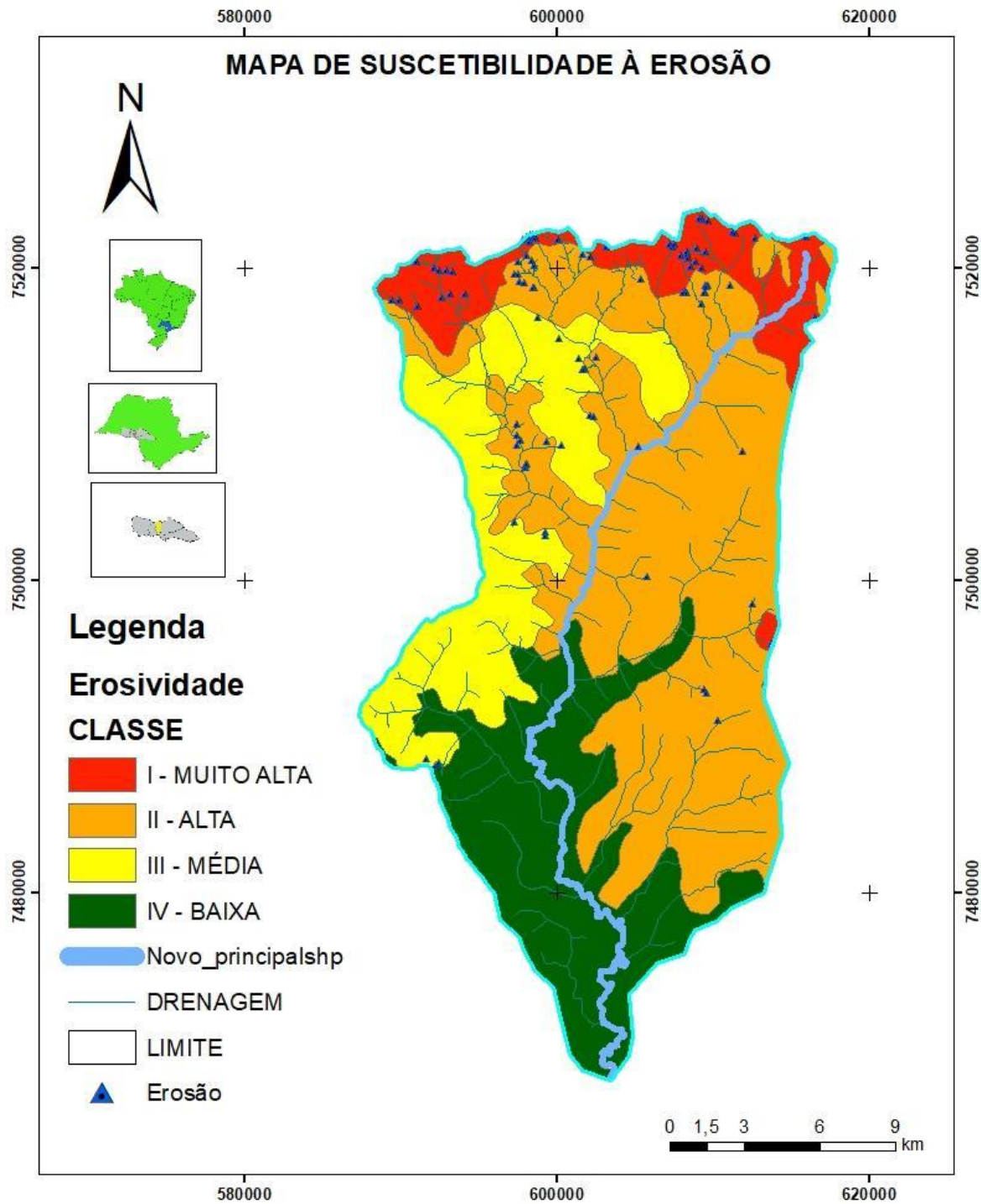
Os Argissolos são a classe predominante da bacia e são constituídos por material mineral. São profundos e muito profundos, bem estruturados e bem drenados. Possuem o horizonte de acumulação de argila iluvial (Bt), com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos possuem como característica: alta porosidade e profundidade, que possibilitam um bom desenvolvimento radicular, principalmente se forem eutróficos (de fertilidade alta), podendo reduzir o valor nutricional caso sejam álicos, devido à alta presença de alumínio. Este tipo de solo possui geralmente relevo favorável ao uso intensivo de máquinas agrícolas (EMBRAPA, 2018).

Devido ao uso intenso do solo em algumas áreas da bacia, ocorre a presença de erosão hídrica em sulcos, com maior relevância no alto Rio Novo, em regiões de pastagem com pouca biomassa e na presença de solos Neossolos Litólicos e Argissolos. Os principais tipos de erosão apresentados na Bacia do Rio Novo são a erosão superficial, com característica de desagregação uniforme em lâmina de água e difícil de ser diagnosticada por apresentar essa característica sutil; e a erosão em sulco, fácil de ser definida devido à sua aparência discordante do microrrelevo. Ela concentra quantidade de volumes de água em seus talvegues que, com a energia potencial da água, escava, transporta até o ponto onde ocorre um obstáculo para atenuar a velocidade, podendo evoluir para as voçorocas em que grandes massas de solo são perdidas em profundidade, a ponto de a escavação chegar ao nível do aquífero livre.

Na Figura 12 é apresentado o mapa de suscetibilidade à erosão elaborado por Kertzman et al. (1995), sobreposto pelos pontos de erosões presentes na bacia do Rio Novo detectadas remotamente, principalmente onde há presença de Neossolos e Argissolos.

Figura 12. Mapa de suscetibilidade à erosão na bacia do Rio Novo.



Sistemas de Coordenadas

Projeção Universal Transversa de Mercator UTM
Zona 22
Hemisfério SUL
Datum horizontal SIRGAS 2000
Escala 1:300,000

Organização: Jakson José Ferreira (2019)

Fontes de Dados

IBGE - Limites Federais, Estaduais e Municipais

ANA - Mapa de drenagem

Fonte: Kertzman et al. (1995). A adaptado por: Ferreira (2019).



Fonte: Kertzman et al. (1995).

Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

A fitofisionomia predominante na Bacia do Rio Novo de acordo com o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004), é a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), sendo esta representada na bacia em pequenos fragmentos de vegetação secundária.

Peron e Pirolí (2013) identificaram os principais afluentes do Rio Novo, que são listados no Tabela 3.

Quadro 1 – Afluentes do Rio Novo.

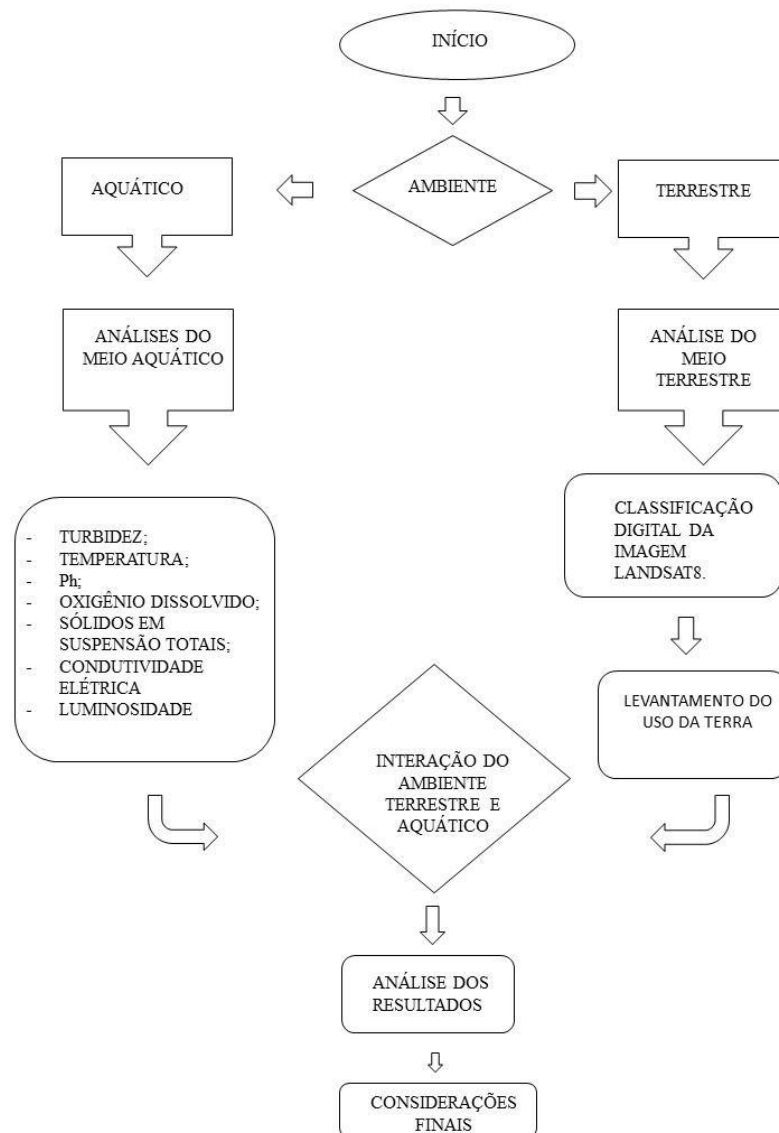
Afluentes do Rio Novo	
Margem esquerda	Margem direita
Ribeirão Azul	Ribeirão Santana ou dos Pintos
Ribeirão Santa Rosa	Ribeirão do Capim
Ribeirão São José ou Fanchona	Ribeirão da Jacutinga
Córrego Formoso	Córrego da Fazenda Velha
Córrego Água da Palmeira	Córrego Monjolinho
Córrego Três Barras	Córrego Água da Barraca
Córrego do gato	Córrego da Onça
17 córregos sem identificação	Córrego do Jacu
	13 Córregos sem identificação

Fonte: Pesquisa Direta. Organização : Ferreira, J.J. **Orientação:** Pirolí, E.L.

4.2 Metodologia

A metodologia da pesquisa foi baseada nos métodos aplicados por Figur e Reis (2016) adaptado por Ferreira (2019), visando verificar as alterações causadas no exutório da bacia hidrográfica do Rio Novo e sua relação com o uso e cobertura da terra, conforme as etapas apresentadas na Figura 13.

Figura 13. Etapas metodológicas desenvolvidas na pesquisa.



Fonte: (FIGUR;REIS, 2016).

Adaptado por: Ferreira, J.J. **Orientação:** Piroli, E.L.

4.2.1 Aquisição de Imagens de satélite

Para a pesquisa foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 8 sensor OLI (*Operational Land Imager*). Na tabela 4 são detalhadas as informações referentes aos produtos do satélite, assim como seu ponto de visada para a área de trabalho.

Tabela 3. Características dos sensores Landsat 8.

Sensor	Órbita/ Ponto	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	221/076	(B2) AZUL	0.450 - 0.515 μm	30 m	16 dias	185 km	16 bits
		(B3) VERDE	0.525 - 0.600 μm				
		(B4) VERMELHO	0.630 - 0.680 μm				
		(B8) PANCROMÁTICO	0.500 - 0.680 μm	15 m			

Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite (2019).

Organização: Ferreira, J.J. **Orientação:** Piroli, E.L.

As imagens foram obtidas a partir do banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio do site da Divisão de Geração de Imagens.

4.2.2 Coleta de água para verificação dos indicadores

4.2.2.1 Coletas realizadas em campo

Foram realizadas 4 amostragens de água no total no exutório do Rio Novo em Salto Grande/ SP em quatro datas diferentes, em condições de uso da terra, todas embarcadas com barco a motor. Na primeira amostra não foi possível coletar no ponto georreferenciado, devido ao baixo nível da represa, porém as demais foram realizadas no ponto georreferenciado nas coordenadas UTM (N) 7468057.01 e (E) 603449,99 SIRGAS 2000 Fuso 22 S, utilizando de um GPS modelo Garmin GPSMap 78S, concomitante ao dia de passagem do satélite LANDSAT 8 às 13:30, uma vez que a imagem do satélite é produzida às 13:15, não foram coletadas amostras em dias nublados, no quadro 2 a descrição das condições do exutório do Rio Novo nos dias de coleta.

Quadro 2: Condições de coleta no exutório do Rio Novo.

Data	Condições da represa	Ocorrência de chuva 15 dias antes da coleta
26/09/2017	Represa baixa em período de seca, fora do ponto georreferenciado.	Não
12/10/2017	Represa com volume normal em período de seca.	Não
06/04/2018	Represa cheia em período de chuvas.	Não
12/08/2018	Represa em período de seca.	Não

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** Ferreira, J.J. **Orientação:** Piroli, E.L.

As amostras foram coletadas seguindo as orientações do “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras” da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011).

As amostras foram coletadas em barco a motor devido à profundidade e o risco de mobilizar sedimento de fundo, possível de ocorrer por outros métodos, o que poderia alterar as características reais da água (Figura 14).

Figura 14. Coleta de amostras d’água em barco**Foto:** Ferreira (2017).

Para observação da interface da zona fótica (Presença de luz) e afótica (Ausência de luz) foi utilizado um disco de Secchi (DS), mergulhado em uma zona de baixa turbulência do rio no exutório georreferenciado (Figura 15), observando sempre a sombra da embarcação sob céu aberto, recolhido à profundidade em centímetros, ou seja, da lâmina d’água até onde a faixa de luz penetra no meio aquático. Por este método foi determinada a profundidade das coletas das demais amostras de água para análise em laboratório e campo.

Figura 15. Coleta da luminosidade.



Foto: Ferreira (2017).

Para as análises de temperatura foi utilizado o termômetro digital portátil Instrutherm TH-1300, pelo qual foram obtidas as temperaturas dentro da zona fótica na coleta. A leitura da turbidez foi realizada seguindo o mesmo princípio utilizando o turbidímetro da marca Hanna modelo HI 93703. O equipamento de condutividade utilizado foi o condutivímetro portátil Marte MB11-P. As análises de pH também foram coletadas dentro da zona fótica e o medidor foi o modelo portátil Instrutherm PH-1900. Todas as leituras foram realizadas em triplicata no ponto de coleta. Na Figura 16 é possível observar alguns dos equipamentos de análise a campo.

Figura 16: Equipamentos utilizados para coleta em campo.

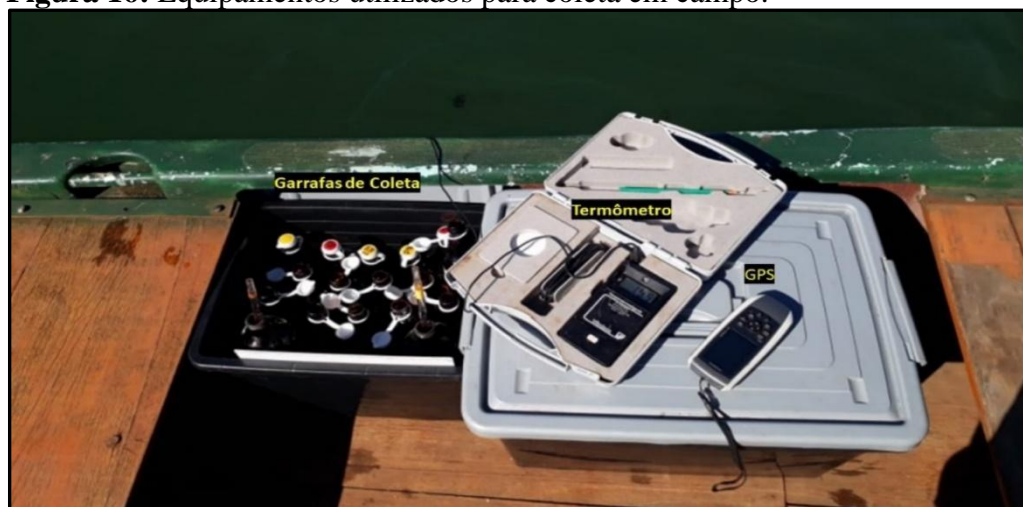


Foto: Ferreira (2017).

Para análise de oxigênio dissolvido, utilizou-se o método de Winkler, modificado pela Azida Sódica, o qual foi utilizada uma garrafa de Van Dorn em campo, para coletar dentro da zona fótica sem criar bolhas de ar, que poderia “mascarar” os resultados reais. As amostras de água foram acondicionadas em frascos de vidro, com o cuidado de não criar bolhas de ar e imediatamente foram adicionados os fixadores, sendo eles: 2 ml de solução de sulfato manganoso e 2 ml do reagente azida sódica, na amostra coletada. Os frascos foram tampados com tampa de selo de água e acondicionados em caixa térmica com gelo, a fim de diminuir ao máximo o metabolismo da amostra para posterior análise em laboratório.

4.2.3 Processamento das amostras de água em laboratório

As análises de água foram processadas posteriormente, dentro do limite de 24 horas, no Laboratório de Geologia e Pedologia da UNESP - Câmpus de Ourinhos. Para a análise de oxigênio dissolvido (segunda etapa), utilizou-se de 2 ml de ácido sulfúrico e titulou-se o iodo liberado com solução de tiosulfato de sódio 0,025 N, usando indicador de amido, até o desaparecimento da cor azul intensa para incolor. Os resultados foram obtidos multiplicando o valor gasto de tiosulfato de sódio por 2, e novamente multiplicando pelo fator de correção do tiosulfato, tendo o resultado do oxigênio dissolvido expresso em mg/l. Na Figura 17 é possível observar uma das etapas da análise de oxigênio dissolvido.

Figura 17. Processamento das amostras de oxigênio dissolvido.



Foto: Plácido (2017).

Para as amostras dos sólidos em suspensão totais utilizou-se o método gravimétrico Standard Methods (2012), utilizando equipamento de filtração acoplado em bomba de vácuo

da marca Primatec modelo 132. Os papéis de filtro de fibra de vidro foram de 47 mm de diâmetro, marca Macherey Nagel modelo 85/90 tendo como gramatura de 0,45 µm e os filtros foram identificados em triplicata, acondicionados em placa de petri e secos anteriormente ao processo de filtração na estufa da marca Fanem, modelo 315 SE, sendo aclimatados posteriormente em dessecador com sílica até atingir a temperatura ambiente sem adição de umidade por 4 horas. Para pesagem dos filtros, utilizou-se de uma balança analítica da marca Gehaka, modelo AG 200. As amostras de água contendo 1000 mililitros foram filtradas, sendo retidos os materiais particulados orgânicos e minerais, que foram secos na estufa mencionada anteriormente, por 24 horas em uma temperatura constante de 60 °C, e posteriormente acondicionados em dessecador até atingir a temperatura ambiente por 4 horas, obtendo os valores dos filtros secos. A fórmula se resume em:

$$\text{TSS} = \frac{\text{PF} - \text{PI}}{\text{Vol. (L)}} \times 1000$$

Sendo o **TSS** o resultado do Total de Sólidos em Suspensão; **PF** o peso final em gramas; **PI** o peso inicial em gramas; **Vol.** a quantidade de água que passou pelo filtro. O resultado da divisão é multiplicado por mil.

Na Figura 18 é possível verificar o equipamento de filtração instalado.

Figura 18. Equipamento de filtração.



Foto: Ferreira (2017).

4.3 Elaboração do mapa de cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Novo

A elaboração do mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Novo ocorreu por meio das imagens do satélite Landsat-8, obtidas no site do INPE, as quais foram descompactadas e importadas para o banco de dados do SIG ArcGIS 10.3 (ESRI, 2014). Após, foram aplicadas técnicas de processamento digital de imagens (PDI), em que foram realizadas a fusão das imagens por meio das bandas (B4) Vermelho (0,630 – 0,680 μm); (B3) Verde (0,525 – 0,600 μm) e (B2) Azul (0,450 – 0,515 μm), todas com resolução espacial de 30 metros. Para melhorar a resolução espacial, adicionou-se a banda pancromática B8 (0,500 - 0,680), fundindo em uma imagem com resolução espacial de 15 metros. O processo ocorreu pelo algoritmo do SIG ArcGIS *Composite bands* e posteriormente as imagens foram projetadas para o sistema UTM 22 Sul, datum SIRGAS 2000.

Para a classificação do uso e cobertura da terra, utilizou-se do algoritmo do Sistema de Informação Geográfica (SIG) citado com a ferramenta de segmentação “*Segment Mean Shift*”, disponível na extensão “*Spatial Analyst*”, sendo aplicada para cada fusão de imagem das datas 26/09/2017; 12/10/2017; 06/04/2018; 12/08/2018. Os limites de detalhamento espectral e espacial foram selecionados de modo empírico, chegando ao valor 18, que foi o mais representativo, pois os comportamentos espectrais se assemelharam aos alvos de diferentes tamanhos agrupando-os em uma mesma imagem. Para cada segmento delimitou-se um valor mínimo de 10 pixels para sua constituição.

As amostras de treinamento das classes temáticas foram selecionadas pela ferramenta “*Image classification*”, separando os alvos dentro das classes do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) com algumas adaptações feitas pelo autor, tendo sido adicionadas duas classes a mais por serem representativas para a pesquisa: Solo Exposto e Palhada. Assim, ficaram as amostras de treinamento selecionadas da seguinte maneira: Cultura Temporária (soja, milho, trigo, cana de açúcar), Cultura Permanente (Cítrus e café), Pastagem, Florestal, Palhada, Solo Exposto, Área Urbana e Água.

De forma a evitar equívocos no momento da classificação, utilizou-se como base as informações do Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg) disponibilizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de forma gratuita. Este banco de dados disponibiliza para observação a análise temporal e espacial e assinaturas espectrais dos índices vegetativos de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e EVI (Índice

de Vegetação Realçado), fazendo com que seja possível efetuar uma melhor identificação da vegetação e evitar erros visuais no processo. Na Figura 19 é possível verificar a estação de leitura e processamento de dados para a identificação correta da segmentação executada pelo algoritmo “*Segment Mean Shift*”.

Figura 19. Estação de processamento e leituras de dados.

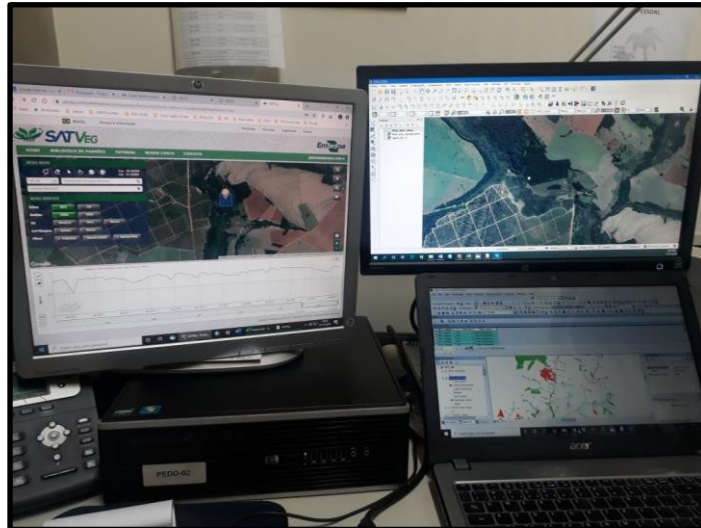


Foto: Ferreira (2019).

Dentro deste conceito, estipulou-se no mínimo 50 amostras para cada classe e após obtê-las, utilizou-se a ferramenta “*Interactive supervised classification*”, método interativo de classificação supervisionada por máxima verossimilhança, gerando o mapa final com os usos preponderantes. Os erros que foram apresentados devido à semelhança das assinaturas espectrais, como por exemplo o de culturas permanentes de citricultura e áreas de mata nativa pouco densas, foram corrigidas manualmente atribuindo a real classificação da amostra por meio da tabela de atributos do SIG utilizado.

Para estabelecer as áreas de cultivo na unidade de km² de cada uso, foi utilizada a tabela de atributos unindo os respectivos polígonos por classe em um só, e em seguida calculada a área específica pela ferramenta “*Calculate Geometry*” do SIG ArcGIS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento do uso e cobertura da terra é fundamental para observação das mudanças que o homem realiza ao longo do tempo no meio ambiente, os quais podem atenuar ou contribuir com o processo erosivo acelerado. Resultados de Demarchi (2012) indicam que a magnitude das perdas pela erosão hídrica depende de uma série de fatores, sendo que as que mais se destacam são a cobertura vegetal e a declividade. Na tabela 4 estão apresentadas as áreas das classes de uso e cobertura da terra e os resultados da mudança ao longo da pesquisa.

Tabela 4. Uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo de 10/09/2017 a 12/08/2018.

Classe	10/09/2017		12/10/2017		06/04/2018		12/08/2018		Período Total
	Área km ²	Área %	Área km ²	Área %	Área km ²	Área %	Área km ²	Área %	Manteve (M) Redução (R) Ampliação (A)
Água	0,95	0,09	0,95	0,09	0,95	0,09	0,59	0,06	0,03 (R)
Área Urbana	0,39	0,04	0,39	0,04	0,39	0,04	0,39	0,04	0,00 (M)
Cultura Permanente	76,96	7,29	8,72	0,83	35,247	0,33	12,86	1,22	6,07 (R)
Cultura Temporária	167,05	15,83	167,01	15,82	528,11	50,04	189,52	17,96	2,13 (A)
Florestal	111,60	10,57	128,19	12,15	129	12,22	126,89	12,02	1,45 (A)
Palhada	41,76	3,96	12,74	1,21	11,83	1,12	0,03	0,00	3,95 (R)
Pastagem	342,70	32,47	342,41	32,44	253,16	23,99	232,24	22,00	10,47 (R)
Solo Exposto	314,00	29,75	395	37,43	128,45	12,17	492,89	46,70	16,95 (A)

Fonte: Pesquisa Direta. Organização : Ferreira, J.J. **Orientação:** Piroli, E.L.

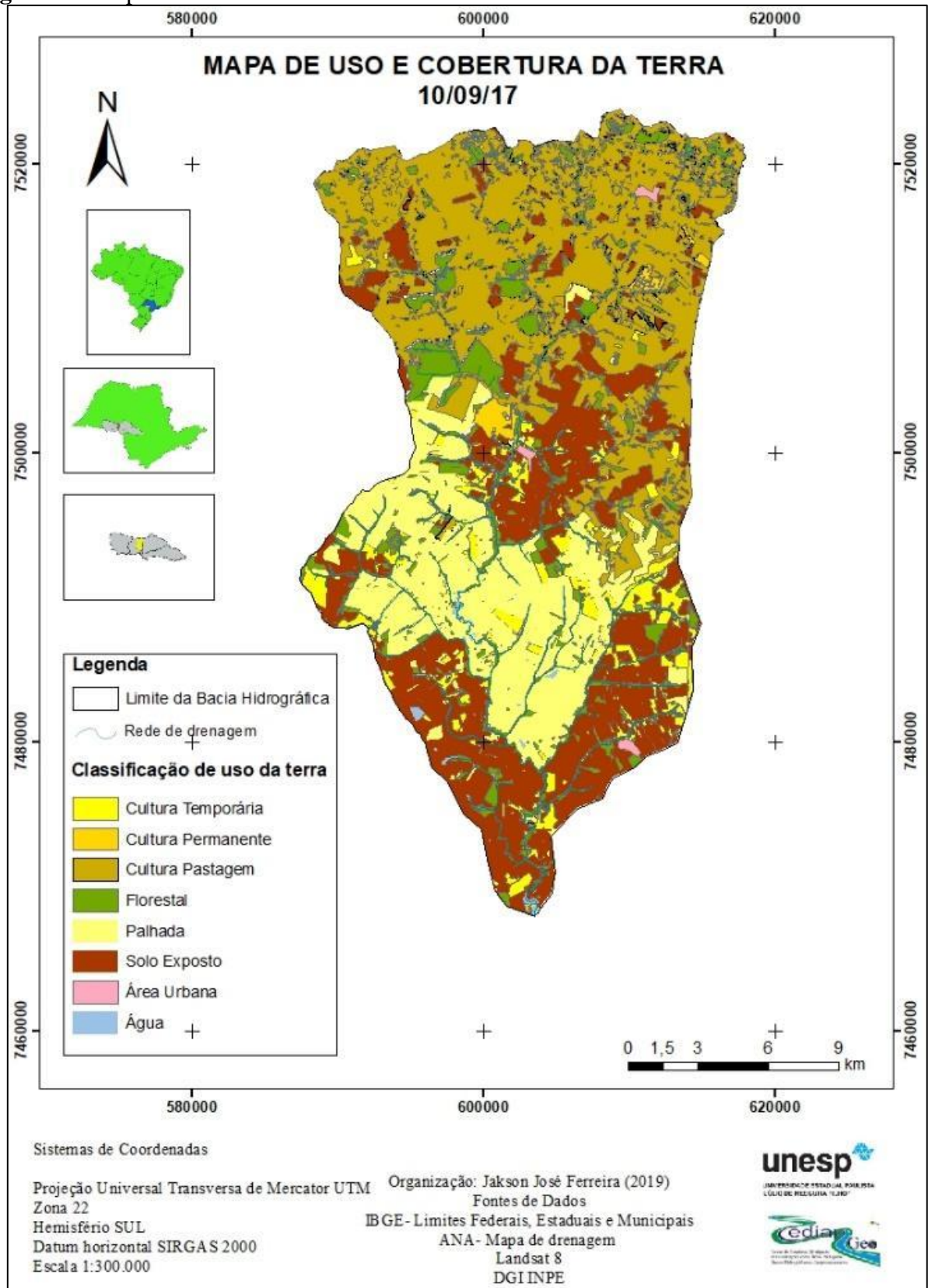
Conforma a tabela 4 apresenta é possível observar que a classe Pastagem é a mais representativa na data de 10/09/2017, estando com 32,47% da área total da bacia do Rio Novo, já a classe Solo Exposto ficou em segundo lugar com 29,75% e em terceiro a Cultura Temporária com 15,83%, observa se que nas datas posteriores de coletas das imagens a classe

Pastagem foi perdendo espaço para cultura Temporária que foi avançando rumo ao norte da bacia, este tipo de cultura apresenta como característica de sub produto após colheita a palhada e conforme o manejo do solo esta pode ser mantida ou incorporada ao solo, favorecendo a estruturação da fauna edáfica por meio da matéria orgânica, porém em algumas culturas temporárias a quantidade de palha é facilmente degradada, deixando solo exposto em um período de tempo relativamente curto, devido à baixa concentração de lignina, Moreira e Siqueira (2006) afirma que plantas mais jovens possui menos 5% de lignina, já as plantas mais adultas possuem 15% de seu peso em lignina, está macromolécula amorfa oferece rigidez, impermeabilidade e resistência a ataque microbiológicos e mecânicos ao tecido vegetal, contribuindo com o solo na proteção seja como matéria orgânica viva ou matéria orgânica morta.

Dentro deste contexto a classe de Cultura Temporária na bacia do Rio Novo corresponde principalmente as culturas de soja, milho e a cana-de-açúcar, plantas que após a colheita tem como subproduto a palhada, porém de baixa resistência a degradação, deixando o solo protegido ao longo do tempo.

Devido ao processo mecânico da colheita e a baixa concentração de lignina na parede celular da planta, a matéria seca é ciclada com a ajuda da fauna edáfica, tornando biodisponível para novas plantas EMBRAPA, (2010), desta forma, por mais que se tenha uma vegetação nesta área, este fator de baixa duração da matéria orgânica na superfície do solo predispõe a vulnerabilidade à erosão, principalmente nas regiões da bacia com presença de Neossolos e Argissolos onde erosões hídricas se destacam mais, conforme mencionado na figura 12 mapa de susceptibilidade à erosão. Leite et al. (2009) afirmam que a baixa densidade de plantas na superfície do terreno contribui para a erosão laminar, e com o acréscimo de biomassa a infiltração é favorecida, evitando a perda de solos e nutrientes que tendem a ir parar nos fundos de vales, na figura 20 é possível observar a extensas faixas de solo exposto.

Figura 20. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo 10/09/2017.

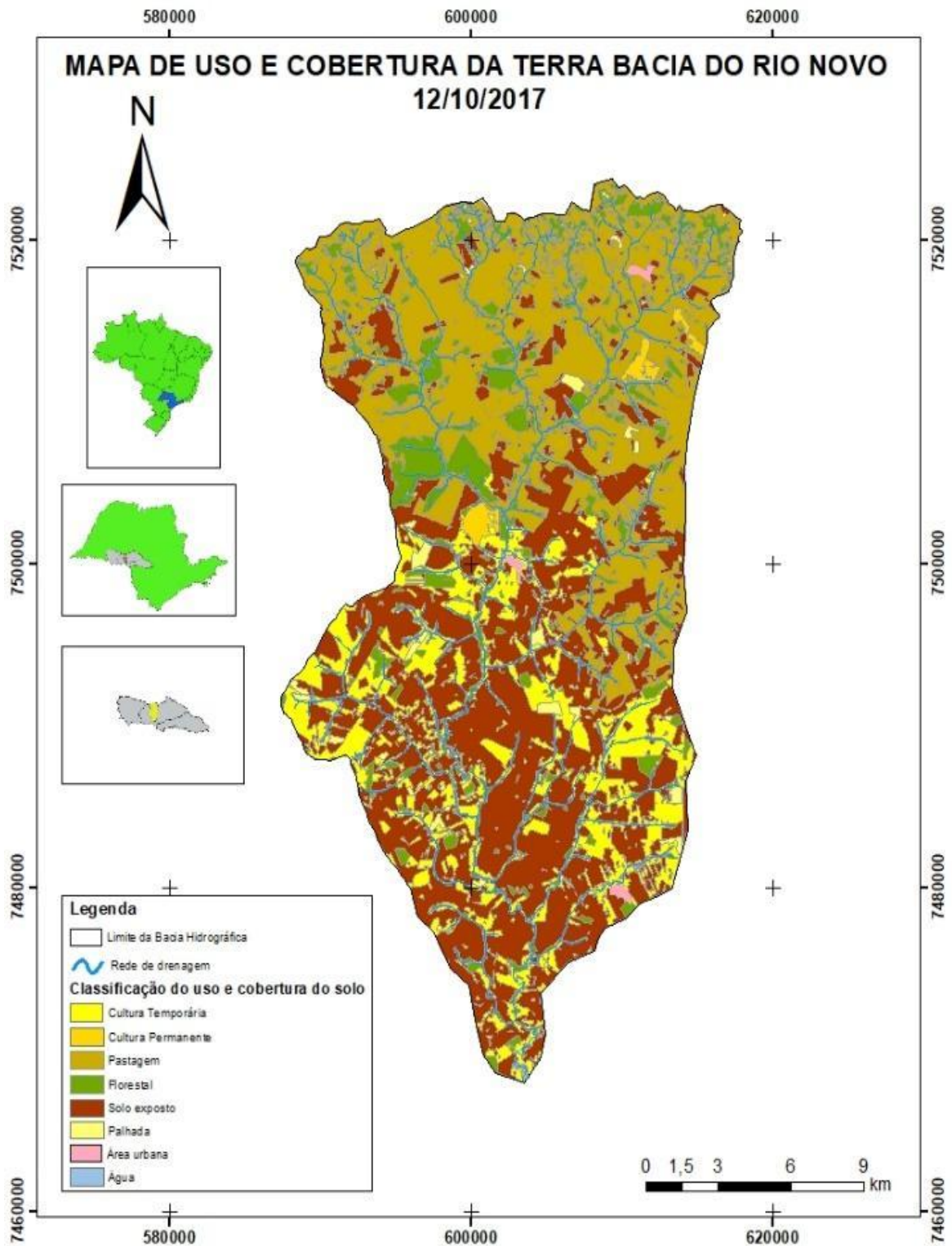


Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

De acordo com Martins et al. (2003), a falta de medidas de conservação do solo e a erosão hídrica são os causadores da diminuição da produtividade dos solos, pois o material erodido promove o assoreamento dos recursos hídricos e a eutrofização da água, devido às camadas superficiais do solo serem ricas em nutrientes e matéria orgânica.

Observa-se na Figura 21 (coleta de 12/10/2017) que a alteração principal no uso e cobertura da terra em relação à Figura 20 (coleta de 10/09/2017), é a incorporação da palhada no solo, ficando o solo exposto com uma diferença de 32 dias entre as coletas das imagens, desta forma, tivemos uma redução da Classe Palhada de 2,75% (29,02 Km²), para um aumento de 7,64% na Classe Solo Exposto (80,95 Km²), neste contexto Bertoni e Lombardi Neto (2008) destaca a importância das práticas conservacionistas, a fim de evitar a degradação do solo, com culturas que promovam a proteção e a estruturação a fim de evitar que os solos fiquem expostos, a classe Cultura Permanente também teve uma redução de 6,47% (68,29 Km²), sendo esta diminuição fruto de áreas onde foi realizado o possível desbaste na cultura de citros e café.

Figura 21. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo 12/10/2017.



Sistemas de Coordenadas

Projeção Universal Transversa de Mercator UTM
Zona 22
Hemisfério SUL
Datum horizontal SIRGAS 2000
Escala 1:300.000

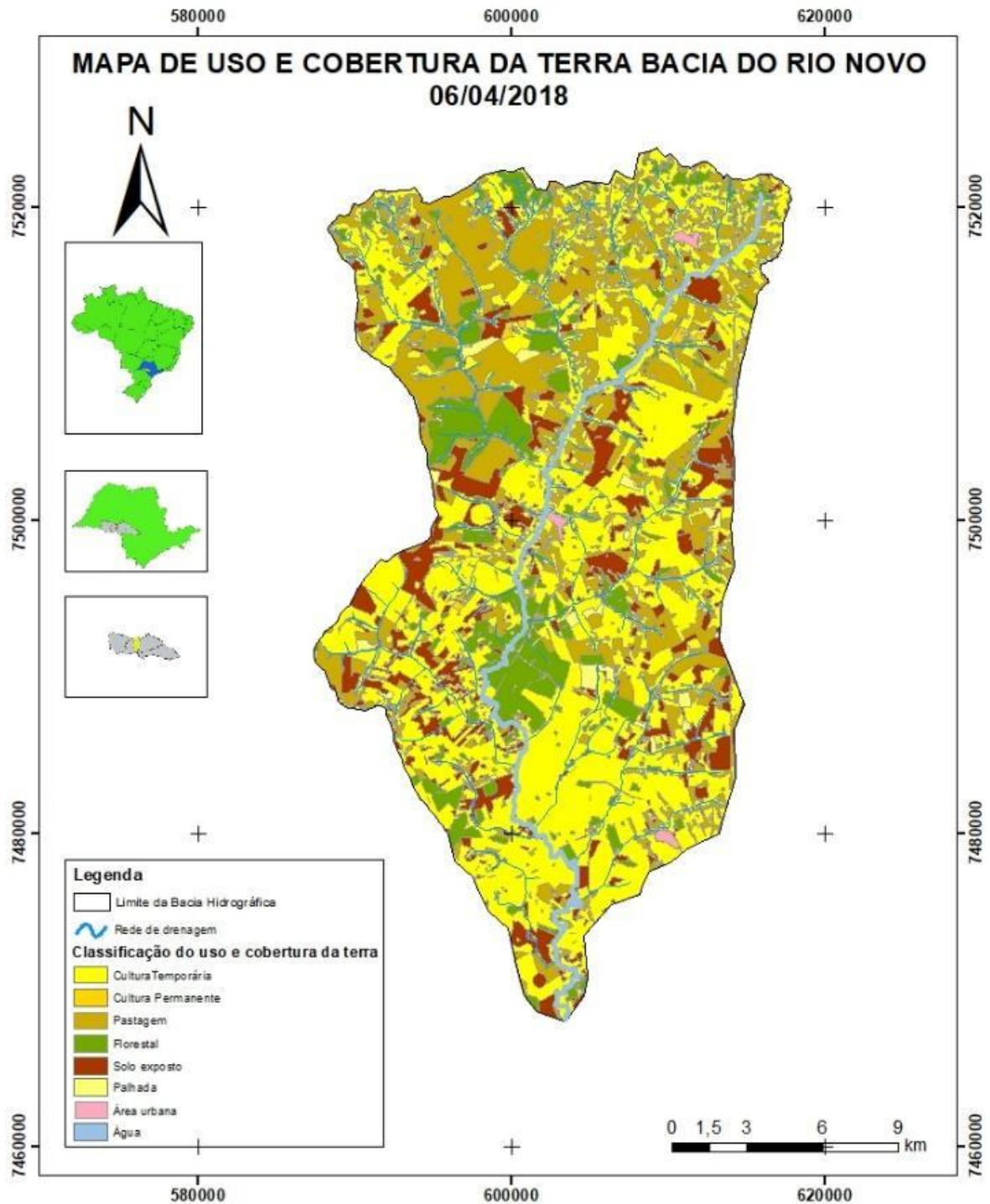
Organização: Jakson José Ferreira (2019)
Fontes de Dados
IBGE - Limites Federais, Estaduais e Municipais
ANA - Mapa de drenagem
Landsat 8
DGI INPE



Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

Na figura 22, é possível observar o avanço ao norte da cultura temporária em relação as figuras 20 e 21, essa diferença representa um acréscimo de 34,21% (361,06 Km²) e uma redução de 8,46% na Classe Pastagem (89,29 km²) a qual cedeu espaço para esta classe, também se destaca a redução da Classe Solo Exposto em 25,26% (266,60 Km²) a qual nesta época do ano está coberta de vegetação, principalmente de cana-de-açúcar, onde segundo a EMBRAPA (2013) as melhores épocas de colheita da cana são entre os meses de abril e novembro, para a Região Centro-Sul, fato que pode ser observado entre as figuras 22 e figura 23, onde novamente a classe Solo Exposto tem um novo acréscimo de 34,53% (364,43 km²), comprovando a rotatividade da classe Cultura Temporária.

Figura 22. Mapa de uso e cobertura da terra da terra bacia do Rio Novo 06/04/2018.



Sistemas de Coordenadas

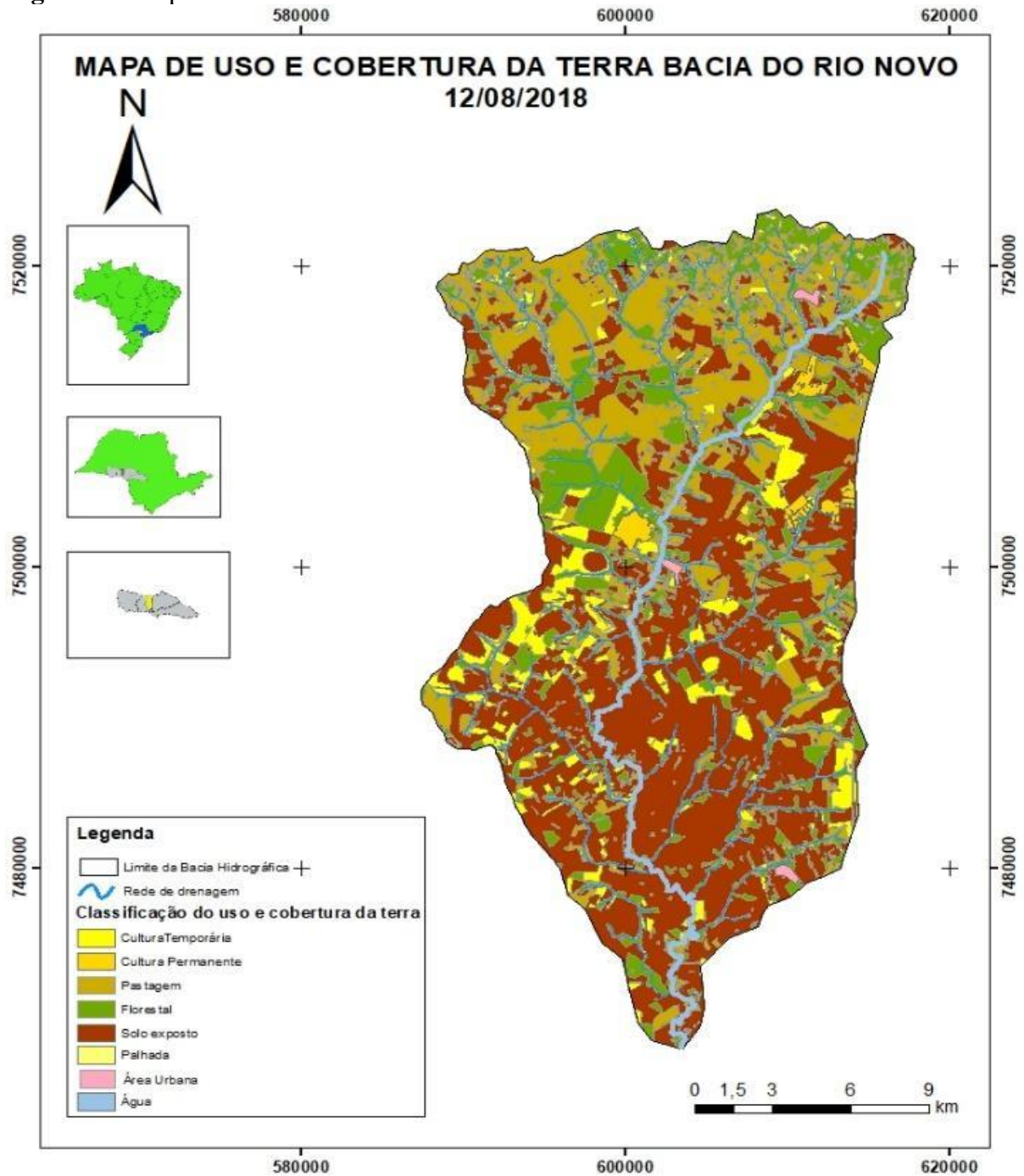
Projeção Universal Transversa de Mercator UTM
Zona 22
Hemisfério SUL
Datum horizontal SIRGAS 2000
Escala 1:300.000

Organização: Jakson José Ferreira (2019)
Fontes de Dados
IBGE- Limites Federais, Estaduais e Municipais
ANA- Mapa de drenagem
Landsat 8
DGI INPE



Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

Figura 23. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Novo 12/08/2018.



Sistemas de Coordenadas

Projeção Universal Transversa de Mercator UTM
Zona 22
Hemisfério SUL
Datum horizontal SIRGAS 2000
Escala 1:300.000

Organização: Jakson José Ferreira (2019)
Fontes de Dados
IBGE - Limites Federais, Estaduais e Municipais
ANA - Mapa de drenagem
Landsat 8
DGI INPE



Organização e Geoprocessamento: Ferreira, J.J. (2019) **Orientação:** Piroli, E.L.

Durante toda a pesquisa algumas classes ganharam áreas e outras perderam, dentre as que mais se destacam nas perdas foram a classe Pastagem e a Cultura Permanente, estando a Classe Pastagem com uma redução total de sua área desde o início da pesquisa em 10,47% (110,5 Km²), já a classe Cultura Permanente, teve um uma redução de 6,07% (64,06 Km²), sendo essas reduções provavelmente provocadas pelo aumento da área de cana-de-açúcar ao norte da bacia (alto Rio Novo), tomando o território que até anteriormente era de pastagens, sendo algumas delas degradadas com vários pontos de erosão. Esta região possui predominantemente Argissolos que de acordo com a (EMBRAPA, 2010) tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à relação textural da fração argila elevada presente nestes solos, que implica em diferentes taxas de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais, exigindo práticas conservacionistas para o controle da erosão. Pesquisas de Martins Filho et al. (2009) afirmam que áreas de Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar proporcionaram um acréscimo da taxa de infiltração de água no solo, assim como a redução na taxa de erosão, característica que conforme o manejo pode atenuar as erosões que se apresentam em maior concentração nesta área, conforme já mencionado na Figura 12, mapa de suscetibilidade à erosão.

As Classes Solo Exposto e Palhada subentende-se que fazem parte da classe Cultura Temporária, porém foram classificadas desta forma para averiguar a relação com a água, sendo assim, observa-se que a classe Solo Exposto teve um acréscimo de 16,95% (178,89Km²) e a classe Palhada uma redução de 3,95% (41,69 Km²), considerando essas classes pertencentes a classe Cultura Temporária temos um acréscimo durante o período de pesquisa de 15,13% (159,68 Km²) em culturas que variam entre soja, milho e principalmente a cana-de-açúcar.

A classe Florestal, caracterizada pelos fragmentos de Mata Nativa e as Áreas de Proteção Permanente teve um aumento de 1,45% (15,30 Km²), destacadas nas Figuras, 20,21,22,23 a qual aumento ocorreu principalmente ao longo dos cursos hídricos, podendo ser fruto da dissipação das sementes de plantas adultas ou plantadas para recomposição da Área de Proteção Permanente, a classe Área Urbana manteve-se com o mesmo porcentagem de 0,09% (0,39 Km²) durante a pesquisa, já a classe Água teve uma redução de área de 0,03% ou seja (0,32 Km²), está diminuição pode ser fruto de açudes que foram destruídos, ou assoreados a ponto de macrófitas cobrirem toda a superfície da água, a ponto da assinatura espectral de onde era água ser alterado para a resposta espectral de vegetação.

A primeira coleta de água ocorreu no dia 26/09/2017 de forma atípica, pois a represa

estava abaixo no nível normal (Figura 24).

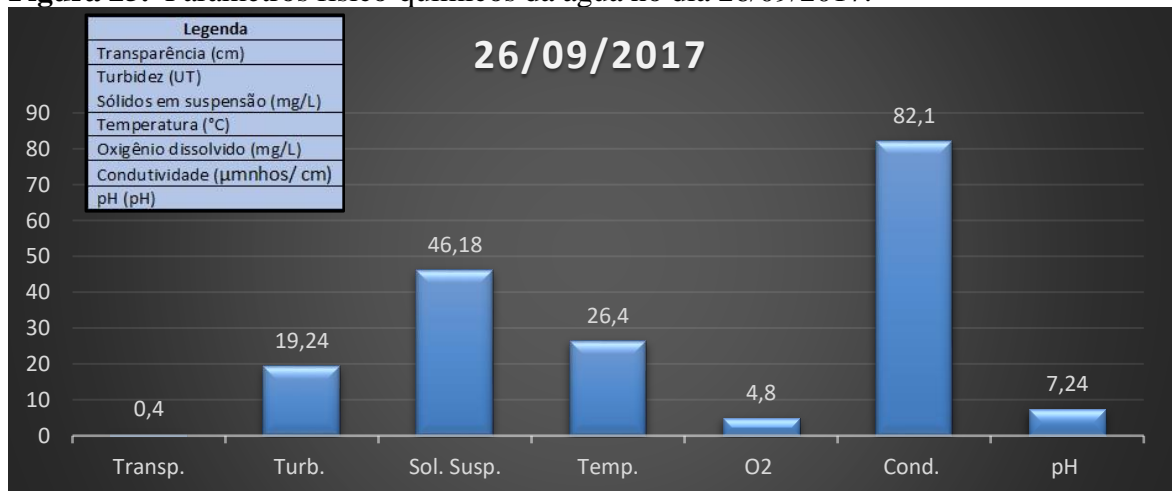
Figura 24. Represa abaixo do nível.



Foto: Ferreira (2017).

Os resultados da coleta do dia 26/09/2017 se destacaram em relação aos demais, principalmente no que se refere às análises físicas (transparência, turbidez, sólidos totais em suspensão e temperatura), como pode ser visto na Figura 25.

Figura 25. Parâmetros físico-químicos da água no dia 26/09/2017.

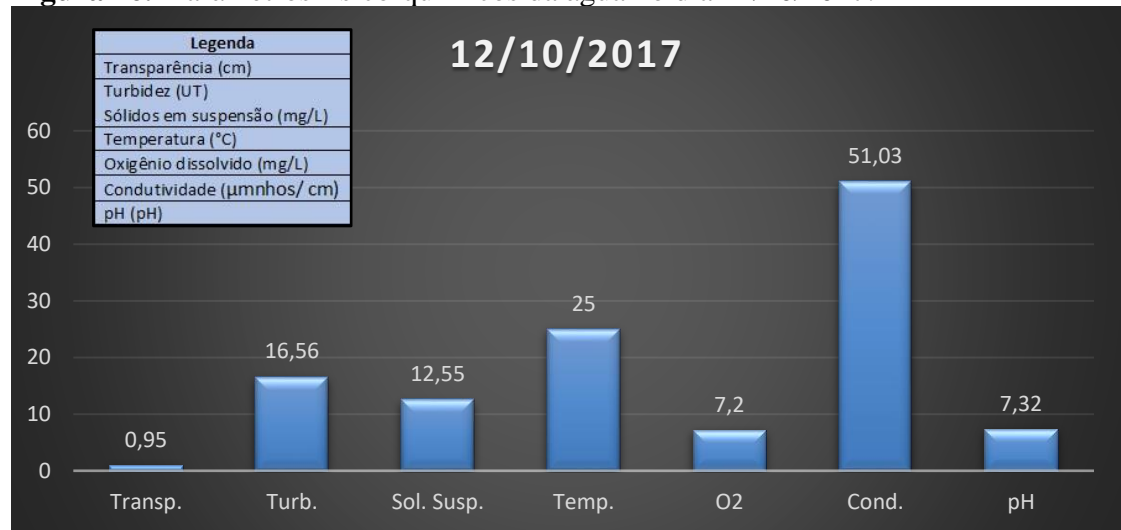


Fonte: Pesquisa Direta. Organização: Ferreira, J.J. Orientação: Piroli, E.L.

O aumento dos resultados nos parâmetros das análises físicas pode ter sido causado pelo baixo volume de água na represa, pois descarta-se a precipitação, uma vez que de acordo com estação automatizada do CIAGRO, localizada nas coordenadas UTM, zona 22 Sul, 7.464.982

N e 611.820 E, distante 9,5 km do ponto de coleta, não ocorreram chuvas no período de 15 dias que antecederam a coleta. Santos et al. (2013) afirmam que este comportamento pode ser explicado pelo aumento da velocidade da água, o que faz com que as partículas que estavam sedimentadas entrem novamente em suspensão elevando a turbidez. Os resultados de Rocha et al. (2010) afirmam que o aumento da velocidade de um rio proporciona um aumento da salinidade detectada no condutivímetro, (ESTEVES, 2011; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008) relatam existência direta de uma correlação entre sólidos dissolvidos e a condutividade da água, pois sais podem estar agregados as partículas minerais ou orgânicas que estão em suspensão, fato que pode ser observado nas análises físicas de transparência, turbidez e sólidos em suspensão, cujo aumento acompanhou o comportamento do parâmetro químico. O nível de oxigênio ficou abaixo do recomendado pela Portaria 357/2005 do CONAMA, que é de 6 mg/L para águas de classe 1. Esteves (2011) afirma que concentrações de oxigênio baixas, “hipoxia” ou “anoxia” no meio aquático, podem causar mortalidade de peixes, mesmo em ambientes livres da poluição antrópica como em lagos no interior da Amazônia. Observa-se que o aumento da turbidez pode ter contribuído para a diminuição do oxigênio dissolvido na água, uma vez que a luminosidade da água diminui afetando assim o metabolismo dos organismos que fazem a fotossíntese na água. Os demais parâmetros físicos apresentaram as alterações influenciados pela turbidez, porém junto com pH manteve-se dentro dos limites da resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 1.

A coleta realizada no dia 12/10/2017 ocorreu com a represa em seu nível normal, sendo observada a campo uma grande quantidade de macrófitas mortas submersas devido à desidratação ocorrida no período em que a represa estava com o nível baixo. O Rio Novo já não apresentava turbulência, pois sofria com a influência do nível do represamento, dessa forma, observou-se uma diferença abrupta no parâmetro sólidos em suspensão dentro do período de 16 dias, decaindo de 46,18 para 12,55 mg/L, o que resulta em uma diferença de 33,63 gramas a cada 1m³ de água contendo de partículas coloidais a menos sendo aportadas na represa, sejam essas partículas de origem mineral ou orgânicas. Este material que se encontra sedimentado na foz, possivelmente é oriundo de toda área de contribuição da bacia, e entrou em suspensão elevando os valores dos parâmetros físicos, como turbidez, sólidos em suspensão e a luminosidade na data anterior, na figura 26, observa-se as diferenças se comparada com a figura 25 (Coleta 26/09/2017).

Figura 26. Parâmetros físico-químicos da água no dia 12/10/2017.

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** Ferreira, J.J. **Orientação:** Piroli, E.L.

A consequência dessa alteração, pode ser explicada, pois a luminosidade proveniente do sol, ao ser atenuada pelas partículas coloidais, interfere substancialmente na estrutura térmica do meio aquático, alterando padrões de circulação e estratificação da massa d'água, diminuindo o processo fotossintético dependente da radiação solar que ocorre nas faixas de 400 a 700 nm, prejudicando o ecossistema do meio aquático, já que apenas uma fração é utilizada, devido a sensibilidade seletiva dos cloroplastos (ASSIS; MENDEZ, 1989), esta característica pode ser observado na diferença entre a primeira coleta (26/09/2017) e a segunda coleta (12/10/2017) no parâmetro oxigênio dissolvido que responde bem a este tipo alteração, pois em ambientes com turbidez elevada o processo fotossintético fica prejudicado. Observando o parâmetro turbidez, este apresentou também uma redução se comparada com a Figura 25 (26/09/2017) com a Figura 26 (12/08/2018), o oxigênio dissolvido teve aumento pois com a diminuição da turbidez e a alta penetração de luz (detectada pela transparência da água pelo disco de Secchi no dia 12/10/2017) as plantas aquáticas foram influenciadas e aumentaram a produção de oxigênio promovida pela fotossíntese.

A terceira coleta de água realizada no dia 06/04/2018, ficou destacada a turbidez que ficou acima da primeira coleta cujo exutório estava totalmente alterado devido ao rebaixamento da represa. Neste dia, a água do exutório apresentava uma coloração verde, com grande presença de plâncton, reduzindo a taxa de transparência consequentemente aumentando a turbidez, porém não influenciado por materiais em suspensão, a qual é detectado pela análise de sólidos em suspensão, ficando abaixo da primeira coleta junto com a condutividade elétrica a qual apresenta uma correlação com os sólidos em suspensão,

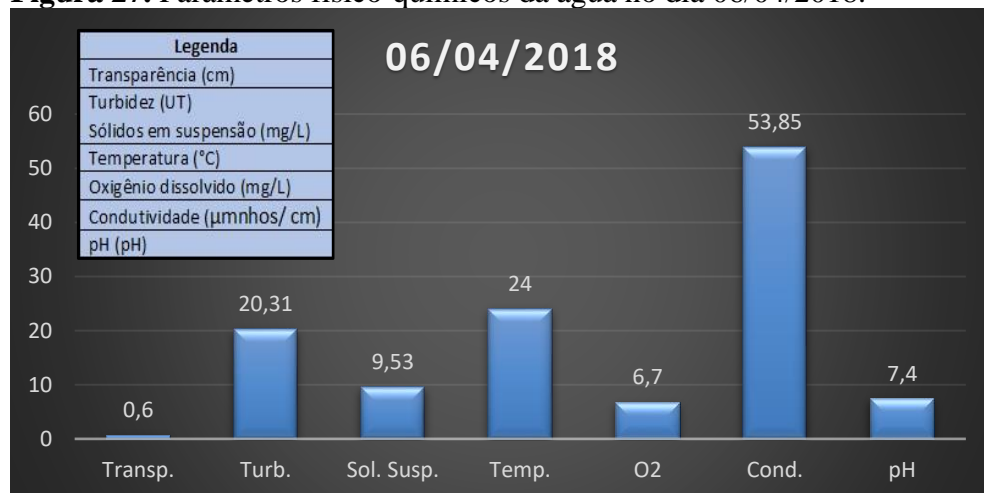
dessa forma observa-se que a turbidez e a luminosidade não dependem somente da quantidade de partículas oriundas do material mineral em suspensão, podendo também ser influenciadas pela produção de algas.

Observa-se que o oxigênio dissolvido quase não alterou se comparado com a coleta do dia 12/10/2017 que considerou o nível do normal no reservatório, com uma diferença 1,9 mg/L na primeira coleta onde o reservatório estava muito baixo, justificando a coloração verde da represa.

Isso evidencia o processo de fotossíntese, que devido ao horário da coleta (13:15 h), está em pico de produção, e também a possível sugestão de aporte de nutrientes no rio devido ao período das chuvas, em que a erosão laminar ou a lavagem promovida pela precipitação nas cidades encaminha para as baixas vertentes e rios todo tipo de composto de origem orgânica ou química, que se torna biodisponível para estes pequenos microrganismos produtores realizarem a digestão, tornando-os então disponíveis para a cadeia alimentar no meio aquático.

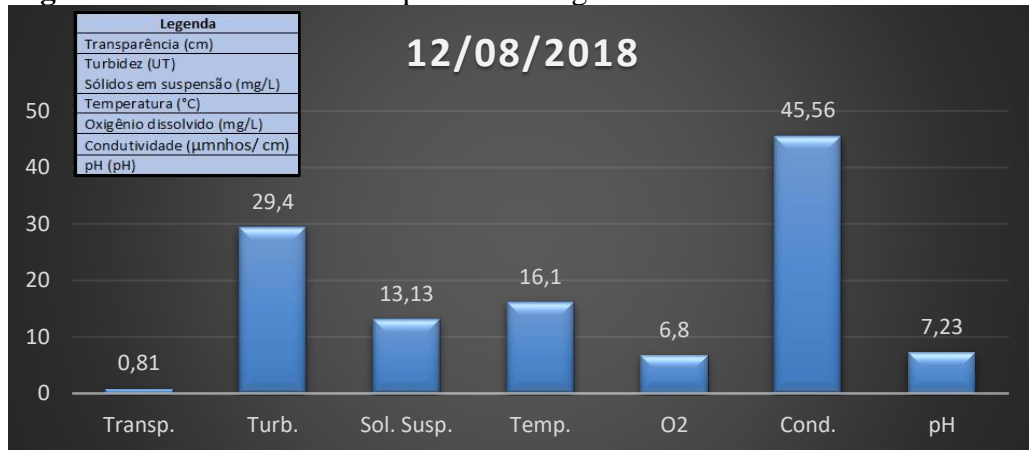
De acordo com Esteves (2011) a comunidade presente no meio aquático, possui rápida capacidade de adaptação com a redução ou produção de espécies, como exemplo as ciabactérias que em ambientes com alta concentração de nutrientes (eutrofização) aumentam substancialmente nos períodos mais quentes do ano e diminuem nos períodos mais frios.

Figura 27. Parâmetros físico-químicos da água no dia 06/04/2018.



Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** Ferreira, J.J. **Orientação:** Piroli, E.L.

Para as análises de água realizadas no dia 12/08/2018, Figura 28, ficou evidenciada sua temperatura mais fria em relação às demais coletas, devido ao tempo frio no dia da coleta.

Figura 28. Parâmetros físico-químicos da água no dia 12/08/2018.

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** Ferreira, J.J. **Orientação:** Piroli, E.L.

Durante todas as coletas o parâmetro pH manteve-se dentro do padrão estipulado na resolução CONAMA nº 357/2005, assim como a turbidez e os sólidos em suspensão, já o parâmetro Oxigênio Dissolvido ficou abaixo do limite somente na primeira coleta para águas de classe 1, a qual é estabelecido pela resolução o valor acima de 6 mg/L, já nas demais Classes ficou dentro do limite estabelecido para águas de classe 1.

A fim de verificar se ocorreu alguma diferença significativa durante o período de pesquisa no exutório, aplicou-se o teste estatístico de Análise de Variância (ANOVA) Kruskal-Wallis e teste *post hoc* de Tukey sobre os parâmetros físico-químicos da água. Para comparação dos dados amostrais foi realizado uma padronização de acordo com escore normalizado Z, determinado de acordo com a relação.

$$Z = \frac{(x - \underline{x})}{DP_{amostra}}$$

Em que x representa o dado amostral obtido para cada parâmetro, \underline{x} representa a média amostral e DP o desvio padrão da amostra.

Para todas as comparações de grupo estatísticos realizados não foi observada uma correlação significativa, bem como não foi demonstrada uma diferença significativa ($p > 0,005$) entre os quatro conjuntos amostrais, para as sete variáveis físico-químicas estudadas.

Observando as variações no uso e cobertura da terra e os resultados estatísticos das coletas de análises de água, conclui-se que as alterações ocorridas no uso e cobertura da terra não influenciam os resultados no exutório do Rio Novo, sendo, somente a primeira coleta a qual

que sofreu alteração fora do enquadramento de classe 1, para o parâmetro de Oxigênio Dissolvido.

Os resultados demonstram que os objetivos do trabalho foram atingidos, porém sugere-se que a pesquisa continue a fim de aumentar o número amostral e acompanhar as alterações que podem ocorrer em uma série de tempo mais longa.

Neste contexto, por mais que as análises estatísticas não demonstraram correlação significativa, Machado et al. (2003) afirma por meio de seus resultados que uma elevada atenção deve ser dada para a gestão das bacias hidrográficas, de forma a identificar as “áreas ambientalmente sensíveis” a fim de ter um manejo conservacionista, evitando ao máximo os processos erosivos, pois caso contrário, as APP não serão suficientes para proteger os cursos d’água.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados do trabalho, é possível afirmar que as alterações que ocorreram no uso e na cobertura da terra da bacia do Rio Novo, não influenciaram na qualidade da água no exutório da represa de Salto Grande Rio Paranapanema, inclusive nos períodos de entressafra, no qual a cobertura vegetal diminuiu significativamente, expondo o solo a processos erosivos, como os que ocorreram no alto Rio Novo, onde a susceptibilidade à erosão é identificada como alta pelo IPT.

O material dos processos erosivos transportado da alta vertente para a baixa vertente perdeu energia ao longo do percurso, depositando-se próximo ou no curso da água, alterando as características do curso hídrico de forma abrupta somente quando a represa estava abaixo do nível considerado normal, onde possivelmente em algum momento, ocorreram a inexistência de mecanismos de proteção e conservação do solo, favorecendo a deposição deste material no exutório.

As ferramentas oferecidas pelo Sistema de Informação Geográfica, foram fundamentais na identificação da alteração do uso e cobertura da terra, com elas foi possível elaborar os mapas de estudo na bacia do Rio Novo com os valores de área e porcentagem para cada tipo de classe, solo e vulnerabilidade à erosão.

Visualmente, se verifica que as alterações ocorridas à montante da bacia hidrográfica do Rio Novo podem ser detectadas no exutório, porém os resultados da pesquisa expõem que há a necessidade de análises mais específicas, pois os resultados aqui são o produto de uma pesquisa exploratória, portanto, justifica-se a necessidade da continuidade da pesquisa para obtenção de resultados comprobatórios e conclusivos em séries mais longas, em conjunto com outras ferramentas como a instalação de uma estação fluviométrica e sedimentométrica na foz do Rio Novo e o acompanhamento em outros pontos a montante na bacia, principalmente após as precipitações a fim de poder acompanhar o uso e a cobertura da terra e sua relação com a qualidade da água, oferecendo ao poder público ferramentas para prever possíveis danos ambientais que possam estar ocorrendo a montante, tendo como principal objetivo a preservação da bacia hidrográfica como um todo.

7 REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri. Liberalização da economia e flexibilização das leis: o meio ambiente entre o mercado e a justiça. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 3, n. 3, p. 62-68, set./dez., 2013.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura de recursos hídricos Brasil 2018**. Brasília, DF.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de usos consultivos da água no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2018

AGUIAR, C. R.; BATISTELA, D. Análises das técnicas de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC). **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu, Pr, Brasil, INPE, 2013.

AMARAL, N. D. **Noções de conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1984.

APHA, 2012. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

ASSIS, F. DE; MENDEZ, M. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 24, n. 7, p. 797–800, 1989.

BERTOL, I., COGO, N.P., LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.409-418, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO.F.; **Conservação do solo**. 6. Ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.

BRASIL, **Decreto 23.793 de 23 de janeiro de 1934**. Aprova o Código Florestal. Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Rio de Janeiro, 1934.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Capítulo VI. Do Meio Ambiente. Artigo 225. Brasília, 1988.

BRASIL. **Lei Federal 4.771 de 15 de setembro de 1965**. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília: Presidência da República, 1965.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;

altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 360.

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

BRITO, A.O. **ESTUDOS DA EROSÃO NO AMBIENTE URBANO, VISANDO PLANEJAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL NO DISTRITO FEDERAL**. 2012. Dissertação (Mestrado em ciências florestais) – Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**. São Paulo, 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade das águas doces no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2017**. São Paulo, 2017.

CTG - CHINA THREE GORGES BRASIL. **Usina Hidrelétrica Salto Grande**, 2019 Disponível em: <<http://www.paranapanemaenergia.com.br/usinas/Paginas/Usinas.aspx>>. Acesso em: 17 de Nov. 2019.

CURCIO, G. R.; Bonnet, A.; Kacharouski, M. **NEOSSOLOS LITÓLICOS DO SUBPLANALTO DE CASCAVEL – Características e potencial de uso**. Disponível em: <<http://www.pronasolos.pr.gov.br/pagina-20.html>>. Acesso em 2 Nov 2019.

De Paula. **CENÁRIOS DE BALANÇO HÍDRICO NO CEARÁ DECORRENTES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**. (Dissertação) Mestrado em Meteorologia - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

DELLA GIUSTINA, O. **Participação e solidariedade: a revolução do terceiro milênio II**. Tubarão: Unisul, 2004, p. 160.

DEMARCHI, J. C. **Geotecnologias aplicadas a estimativas de perdas de solo por erosão hídrica na sub-bacia do Ribeirão das Perobas, município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

DEMARCHI, J. C.; ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perda de solo na sub-bacia do Ribeirão das Perobas. **Revista Energia na Agricultura**, v. 29, n. 2, p.

102-114, 2014.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Práticas de Conservação de Solo e Água**. Circular Técnica, Campina Grande, PB. 2012. 24p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **EMBRAPA Monitoramento por Satélite**. Campinas, 2019. Disponível em <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>> Acesso em 2 Nov. 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de Análise Temporal da Vegetação-SATVeg**. Campinas, 2014. Disponível em <<https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/login.html>> Acesso em 13 de junho de 2018.

EMBRAPA. **Agência Embrapa de inovação tecnológica**. Argissolos, 2010. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html>. Acesso em 2 Nov. 2019.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2018, 356p.

ESTEVES, C. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011.

FERREIRA, J. J. **Macrofauna como indicadora de qualidade do solo em São Pedro do Turvo/SP**. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Curso de Especialização Gerenciamento de Recursos). Campus Experimental de Ourinhos. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Ourinhos, SP. 2012.

FIGUR, C.; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Ciência e Natura. 2017;39(2):352-365.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Soil Erosion by water: some measures for its control on cultivated lands**. Rome: FAO, 1965. 284p.

FRITZSONS, E. **Avaliação temporal da qualidade de água como diagnóstico do uso e ocupação das terras na bacia do Alto Capivari, região cárstica curitibana, PR**. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2003.

GARCIA, L. C. et. al. **Análise científica e jurídica das mudanças no Código Florestal e a recente Lei de Proteção da Vegetação Nativa**. Rio de Janeiro: Ed. UFMS; ABECO, 2016.

GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A.J.T.; Silva, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs). **Erosão e conservação do solo: conceitos, temas e aplicações**. 2005 2. ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. Cap. 1, p.17-55.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Spring: **Tutorial de Geoprocessamento 2006**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em 28 Fev. 2020.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 598 p.

KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X. T.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. **Revista IG**, São Paulo, v. 16, n. especial, p. 31-36, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.33958/revig.v16iesp.610>. Acesso em: 2 nov. 2019.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. Z.; LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L. da; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num latossolo vermelho amarelo ácrico típico, com diferentes sistemas de prepare e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33 n. 3, Mar./Jun. 2009.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. M.; ZIMMER, A.H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: **I Simpósio de Produção de Gado de Corte (ANAIS)**. Viçosa, 1999, p. 232 - 234.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª ed. Campinas: SBCS, 1983, 175p.

LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. ESALQ/USP: Piracicaba, 2.ed. 2008, 245p.

LITTLEPAGE, J. **Oceanografia: manual de técnicas oceanográficas para trabalhos em laboratório e a bordo**. Fortaleza-CE. Ed. da UFC. 99 p. 1998.

LOPES, F. W. A.; DUTRA, G. C.; PEREIRA, J.A.A.; TAVARES, C. L. M., 2007, Avaliação da influência das áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas-MG. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis: INPE. p 3421-3428.

MACHADO, B. C. **Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF, 2006.

MACHADO, R. E.; VETTORAZI, C. A.; XAVIER, A. C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.727-733, 2003.

MARTINS FILHO, M.V.; LICCIOTTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JUNIOR, J.; SANCHES, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais

- de cana-de-açúcar. **Revista Engenharia Agrícola**. Vol. 29 n° 1. Jaboticabal 2009.
- MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.395- 403, 2003.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 266 p.
- MOITA, R.; CUDO, K. Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. **Anais... Reunião Técnica sobre Qualidade de Água Para Consumo Humano e Saúde no Brasil**, Ministério da Saúde. Brasília: Secretaria do Meio Ambiente, 1991.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. Ed. Atual. E ampl. Lavras: Editora UFLA. p. 729: il. 2006.
- MOREIRA, FM. S. **Código florestal brasileiro: métodos para localização de reservas legais e comparação de proposta de alteração de lei**. 2011. 11p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Carlos, São Carlos, 2011.
- NOVO, E. L. M. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4 ed, São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2010.
- NOVO, E. M. L. de M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2001.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992. 308p
- OLIVEIRA, J. B. de; **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. IAC/EMBRAPA- Escala 1:500.000.1999.
- OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal, Funep, 2001. 414p.
- PEREIRA, V. P.; **Solo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal, SP: FCAV, 1997.
- PERON, A. F.; PIROLI, E. L. **Imagem do satélite Landsat-8 aplicada à identificação da vegetação natural na bacia hidrográfica do Rio Novo**. In: IV Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, 2013, Presidente Prudente/SP. IV Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas. Presidente Prudente/SP: Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP Presidente Prudente, 2013. v. 4. p. 336-347.
- PIROLI, E. L. **Água: por uma nova relação**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016. 144 p.
- PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. 136 f. Tese (Livre Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) – Câmpus Experimental de Ourinhos, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.
- PIROLI, E. L.; ISHIKAWA, D. T. K.; DEMARCHI, J. C. Análise das mudanças no uso do solo

da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., Curitiba. 2011, **Anais**. Curitiba: SBSR, 2011. p. 6333 - 6340.

REBOUÇAS, A.C. **Água Doce no Mundo e no Brasil**. In: **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. A.C. REBOUÇAS, B. BRAGA E J.G TUNDISI. São Paulo, Escrituras Editora, 700 p.1999.

ROCHA, F. A.; OLIVEIRA, M. S. C.; MELO, A. R. B.; BARROS, F. M.; BARRETO, L. V. Variáveis de qualidade de água influenciadas pelo tipo e época de amostragem, no rio Catolé - BA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, 2010.

ROSS, J. L. S. MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo** (escala 1:500.000). São Paulo, 1997.

SAAD, S. I.; **Modelagem e valoração dos serviços ambientais hidrológicos na recuperação da vegetação no Ribeirão das Posses, Extrema, MG**. Tese (Doutorado) em Ciência Ambiental_ Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2015.

SANTOS, Q. R; FRAGA, M. S.; ULIANA, E. M; REIS, A. S; BARROS, F. M. Monitoramento da qualidade da água em uma seção transversal do rio Catolé, Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.16, 2013.

SCHAEFER, C. E. R.; SOUZA, C. M.; VALLEJOS, M.; VIANA, J. H. M., GALVÃO, J. C. C.; RIBEIRO, L. M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.765-69, 2001.

SILVA, M.P.S. da; BARBOSA, T.R.L.; BARROSO, D.G. **Preservação de nascentes**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de Análises Físico-Químicas de Água de Abastecimento e Residuárias**. Campina Grande: O Autor, 2001.

SILVEIRA, A.L.L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, 2001.

SOARES, R. B.; SOARES, C. B. S. S.; COSTA, S. S. COSTA, S. S. SOARES, R. B. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI- Brasil. **Anais**. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE, 2015.

SOUTO, M. V. S.; AMARO, V. E. Aplicação das técnicas de geoprocessamento para o mapeamento da vulnerabilidade natural para a região da Ponta do Tubarão, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, Município de Macau. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2773-2778. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, GLENIO G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.12, p.1301-1309, 2013.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

TUCCI, C. E. M. Inundações e **Drenagem Urbana**. In: TUCCI, C. E. M., BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos–ABRH, p 45-150. Porto Alegre, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. Rima: São Carlos, SP, 2003.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, TUNDISI. T. **Limonologia**. São Carlos (SP): Oficinas de Texto, 2008.

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

VEIGA FILHO, A. A.; SOUZA, M. V. M.; MARTINS, N. B.; YANAGUISHI, C. T.; MATSUNAGA, M. **Análise de investimentos em adoção de tecnologias e conservação do solo no estado de São Paulo**. Agricultura em São Paulo, v. 39, n. 1, p. 133-154, 1992.

WINCANDER, R.; MONROE, J. S. **Fundamentos da Geologia**. Traduzido por Harue Ohara Avritcher; Revisão técnica Mauricio Antônio Carneiro. São Paulo: Cengage Learning, 2009.