



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
GEOGRAFIA

**MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BONITO, MUNICÍPIOS DE  
AVARÉ E ITATINGA- SP.**

**JULIANA MARINA ZANATA**

Presidente Prudente

2014

**Juliana Marina Zanata**

**MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BONITO, MUNICÍPIOS DE  
AVARÉ E ITATINGA- SP.**

Dissertação de mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista como requisito para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Edson Luís Piroli

**Nível:** Mestrado

Presidente Prudente

2014



**BANCA EXAMINADORA**

**PROF. DR. EDSON LUIS PIROLI**  
PRESIDENTE

**PROF. DR. RODRIGO LILLA MANZIONE**  
(UNESP/Ourinhos)

**PROFA. DRA. ENCARNITA SALAS MARTIN**  
(FCT/UNESP)

**JULIANA MARINA ZANATA**

Presidente Prudente (SP), 19 de dezembro de 2014.

RESULTADO: Aprovado

## FICHA CATALOGRÁFICA

Z31m Zanata, Juliana Marina.  
Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do  
Ribeirão Bonito, municípios de Avaré e Itatinga-SP / Juliana Marina  
Zanata. - Presidente Prudente : [s.n], 2014  
122 f.

Orientador: Edson Luís Piroli  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Inclui bibliografia

1. Geoprocessamento. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Uso da Terra. I.  
Zanata, Juliana Marina. II. Piroli, Edson Luís. III . Universidade  
Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV. Título.

Finalizar uma fase, sempre exige uma reflexão do trajeto percorrido entre o início do processo e sua conclusão. Durante esse percurso são tantas pessoas e fatos que se faz mais que necessário o AGRADECIMENTO.

Antes de qualquer coisa, agradeço à Deus por me fortalecer nos momentos tempestuosos.

Aos meus pais e minha irmã, pelo incentivo e apoio incondicional. Por tentar compreender a ausência em datas especiais, pelos meses que não consegui fazer uma visita, pelos quilômetros de distâncias que aumentam a cada nova decisão.

Ao Joelson, por compreender a distância física, entender minhas angústias e sempre me dar forças para seguir em frente.

Aos meus professores, que desde o ensino fundamental contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica. Resalto aqui, os meus professores da Unesp campus de Ourinhos, bem como os professores Rodrigo, César e Encarnita pelas contribuições na qualificação e defesa desse trabalho.

Ao meu orientador, Edson Luís Piroli, pelo incentivo às práticas de pesquisas e a confiança em mim depositada.

A todos os meus amigos, que próximos ou distantes sempre estiveram ao meu lado.

Aos amigos conquistados durante a pós graduação: Kátia, Daniele, Elani, Juniele, Luis, Renata, Letícia, Fernanda, Ana, Helen, Christian, Fred. A amizade de vocês com certeza fez muita diferença durante essa etapa.

Aos amigos do grupo Cediap-Geo: Rodrigo, Priscila, Julien, Rubens e Ronaldo em especial ao Éder, que além das ajudas com o Idrisi sempre me fez manter a calma nos momentos em que tudo estava dando errado.

Ao Alexandre, técnico do laboratório de geoprocessamento da Unesp/Ourinhos, pela ajuda na realização dos mapas do trabalho.

Aos amigos professores da E.E Marina Cintra, em especial aos professores de geografia Dafne, Juliane e Jefferson, e aos queridos Léo, Roberta, Edgard, Marina e Nilma. É um grande prazer trabalhar com pessoas espirituosas como vocês e poder compartilhar dos mais diversos acontecimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento da pesquisa através de bolsa de estudo.

A Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Unesp/FCT e ao Programa de Pós Graduação em Geografia pela oportunidade de realização do mestrado.

## RESUMO

No intuito de monitorar e minimizar os problemas ambientais, os SIGs, aliados às técnicas de geoprocessamento, apresentam importante potencial de aplicação, uma vez que permitem a obtenção, o armazenamento e a manipulação de grande número de dados e informações, bem como a representação cartográfica dessas variáveis, possibilitando a tomada de decisão com maior segurança. O objetivo deste trabalho foi mapear os usos da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito em duas épocas distintas (1962 e 2010) e analisar as mudanças ocorridas na área buscando a caracterização dos impactos ambientais identificados na bacia a partir do uso de técnicas de geoprocessamento. Para realização dos mapeamentos foram utilizadas aerofotografias de 1962 e imagens do satélite SPOT do ano de 2010. A bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito localiza-se nos municípios de Itatinga e Avaré, no sudoeste do Estado de São Paulo e assim como a maior parte deste estado teve sua colonização baseada no uso desenfreado dos recursos naturais, fato que acabou por comprometer a quantidade e qualidade destes. O aplicativo *Land Change Modeler*, utilizado nesta pesquisa, contribuiu para a representação espacial e a compreensão da dinâmica no uso e na cobertura da bacia. No período analisado foi possível observar importantes mudanças na área, com destaque para o surgimento de duas classes de uso, a lavoura permanente com plantio de laranjas e a silvicultura com plantio de eucaliptos.

**Palavras chave:** Geoprocessamento, bacia hidrográfica, uso da terra.

**ABSTRACT**

In order to monitor and minimize environmental problems, GIS, combined with GIS techniques, have important potential application since they allow the obtaining, storing and manipulating large amounts of data and information, as well as the cartographic representation of these variables, enables the decision-making with greater security. The objective of this study was to map land uses of Ribeirão Bonito watershed in two different seasons (1962 and 2010) and analyze the changes in the area looking for the characterization of environmental impacts identified in the basin through the use of techniques GIS. To achieve the mappings were used in 1962 aerofotografias and SPOT satellite images of 2010. The watershed of Ribeirão Bonito is located in the municipalities of Itatinga and Avare, in the southwest of the State of São Paulo and as most of this state had its colonization based on the rampant use of natural resources, a fact that eventually compromise the quantity and quality of these. The Land Change Modeler application contributed to understanding the dynamics present in the use and coverage of the basin. In the analyzed period was possible to notice the emergence of two classes of use, the permanent crop by planting oranges and forestry by planting eucalyptus. As for natural vegetation and other uses was possible spatialize the changes that occurred.

Key Words: Geoprocessing, watershed, land use.

## Lista de Figuras

Figura 1: Localização da bacia do Ribeirão Bonito na bacia do rio Novo, na bacia do rio Pardo e no Estado de São Paulo.....	23
Figura 2: Mapa pedológico da Bacia do Ribeirão Bonito.....	26
Figura 3: A - Trabalho de campo em Jan/2012, predomínio de pastagem. B - Campo em set/2012, solo preparado para o plantio de cana.....	32
Figura 4: Ribeirão do Macuco em jan/2012 (A), e set/2012 (B). .....	32
Figura 5: Mosaico composto por fotografias aéreas de 1962.....	34
Figura 6: Rede de drenagem de 1962 e 2010, respectivamente.....	35
Figura 7: Exemplo de buffer da drenagem de 1962 (A) e 2010 (B).....	35
Figura 8: Fragmentos Florestais encontrados na área da bacia.....	36
Figura 9: Vegetação campestre presente na área de estudo.....	37
Figura 10: Plantações temporárias .....	38
Figura 11: Plantações de Laranja.....	38
Figura 12: Silvicultura - Plantio de eucalipto.....	39
Figura 13: Pastagem destinada à criação de gado .....	39
Figura 14: Bairro Engenheiro Serra .....	40
Figura 15: Áreas degradadas presente na área de estudo.....	40
Figura 16: Rede hidrográfica do Ribeirão Bonito.....	46
Figura 17: Mapa Hipsométrico da bacia do Ribeirão Bonito.....	49
Figura 18: Mapa clinográfico da bacia do Ribeirão Bonito.....	52
Figura 19: Representação da categoria área úmida. ....	55
Figura 20: Representação da categoria de uso área urbana. ....	56
Figura 21: Representação da categoria área degradada.....	56
Figura 22: Representação da categoria cultura temporária.....	58
Figura 23: Representação da categoria florestal.....	58
Figura 24: Representação da categoria linha férrea.....	59
Figura 25: Representação da categoria pastagem.....	60
Figura 26: Representação da categoria represa.....	60
Figura 27: Mapa de uso e cobertura da terra em 1962.....	61
Figura 28: Representação da categoria de área úmida.....	63
Figura 29: Representação da categoria área urbana, destacada pelo polígono vermelho.....	63
Figura 30: Representação da categoria área degradada, destacada pelo polígono vermelho.....	64
Figura 31: Representação da categoria campestre, destacado pelo polígono vermelho.....	65
Figura 32: Representação da categoria cultura permanente, destacadas pelo polígono vermelho.....	65
Figura 33: Representação da categoria cultura temporária, destacadas pelo polígono vermelho.....	66
Figura 34: Representação da categoria florestal, destacada pelos polígonos vermelho.....	67
Figura 35: representação da categoria linha férrea.....	67
Figura 36: Representação da categoria pastagem, destacada pelos círculos.....	68
Figura 37: Representação da categoria silvicultura, destacada pelos polígonos vermelhos.....	69

Figura 38: Representação da categoria represa, destacadas pelos polígonos vermelhos. ....	69
Figura 39: Mapa de uso e cobertura da terra em 2010. ....	70
Figura 40: Contribuição para mudança na categoria área úmida ....	72
Figura 41: Contribuição para mudança na categoria campestre. ....	73
Figura 42: Contribuição para mudança na categoria cultura permanente.....	74
Figura 43: contribuição para mudança na categoria florestal. ....	75
Figura 44: Contribuição para mudança na categoria cultura temporária.....	76
Figura 45: Contribuição para mudança na categoria pastagem. ....	77
Figura 46: Contribuição para mudança na categoria silvicultura. ....	78
Figura 47: Contribuição para mudança na categoria represa. ....	79
Figura 48: Síntese das variações dos usos no período de 1962 e 2010.....	80
Figura 49: Mapa síntese das principais mudanças no uso e cobertura da terra. ....	81
Figura 50: Mapa da permanência do uso e cobertura da terra ....	83
Figura 51: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria campestre. ....	86
Figura 52: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria cultura temporária. ...	88
Figura 53: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria florestal. ....	90
Figura 54: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria pastagem.....	92
Figura 55: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria represas.....	94
Figura 56: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria silvicultura.....	96
Figura 57: Mapa de uso e cobertura da terra nas APP em 1962.....	101
Figura 58: Mapa de uso e cobertura da terra nas APP em 2010.....	102
Figura 59: Áreas de conflito de uso em APP.....	103

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito. ....	47
Tabela 2: Classes de declividade encontradas na bacia do Ribeirão Bonito.....	50
Tabela 3: Uso e cobertura da terra em 1962.....	54
Tabela 4: Uso e cobertura da terra em 2010.....	62
Tabela 5: Comparativo entre a porcentagem de cada uso nos anos de 1962 e 2010. .....	72
Tabela 6: Comparativo entre ganho, perda e persistência de cada categoria. ....	84
Tabela 7: Uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente dos corpos d'água em 1962.....	97
Tabela 8: Uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente dos corpos d'água em 2010.....	98

## Sumário

RESUMO .....	i
Lista de Tabelas .....	v
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA .....	4
3.1 Bacias Hidrográficas - Conceitos, Planejamento, Gestão e Manejo.....	4
3.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), técnicas de Geoprocessamento e análises ambientais e de uso e cobertura da terra. ....	9
3.2.1 <i>Análises ambientais a partir do uso e cobertura da terra.</i> .....	9
3.2.2 <i>Geoprocessamento</i> .....	11
3.2.3 <i>Sistemas de Informações Geográficas</i> .....	13
3.2.4 <i>Sensoriamento Remoto</i> .....	14
3.3 Legislação ambiental brasileira, Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Proteção Ambiental (APA).....	16
4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	22
4.1 Materiais .....	22
4.1.1 <i>Caracterização da área de estudo</i> .....	22
4.1.1.1 <i>Características físicas e biológicas da bacia do Ribeirão Bonito.</i> .....	24
4.1.1.1.1 Características climáticas. ....	24
4.1.1.1.2 Características geomorfológicas. ....	24
4.1.1.1.3 Características pedológicas.....	25
4.1.1.1.4 Características geológicas.....	27
4.1.1.1.5 Características hidrográficas .....	27
4.1.1.1.6 Características da vegetação nativa.....	28
4.1.1.1.7 Características do uso da terra.....	28
4.1.2 <i>Caracterização histórica dos municípios de Avaré e Itatinga</i> .....	29
4.1.2.1 Avaré .....	29
4.1.2.2 Itatinga.....	29
4.2 Materiais utilizados .....	30
4.3 Procedimentos Metodológicos.....	31
4.3.1 <i>Trabalhos de campo</i> .....	31
4.3.2 <i>Georreferenciamento; delimitação e alimentação do banco de dados.</i> ..	33

4.3.3	<i>Vetorização da rede de drenagem e delimitação das áreas de preservação permanente.</i>	34
4.3.4	<i>Vetorização das classes de uso e cobertura da terra dos dois períodos em análise.</i>	36
4.3.5	<i>Modelagem de Mudanças no Uso e Cobertura da Terra - Land Change Modeler (LCM)</i>	40
4.3.6	<i>Análise morfométrica da bacia do Ribeirão Bonito.</i>	42
4.3.6.1	Características geométricas.	42
4.3.6.1.1	Área de Drenagem e Perímetro.	42
4.3.6.1.2	Coeficiente de Compacidade.	42
4.3.6.1.3	Índice de circularidade	43
4.3.6.2	Características da rede de drenagem	43
	As características de drenagem abrange a ordem do curso d' água, comprimento total dos cursos d'água e a densidade de drenagem.	43
4.3.6.2 .1	Ordem dos cursos d'água	43
4.3.6.2.2	Comprimento total dos cursos d'água.	43
4.3.6.2.3	Densidade de Drenagem.	44
4.3.6.3	Hipsometria e clinografia.	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Características morfométricas e físicas da Bacia do Ribeirão Bonito.	45
5.2	Hipsometria da Bacia.	48
5.3	Clinografia da bacia	50
5.4	Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito.	53
5.4.1	<i>Uso e cobertura da terra em 1962.</i>	53
5.4.2	<i>Uso e cobertura da terra em 2010</i>	62
5.5	As transformações na paisagem considerando os usos e cobertura da terra.	71
5.5.1	<i>Mudanças e transições no uso e cobertura da terra entre 1962 e 2010.</i>	71
5.5.2	<i>Permanência dos usos e coberturas da terra entre 1962 e 2010.</i>	82
5.5.3	<i>Ganhos, Perdas e Persistências dos principais usos e coberturas da terra.</i>	84
5.5.4	<i>Uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente dos corpos d'água.</i>	97
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
7	REFERÊNCIAS	106

## 1 INTRODUÇÃO

Devido à extensão territorial do Brasil, a maioria dos mapeamentos e levantamentos oficiais realizados encontra-se em escalas pequenas, sendo também heterogêneos em função das variedades de técnicas e métodos utilizados em suas elaborações. Assim, regiões como norte e centro-oeste contam com poucos produtos cartográficos, e quando estes existem, não estão em escala compatível para realização das diversas análises necessárias. O estado de São Paulo conta com uma base de dados com maior detalhamento e mais padronizada, mas somente em algumas regiões. Enquanto a região metropolitana da capital está mapeada em escalas grandes, muitas áreas do interior ainda não dispõem de bases mais detalhadas.

Porém, alguns mapas básicos são essenciais para realização de estudos de caráter ambiental, assim como para o planejamento e ordenamento territorial. Mapas como de solo e geomorfológico podem ser usados como exemplos: esses mapas em nível de estado encontram-se na escala de 1:500.000, o que permite a identificação de poucos detalhes e na maioria das vezes não corresponde a realidade encontrada *in loco*. Esse fato dificulta a realização de estudos que utilizam esses dados para cruzamento, ou até induz à elaboração de produções que não condizem com a realidade da área mapeada. Sabe-se da complexidade para elaboração destes mapas em escala detalhada, mas a atualização dessas bases de dados é de extrema importância, uma vez que representariam com exatidão o espaço mapeado.

Com o advento das novas tecnologias na área de geoprocessamento e sensoriamento remoto, a possibilidade de atualização dessas bases cartográficas foi ampliada. Com o lançamento de satélites que apresentam melhores resoluções espaciais, radiométricas, temporais e espectrais, os produtos obtidos são cada vez mais refinados, o que os torna indispensáveis no processo de atualização das bases cartográficas. Estes produtos, porém, geralmente são de alto custo.

Para realização de estudos com maior nível de detalhe, a bacia hidrográfica, mostra-se como uma unidade viável, uma vez que apresenta a delimitação natural a

partir dos topos de morro. Assim, para o estudo em questão foi adotada essa unidade.

A área de estudo foi escolhida durante a vigência do Projeto Regular “Análise do uso da terra nas áreas de preservação permanente do rio Pardo usando geoprocessamento, e avaliação dos impactos deste uso sobre os recursos naturais destas áreas”, coordenado pelo Prof. Dr. Edson Luís Piroli, processo 2009/53932-2, financiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, no qual a autora desse trabalho exerceu a função de bolsista de Treinamento Técnico III. No processo de elaboração dos materiais propostos pelo projeto foi possível aperfeiçoar o conhecimento em geoprocessamento, sensoriamento remoto e práticas de campo, surgindo então o interesse em aprofundar os estudos na bacia do Ribeirão Bonito, localizada nos municípios de Itatinga e Avaré/SP em função da observação, tanto pelas imagens de satélite, quanto, posteriormente, no campo, que esta bacia apresentava algumas peculiaridades que precisavam ser detalhadas. Essas peculiaridades estavam relacionadas aos impactos ambientais aos quais a bacia estava sendo acometida, como processos erosivos, assoreamentos, técnicas inadequadas de manejo do solo, mudanças no uso da terra, dentre outras.

Outra característica relevante da bacia, que a levou a ser escolhida, como área deste estudo é a sua contribuição como área de nascentes para as bacias do Rio Novo e do Rio Pardo. Observou-se nos estudos preliminares a esta dissertação que havia alta concentração de nascentes, cerca de 90, o que destacou a área como importante para a sua conservação e para o aprofundamento dos cuidados com a preservação das áreas de vegetação ciliar, uma vez que estas tem papel fundamental na manutenção dos corpos hídricos, bem como asseguram proteção da fauna e flora local.

Além do exposto, a parte sul da bacia do Ribeirão Bonito está inserida no limite da APA (Área de Proteção Ambiental), perímetro Botucatu. Essa área foi criada através do Decreto Estadual Nº 20.960 em 08 de junho de 1983, e implementada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação em 2002, e tem como principal objetivo a proteção das Cuestas basálticas e do Aquífero Guarani, uma vez que mais de 70% da APA está sobre este aquífero.

A região do divisor de água sudeste da bacia do Ribeirão Bonito está localizada na área limítrofe do afloramento do aquífero Guarani e o restante da bacia em área de confinamento do mesmo, segundo levantamento realizado pela CETESB

(2008). Devido ao valor desse sistema, a adoção de práticas que assegurem a preservação e proteção desse bem torna-se fundamental. As áreas de recarga devem ser mantidas sob vegetação natural, de modo que seja assegurado que essas não sejam contaminadas, principalmente por agroquímicos.

A partir do exposto, essa região pode ser considerada produtora de água e por isso uma área prioritária de preservação e conservação. Em meio à crise vivida, em especial no ano de 2014, tanto por grandes cidades do estado de São Paulo, como São Paulo, Itu, Sorocaba e Campinas como pequenas cidades do interior, como é o caso de São Pedro e Brotas que foram acometidas por seca, considerada histórica, que trouxe várias preocupações quanto ao abastecimento da população e até econômica, já que essas cidades do interior tem a água como fonte de renda, uma vez que essa é a principal atração de roteiros de ecoturismo e fonte de irrigação para plantações, essa observação se reforça.

Isto confirma a importância da proposta de destinar essa dissertação de mestrado ao aprofundamento dos estudos de caráter ambiental, através de produtos cartográficos, da bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, buscando a compreensão dos fenômenos ali ocorrentes e as suas causas e consequências.

Estudos deste tipo se mostram cada vez mais necessários, uma vez que envolvem a proteção e conservação de ambientes naturais, que são de suma importância para a garantia da manutenção da vida de inúmeras espécies, bem como da dos seres humanos. A intrínseca relação Sociedade e Natureza torna-se a base para as mais profundas análises tanto de cunho ambiental quanto social, uma vez que estes interagem direta e indiretamente entre si.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Utilizar técnicas e métodos de geoprocessamento para caracterizar e analisar as mudanças no uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito entre os anos de 1962 e 2010 e buscar a compreensão dos impactos destas mudanças sobre os recursos naturais da área.

## 2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- Analisar as mudanças ocorridas entre as duas épocas e avaliar seus impactos ambientais;
- Caracterizar a bacia com relação aos seus aspectos físicos, biológicos e históricos;
- Identificar, mapear e analisar os usos e coberturas da terra nas Áreas de Preservação Permanente relacionadas aos corpos d'água;
- Identificar e mapear os problemas ambientais presentes na área de estudo.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

Neste item será realizada revisão teórica sobre: Bacias hidrográficas, geoprocessamento, sensoriamento remoto, alterações no uso e cobertura da terra, legislação ambiental e áreas de preservação permanente.

### 3.1 Bacias Hidrográficas - Conceitos, Planejamento, Gestão e Manejo.

O recorte espacial utilizado para elaboração desta pesquisa foi a bacia hidrográfica, no caso, a do Ribeirão Bonito, localizada entre os municípios de Itatinga-SP e Avaré-SP.

Este recorte espacial foi escolhido, porque o mesmo, além de poder ser demarcado pelos limites naturais, é recomendado pela Lei Federal 9.433/1997 como unidade de gestão dos recursos hídricos. Com a adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial, torna-se possível analisar e compreender as alterações e impactos sobre os recursos naturais, em especial água, solo e vegetação. Além disso, este é o recorte ideal para a execução do planejamento e manejo dos recursos hídricos.

De acordo com Botelho e Silva (2010, p. 153 ).

a bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde o fim dos anos 60. Contudo, durante a última década ela foi, de fato, incorporada pelos profissionais

não só da Geografia, mas da grande área das chamadas Ciências Ambientais, em seus estudos e projetos de pesquisa.

Para Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica compreende uma área drenada por um determinado rio ou por uma rede fluvial. A drenagem fluvial é constituída por um conjunto de canais de escoamento interligados. A área drenada por esse sistema fluvial é definida como bacia de drenagem, e essa rede de drenagem depende não só do total e do regime das precipitações, como também das perdas por evapotranspiração e infiltração.

A bacia hidrográfica pode ser definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto (CHRISTOFOLETTI, 1980). O que ocorrer a qualquer um deles terá reflexos sobre os demais. Desta forma, tudo o que ocorre na bacia hidrográfica repercute direta ou indiretamente nos rios e na qualidade e quantidade das águas (LEAL, 1995).

Campos e Sttip (2006, p. 06) complementam:

Os fatores que compõem este ambiente interagem entre si, originando processos inter-relacionados, definindo as Paisagens geográficas, que apresentam potencial de utilização baseado nas características de seus componentes: substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidrometeorológicos e hidrogeológicos.

De acordo com Coelho Netto (2007, p. 97-8), bacia hidrográfica constitui uma “área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial”.

Para Tucci (1997), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água precipitada, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um único Leito no seu exutório.

Guerra e Cunha (1998) entendem que a bacia hidrográfica é formadora de paisagens e relevos, resultando de mecanismos erosivos-deposicionais, resultantes da interação de diversos fatores: bióticos – fauna e flora; abióticos – clima, rocha, solo e posição topográfica; e antrópicos, que na atualidade é o mais proeminente modificador do meio ambiente, causando grandes impactos à Paisagem e ao equilíbrio dos sistemas ambientais.

Conforme Piroli (2013, p. 21),

a unidade ideal para o trabalho com recursos naturais é a bacia hidrográfica, uma vez que esta é definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área. O elo entre estes componentes é a água que ao precipitar sobre este espaço é direcionada para regiões determinadas pelo seu ciclo, formando os córregos e rios que escorrem superficialmente ou infiltram nos depósitos subterrâneos, alimentando os aquíferos ou as nascentes que manterão os cursos de água nos períodos entre as precipitações.

Guerra (2003) complementa que o conceito de bacia hidrográfica deve incluir também uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, ampliando ou diminuindo a área da bacia.

Essa unidade espacial associa na sua essência os meios físicos, biológicos, sociais e antrópicos, evidenciando assim a importância de estudos integradores.

De acordo com Botelho e Silva (2010, p. 153)

Entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos de interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental.

A bacia hidrográfica é uma unidade natural, integradora de processos e, como receptora dos impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas deve ser objeto de pesquisas e programas de medidas, visando à compreensão dos mecanismos do seu funcionamento e preservação dos seus recursos naturais (MACHADO; CAMPOS; STIPP, 2005; CAMPOS, 2006).

O uso dessa unidade natural possibilita uma visão sistêmica e integrada devido à clara delimitação e à natural interdependência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos. Sobre esses subsistemas atuam as forças antropogênicas, em que atividades e sistemas econômicos, sociais e biogeofísicos interagem (AB'SABER; MULLER-PLANTENBERG, 1998.)

Também para (Guerra e Cunha, 2000, p.376)

Pelo caráter integrador, a bacia hidrográfica pode ser considerada excelente unidade de gestão dos elementos naturais e sociais. Nesta ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respostas da natureza como erosão dos solos, movimentos de massa e enchentes, cujos processos devem ser acompanhados por monitoramentos que levem à compreensão de uma natureza integrada.

De acordo com Santos, (2004, p.85), a definição de bacia hidrográfica compreende:

(...) à noção de sistema, nascente, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz. Toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade. A medida de algumas de suas variáveis permite interpretar, pelo menos parcialmente, a soma de eventos. Essa é uma das peculiaridades que induzem os planejadores a escolherem a bacia hidrográfica como uma unidade de gestão. Consequentemente é muito comum constatar que o banco de dados do planejamento está estruturado em função dessas unidades. Somado a isso, não há dúvidas de que é essencial a proteção à água, por sua condição de elemento fundamental para a vida e para as atividades humanas.

De acordo com a Lei Estadual de São Paulo (7.663/91) e com a Lei Federal 9.433/97, a bacia hidrográfica deve ser assumida como unidade físico-territorial para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos.

De acordo com Dibieso (2013) e Rodriguez (2008), os estudos atrelados à bacia hidrográfica, apesar de serem realizados de acordo com as características hidroclimáticas, nos últimos anos, têm tido enfoque cada vez mais ambiental, relacionando os espaços físicos com os grupos sociais que ali vivem e/ou utilizam os seus recursos.

A bacia hidrográfica tem sido adotada internacionalmente como uma unidade física territorial básica para o planejamento e a gestão de recursos naturais principalmente hídricos. Sendo a água de um manancial o resultado da drenagem da sua bacia, sua qualidade, portanto, suas características físicas, químicas, biológicas e ecológicas, encontram-se sempre na dependência direta das ações (uso e ocupação) que se realizam no solo dessa bacia, bem como do grau de controle que se tem (ou não se tem) sobre essas fontes” (Espíndola, 2000, P.36).

A bacia hidrográfica também pode constituir uma unidade territorial. De acordo com Lamonica (2002), isso ocorre, no momento em que se configura numa apropriação de uma parcela do espaço para um determinado fim. Como por exemplo, para a aplicação de uma determinada política de gestão territorial e/ou ambiental.

Dibieso (2013), complementa que o conceito de bacia hidrográfica aplicada ao planejamento e gestão dos recursos hídricos estende as barreiras políticas tradicionais (municípios, estados, Países) para uma unidade física de gerenciamento

e planejamento e desenvolvimento econômico e social (...). A capacidade de desenvolver um conjunto de indicadores é um aspecto importante do uso dessa unidade de planejamento. A bacia hidrográfica é também um processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, sendo um estímulo para a integração da comunidade e integração institucional.

Lamonica (2002) destaca algumas dificuldades da adoção dessa categoria

Ao mesmo passo em que a bacia hidrográfica pode constituir uma unidade territorial ambiental, pode-se encontrar uma situação na qual seus divisores topográficos não respeitam os limites político-administrativos, limites municipais, estaduais e até federais criados pelo próprio Estado. Nesse sentido há de se ponderar, que dependendo do tamanho da bacia em questão, pode se encontrar desde uma superposição, até uma gestão territorial-administrativa tão complexa que muitos consideram como um dos elementos que podem servir como um dificultador das negociações a serem desenvolvidas no âmbito desta unidade.(LAMONICA, P. 26, 2002).

Esse cenário é encontrado principalmente quando a bacia hidrográfica é utilizada para gestão de recursos hídricos, assim, muitas vezes, além da delimitação imposta pelos limites físicos é preciso atitudes colaborativas por parte dos envolvidos.

De acordo com Leal (2000), a nova gestão dos recursos hídricos está inserida num quadro recente de mudanças na cultura hídrica, com o reconhecimento da água como um bem precioso, de valor inestimável, essencial a todas as formas de vida e fundamental às atividades humanas e ao desenvolvimento socioeconômico, mudando assim gradualmente a ideia deste recurso natural ser inesgotável e renovável. Assim, ressalta-se a importância de programas voltados para o planejamento e gestão da água.

Segundo Santos (2004), a ideia de planejamento baseado em bacias hidrográficas teve maior destaque a partir dos anos de 1930 a 1940, mas, restringiu-se somente aos recursos hídricos. Até os anos 50, a questão ambiental era vista como um segmento à parte, ligada à sistematização do conhecimento da natureza e da política do protecionismo. Somente no início dos anos 80, a conservação e a preservação dos recursos naturais e o papel do homem integrado no meio, passaram a ter função importante na discussão da qualidade de vida da população.

Leal (2000) aponta que a possibilidade de organizar a população por bacias hidrográficas constitui um dos grandes desafios a serem enfrentados na gestão das águas. O autor destaca que é preciso construir na população a noção espacial da

bacia hidrográfica, com seus limites e interações naturais, alterações provocadas pela ação antrópica, sua não conformação aos territórios administrativos e a sua rede de drenagem. "Trata-se de um processo lento de mudança cultural, que envolve o trabalho educativo desde as séries escolares iniciais, com uma nova alfabetização espacial, de caráter ambiental" (LEAL, p. 35, 2000).

Um dos meios de garantir que os recursos naturais sejam utilizados de forma que promovam a sustentabilidade, é através do manejo adequado das bacias hidrográficas. Essa técnica prevê a utilização das terras a partir da capacidade de uso adequada, designando para cada área o melhor cultivo, atrelado às características físicas de cada área. Enquadram-se nessa técnica também práticas como plantio direto, terraceamento, adubação verde, plantações em sistemas agrosilvopastoril, dentre outras.

### **3.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), técnicas de Geoprocessamento e análises ambientais e de uso e cobertura da terra.**

Ocupações inadequadas, desmatamentos, erosões, escorregamentos e assoreamentos de corpos hídricos, são alguns dos problemas ambientais que ocorrem atualmente com velocidade acima daquela em que naturalmente ocorreriam. Estes são causados pela interferência antrópica no ambiente e intensificados devido ao aumento da população, intensificação da agricultura, adoção de práticas inadequadas de manejo do solo, crescente concentração de pessoas nas cidades e industrialização. No intuito de localizar, monitorar e minimizar os problemas ambientais, os SIG's, aliados às técnicas de geoprocessamento, apresentam importante aplicação, uma vez que permitem o acúmulo e manipulação de grande volume de dados e informações, bem como a representação cartográfica dessas variáveis, possibilitando tomadas de decisão e auxiliando para que as mais diversas Leis ambientais sejam cumpridas.

#### **3.2.1 Análises ambientais a partir do uso e cobertura da terra.**

Pesquisas dessa ordem se mostram cada vez mais necessárias, uma vez que há uma grande mudança nas categorias de uso da terra, em especial as áreas que deixam de ter cobertura vegetal natural e dão espaço para o avanço da agricultura e pecuária. Essas mudanças afetam diretamente o solo e influenciam negativamente a

qualidade das águas superficiais e subterrâneas podendo, inclusive, alterar o clima de determinadas regiões.

Estudos elaborados por Venturieri et al (2005), ressaltam a importância de se aprofundar pesquisas nas mudanças de uso e cobertura da terra, pois essas alterações podem impactar diretamente os recursos hídricos. Os referidos autores afirmam:

a expansão das pastagens cultivadas, dos grãos em sua larga escala e da agricultura familiar na Amazônia, suscitam novas preocupações com a relação a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na região. Os elementos químicos presentes nos insumos agrícolas são adicionados ao meio ambiente, criando a necessidade de realizar avaliações tanto da interferência das respectivas atividades agropecuárias nos fluxos biogeoquímicos, como da contaminação do bioma por agroquímicos (VENTURIERI et al 2005).

Para Santos et al (1981), citado por Prado (2004), os processos intensos de erosões, as inundações, os assoreamentos desenfreados dos corpos hídricos são consequências do mau uso da terra.

Já Demarchi (2012, p.10), ressalta a importância da realização desses estudos dizendo que

O conhecimento das formas atuais de uso e ocupação do solo, bem como seu uso histórico, tem sido um fator imprescindível aos estudos que se desenvolvem nas diferentes regiões, tornando-se de fundamental importância à medida que os efeitos do seu mau uso provocam a deterioração do meio ambiente, tendo como resultados os processos de erosão intensos, a desertificação, as inundações, os assoreamentos de cursos d'água, entre outros. (DEMARCHI, 2012, P. 10)

Sobre o uso do solo, a FAO/IIASA (1993) afirmam que:

“uso do solo diz respeito à finalidade para a qual a terra é usada pela população humana local e pode ser definido como as atividades humanas que estão diretamente relacionadas à terra, fazendo uso de seus recursos ou tendo impacto sobre eles”.

A utilização de geotecnologias como sensoriamento remoto e geoprocessamento revelam-se grandes aliados dos estudos atrelados às dinâmicas de uso e cobertura da terra, pois de acordo com o IBGE (2013),

Os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra guardam íntima relação entre si e costumam ser aplicados alternativamente. Geralmente as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial. Dados de sensoriamento remoto, como fotografias aéreas e imagens de satélite, podem ser correlacionados com a cobertura da terra e usados para mapear o tema. Entretanto,

como o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo, as atividades de uso da terra correlacionadas à cobertura, precisam ser interpretadas a partir de modelos, tonalidades, texturas, formas, arranjos espaciais das atividades e localização no terreno. (IBGE, 2013, p.)

Ainda nesse contexto, Demarchi (2012), ressalta que a utilização de produtos atrelados às geotecnologias, como a utilização de SIG's, sensoriamento remoto e geoprocessamento, são essenciais para a obtenção e atualização constante dos registros de uso da terra.

### **3.2.2 Geoprocessamento**

De acordo com Piroli (2010), Geoprocessamento pode ser definido como um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIG's), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra.

Moura (2005) afirma que Geoprocessamento é um termo surgido devido à necessidade do processamento de dados georreferenciados. De acordo com a autora, esta ferramenta permitiu o progresso na forma de representar a superfície terrestre, já que combina o processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas de informação geográfica. Para Xavier-da-Silva (2004) as transformações dos dados realizadas através do Geoprocessamento devem ser sempre feitas através de uma base de dados referenciada territorialmente, pois somente assim, a aplicação dos recursos disponíveis vai permitir o resultado esperado. Câmara (1993, p.15) define as principais características do geoprocessamento “como sua facilidade de armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional”.

Na mesma linha das definições trabalhadas pelos demais autores, Fitz (2008, p.24) considera o geoprocessamento como uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias, que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados”.

Xavier da Silva e Zaidan (2010, p.20) discorrem sobre a importância e as conquistas advindas do surgimento e desenvolvimento do geoprocessamento

...tornou possível, em uma escala inimaginável, analisar a Geotopologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão. Esta é a atividade precípua do Geoprocessamento, a qual permite distingui-lo de campos correlatos como o Sensoriamento Remoto, destinado, principalmente, a identificar e classificar entidades e eventos, registrados à distância por diversos detectores, e a Cartografia digital, voltada, primordialmente, para a correta representação da realidade ambiental, segundo referenciais que permitam a identificação confiável do posicionamento de eventos e entidades, juntamente com medições de suas extensões e direções espaciais.

Câmara (1993), afirma que o novo paradigma de sistemas de geoprocessamento envolve o gerenciamento de grandes bases de dados espaciais, com capacidade de lidar com os diversos tipos de dados ambientais, e complementa que:

Os usuários são especialistas em modelagem de sistemas naturais ou urbanos, e têm acesso concorrente a uma grande base de dados espaciais. Ao selecionar uma visão sobre o conjunto de dados, o sistema deve ser capaz de recuperar de forma eficiente estes dados e de antecipar as próximas requisições. O sistema deve dar suporte a falhas e resolver conflitos, no caso de atualização da base de dados. (CÂMARA, 1993, P.26).

Deste modo, de acordo com Veiga e Xavier-da-Silva (2004, p. 189)

O geoprocessamento muda a forma de coletar, utilizar, e disseminar a informação, possibilitando o acompanhamento – monitoria – do desenvolvimento ou da implantação dos planos de desenvolvimento, por meio diversos, desde imagens de satélite até mapas interativos que permitem medir a espacialização da extensão dos efeitos das políticas e ações de desenvolvimento do espaço em questão em tempo real.

Assim, temos que o geoprocessamento, além de colaborar na qualidade dos mapeamentos realizados, uma vez que trabalha com bases georreferenciadas, apresenta uma gama de possibilidades que permitem ao usuário trabalhar com bancos de dados e processamento de imagens permitindo assim tomadas de decisões mais embasadas, que venham melhorar a qualidade do trabalho desenvolvido.

### 3.2.3 Sistemas de Informações Geográficas

Os SIG's (sistemas de informações geográficas) ou GIS (*Geographic Information System*), são sistemas de informação espacial compostos por software e hardware, através dos quais se torna possível criar ou gerenciar bancos de dados que permitem as mais variadas análises.

Segundo Moreira (2003, p. 252) os SIG's apresentam duas características principais:

- Permitem inserir e integrar, numa única base de dados (banco de dados), informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagem de satélites, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de redes e de MNT (Modelo Numérico de Terreno).
- Oferecem mecanismos para combinar várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

Os SIG's são comumente empregados no processo de manejo e gestão de diversas áreas, como por exemplo, nas bacias hidrográficas, nas quais é possível realizar o cálculo de suas dimensões, área de abrangência, uso e cobertura, declividades, áreas de risco, classes de solo, dentre outros. Como esses sistemas apresentam capacidade de armazenar, manipular e visualizar dados e informações é possível um gerenciamento mais eficiente do local.

O uso de SIGs permite obter mapas com rapidez e precisão a partir da atualização dos bancos de dados, sendo uma ferramenta importante no estudo de potencialidades do ambiente, e, no caso da avaliação de áreas com susceptibilidade à erosão constitui etapa importante para a definição de práticas adequadas de manejo e conservação (FARIA, 2003, p.53).

Veiga e Xavier-da-Silva (2004) ressaltam que as técnicas de geoprocessamento empregadas para análises em um SIG permitem, por exemplo, a definição do potencial de determinada área para uma ou mais atividades e a combinação desse potencial com outras características dessas áreas para maior refinamento do estudo. A capacidade de um SIG de permitir modificação rápida, com adição ou remoção de barreiras, e de investigar as inter-relações complexas entre diversos planos de informação temáticos é, sem dúvida, atraente para geoplanojamento e gestão do território. Esta ferramenta, dinâmica e interativa, pode

ser sempre reajustada à medida que novos dados se tornam disponíveis e que haja necessidade de mudança de requisitos e prioridades.

### 3.2.4 Sensoriamento Remoto

O termo sensoriamento remoto foi definido e discutido por vários autores que trabalham com a temática.

Para Loch (1993, p.87), o sensoriamento remoto é “o conjunto de atividades, cujo objetivo reside na caracterização das propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante, refletido ou emitido pelos mesmos”.

Já Florenzano (2007, p.11) recorre ao real significado das palavras para explicar a funcionalidade do sensoriamento remoto, segundo a autora, “o termo *sensoriamento* refere-se à obtenção dos dados, e *remoto*, significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre”.

Jensen (2009, p.4) ao definir sensoriamento remoto afirma haver uma diferenciação muito ampla entre as principais definições, mais usadas: “alguns têm proposto uma definição máxima globalizante: Sensoriamento remoto é a aquisição de dados sobre um objeto sem tocá-lo” o autor afirma que “tal definição é curta, simples, geral e memorizável. Já a definição mais esmiuçada engloba uma gama de informações atrelada mais à parte física do sensoriamento, afirma o autor:

Sensoriamento remoto é o registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens. (JENSEN, 2009, p. 4)

De acordo com Novo (2010), o sensoriamento remoto consiste

...na utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações. (NOVO, p. 1, 2010)

Para que a obtenção de dados seja realizada, o sensoriamento remoto utiliza de sensores que convertem a energia proveniente dos objetos em um registro

em forma de imagem. Esses sensores possuem diferentes tipos de resolução que influenciam diretamente no uso ao qual esse sensor será destinado. Florenzano (2007, p. 17), define resolução como a "capacidade de um sensor distinguir objetos da superfície terrestre" Destacam-se nessas definições as resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal.

**Resolução espacial:** de acordo com Novo (2010), essa representa a menor feição passível de detecção pelo instrumento em questão (sensor), o autor exemplifica que "quando dizemos que um sistema possui uma resolução de 30 metros, isto significa que objetos distanciados entre si menos de 30 metros não serão, em geral, discriminados pelo sistema".

**Resolução espectral:** segundo Jensen (2009) "é o número e a dimensão (tamanho) de intervalos de comprimentos de onda específicos (chamados de bandas ou canais) no espectro eletromagnético aos quais um instrumento de sensoriamento remoto é sensível", ou seja está relacionada à quantidade de bandas que um satélite possui. Novo (2010) caracteriza como a medida da largura das faixas espectrais e da sensibilidade do sistema sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade do sinal de retorno.

**Resolução temporal:** Santos (2004) afirma que esta resolução está relacionada à periodicidade com que um satélite passa em um mesmo ponto sobre a superfície terrestre.

**Resolução radiométrica:** Novo (2010) define como a habilidade de um sensor distinguir variações no nível de energia refletida, emitida ou retroespalhada que deixa a superfície do alvo. Esta energia apresenta diferenças de intensidade contínuas, as quais precisam ser detectadas, registradas e reproduzidas pelo sensor. Quanto maior for a capacidade do sensor em distinguir diferenças de intensidade do sinal, maior será sua resolução radiométrica.

Assim como imagens de satélite, as fotografias aéreas também fazem parte do sensoriamento remoto. Para Schäfer (2004), as fotografias aéreas podem ser consideradas como produtos do sensoriamento remoto mais conhecido para trabalhos de mapeamento. Estas fotografias são geradas basicamente a partir de câmeras fotogramétricas acopladas em aeronaves. Loch (1989) complementa que, elementos como: limites de propriedades rurais, diferença de culturas, diferença de direção nas filas de uma cultura, em um terreno mecanizado, terrenos recuperados

ou não, diferenças de drenagem nas propriedades, dentre outros, são alguns dos elementos possíveis de identificar através da utilização de fotografias aéreas

De acordo com Ray (1963), a fotografia aérea consiste em um registro instantâneo dos detalhes do terreno que se determina principalmente pela distância focal da lente câmera, pela altura de voo do avião no momento da exposição e pelo filme e filtros usados.

No Brasil, a utilização de fotografias aéreas para classificação e mapeamento do uso e cobertura da terra apresentou um grande avanço na década de 1960, uma vez que anteriormente essa prática só era possível através de levantamentos de campo.

De acordo com Anderson e Ribeiro (1982) o *Manual of Photographic Interpretation* da Sociedade Americana de Fotogrametria, denomina o ato de examinar diferentes imagens fotográficas, com o fim de identificar objetos e determinar seus significados de fotointerpretação. A utilização do sensoriamento remoto, aliada as técnicas de geoprocessamento vem colaborando para que a legislação ambiental seja, de fato, cumprida.

### **3.3 Legislação ambiental brasileira, Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Proteção Ambiental (APA).**

A legislação ambiental brasileira consiste em uma série de normas que garantem à sociedade, direitos e deveres, que devem ser cumpridos a fim de que haja qualidade ambiental.

A primeira Lei dedicada à proteção florestal, foi estabelecida em 1934 através do Decreto 23.793 de 23 de janeiro de 1934, configurando o primeiro Código Florestal do Brasil. A principal função da referida Lei, descrita no artigo 23, era normatizar o uso das florestas, um dos avanços da legislação foi a imposição da reserva obrigatória de 25% de vegetação nativa nas propriedades rurais.

Pirolí (2013), afirma que a maior preocupação dessa época era de manter uma reserva de madeira, considerada estratégica nas propriedades e conseqüentemente no País. Para Zakia e Derani (2006), neste decreto foi estabelecida uma classificação das florestas de acordo com a sua utilidade, e esta classificação, de acordo com os autores, não era ecológica e sim socioeconômica.

Em 1965 essa Lei foi revogada pela Lei 4.771/65, que instituiu o Código Florestal brasileiro, apresentando um progresso ao estabelecer as Áreas de Preservação Permanente e a Reserva Legal.

Na Lei 4.771/65, essas áreas são definidas no Artigo 1º no §2º nos incisos II e III

II Área de Preservação Permanente: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a Paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

II - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

Na Lei 4.771/65, as Áreas de Preservação Permanente deveriam estar localizadas

- a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
  - 1- de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
  - 2 - igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distancia entre as margens;
  - 3 - de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.

A implantação do Código Florestal em 1965 coincidiu com o início do regime militar. Durante esse período houve incentivos por parte do governo, para que fossem ocupadas áreas de florestas como as da região amazônica e posteriormente as áreas de Cerrado. Além do incentivo ao desflorestamento, não havia uma fiscalização efetiva para que a largura das áreas preservadas ao longo dos corpos hídricos fosse assegurada. Assim, o Código Florestal, até então, não passava de um conjunto de Leis que não saíam do papel.

No ano de 1986, a Lei 4.771/65 teve sua redação alterada pela Lei 7.511/86, que modificou a largura das Áreas de Preservação Permanente, passando estas a ser:

- 1 - de 30 (trinta) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- 3 - e 100 (cem) metros para os cursos d'água que meçam entre 50 (cinquenta ) e 100 metros de largura

4 - de 150 (cento e cinquenta) metros para os cursos d'água que possuam entre 100 (cem) e 200 (duzentos) metros de largura; igual à distância entre as margens para os cursos d'água com largura superior a 200 (duzentos) metros.

O grande avanço dessa nova Lei foi o aumento das áreas de preservação permanente. Porém, em 1989, essa Lei foi revogada pela Lei 7.803, de 18 de Julho de 1989, que estipulou novos limites para as Áreas de Preservação Permanente, e redefiniu o que deveria ser considerado como tal:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
- 1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
  - 2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
  - 3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
  - 4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
  - 5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

Desde 1965 o Código Florestal passou por inúmeras mudanças, através de medidas provisórias, decretos e revogações, porém ainda não havia uma fiscalização efetiva para verificar o total cumprimento dessas Leis. Na década de 1990, despontou um maior interesse pelas questões ambientais no Brasil e no mundo o que fez com que o mesmo passasse a ser mais utilizado e conseqüentemente, mais questionado. Déstro (2006), afirma que um dos principais avanços na área ambiental foi a Rio-92, ou Eco-92, evento das Nações Unidas que contou com a participação de 178 Países, e que foi considerado um marco na questão ambiental mundial. Dentre as declarações surgidas nessa conferencia, podemos destacar a convenção sobre a biodiversidade, que tinha como objetivo formular diretrizes para a proteção da biodiversidade em nível mundial e a declaração sobre as florestas, a qual previa o manejo e uso sustentável das florestas.

No período de 1965 a 2012, o Código Florestal sofreu 83 modificações conforme necessidade, para corrigir algumas falhas ou criando mais restrições, sendo que 67 delas foram através de Medidas Provisórias (GARCIA, 2014).

Depois de tantas mudanças, em 2012, foi aprovado o "novo" Código Florestal,

pela Lei 12.651/12 (BRASIL, 2012), complementado pela Lei 12.727/12 (BRASIL, 2012) que

...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, tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável, atendendo aos princípios:

I - afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras;

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;

III - ação governamental de proteção e uso sustentável de florestas, consagrando o compromisso do País com a compatibilização e harmonização entre o uso produtivo da terra e a preservação da água, do solo e da vegetação;

IV - responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais;

V - fomento a pesquisa científica e tecnológica na busca da inovação para o uso sustentável do solo e da água, a recuperação e a preservação das florestas e demais formas de vegetação nativa;

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.

O Artigo 3º, da Lei 12.651/12 traz a definição de Área de Preservação Permanente (APP),

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

O mesmo artigo define também: nascente, olho d'água e Leito regular

XVII - nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água;

XVIII - olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente;

XIX - Leito regular: a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano.

O artigo 4º da Lei 12.651/12, complementada pela Lei 12.727/12, informa as dimensões a serem consideradas nas Áreas de Preservação Permanente em zonas rurais ou urbanas.

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do Leito Regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

...

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Um dos grandes embates para a aprovação do novo Código Florestal, ocorreu devido à redação da Lei 12. 727/2012, no que diz respeito à recomposição das áreas de preservação permanente. Após a aprovação, o capítulo 61 da referida Lei, diz que a recomposição deve ser realizada da seguinte forma:

§ 1º Para os imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 5 (cinco) metros, contados da borda da calha do Leito regular, independentemente da largura do curso d'água

§ 2º Para os imóveis rurais com área superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 8 (oito) metros, contados da borda da calha do Leito regular, independentemente da largura do curso d'água.

§ 3º Para os imóveis rurais com área superior a 2 (dois) módulos fiscais e de até 4 (quatro) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 15 (quinze) metros, contados da borda da calha do Leito regular, independentemente da largura do curso d'água.

§ 4º Para os imóveis rurais com área superior a 4 (quatro) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais.

Nos municípios de Avaré e Itatinga, área deste estudo, um módulo fiscal corresponde a 30 hectares.

A fim de integrar as informações sobre as áreas de preservação permanente, reserva legal e dos remanescentes florestais, o governo federal, criou através da Lei

12.651/2012, o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que consiste em um registro eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais, que possui a base de dados estratégica para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil, bem como para planejamento ambiental e econômico dos imóveis rurais.

A implantação desta Lei gerou muita divergência entre o setor rural, ambiental e acadêmico. Alguns pontos sobre as áreas de preservação permanente foram mais polêmicos, entre eles a permissão de atividades produtivas em áreas preservadas, a recomposição das APP e a mudança na delimitação a partir do Leito regular e não do Leito maior sazonal. Ao longo do trabalho serão discutidas como essas mudanças podem afetar diretamente os cursos hídricos trazendo prejuízos para a sociedade.

Parte da área estudada neste trabalho encontra-se, de acordo com o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), dentro de uma APA. O SNUC foi criado em 18 de julho de 2000, através da Lei Federal, nº9.985, e é, de acordo com o ministério do Meio Ambiente, um conjunto de Unidades de Conservação (federais, estaduais e municipais), que tem como objetivo, garantir a proteção do meio ambiente. O SNUC é dividido em duas categorias: As Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso sustentável. Nas Unidades de Proteção Integral enquadram-se as seguintes sub categorias: Reservas Biológicas, Estação Ecológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refugio da Vida Silvestre, nesses ambientes as atividades são restritas, destinadas principalmente à realização de pesquisas e proteção ambiental.

Já na Unidades de Uso Sustentável, temos as seguintes sub-categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural, esses locais permitem tanto a realização de pesquisas quanto a exploração de alguns recursos, desde que de modo sustentável.

No desenvolver do presente estudo buscou-se trabalhar com a sub categoria de Área de Proteção Ambiental (APA), uma vez que parte da área analisada pertence à APA – Botucatu, Corumbataí, Tejupá, perímetro Botucatu.

Uma APA pode ser definida como:

uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais". (SNUC 2002, Artigo 15).

A Área de Proteção Ambiental, perímetro Botucatu foi criada pelo Decreto Estadual Nº 20.960 em 08 de junho de 1983. Essa unidade tem como objetivos: proteger as Cuestas Basálticas; Morros testemunhos das feições geomorfológicas locais; exemplares significativos da flora e fauna regional; o Aquífero Guarani e o Patrimônio arqueológico e cultural da região.

## **4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1 Materiais**

#### **4.1.1 Caracterização da área de estudo**

A área deste estudo foi a bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, localizada nos municípios de Itatinga e Avaré, no estado de São Paulo. O município de Itatinga, localizado nas coordenadas 23°06'09" de Latitude Sul e 48°36'55" de Longitude Oeste, com área de 980 Km<sup>2</sup>, conta com uma população de 18.052 habitantes (IBGE 2010). O município de Avaré, localizado nas coordenadas 23° 06'16" de Latitude Sul e 48° 56' 23" de Longitude Oeste, com uma área de 1.213 Km<sup>2</sup>, conta com uma população de 82.934 habitantes (IBGE, 2010). Ambos os municípios fazem parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 17), cujos tributários mais importantes são os da sub-bacia do Rio Pardo que, por sua vez, é afluente do rio Paranapanema. A Figura 1 representa a localização da bacia do Ribeirão Bonito, no estado de São Paulo, inserida na bacia do Rio Novo, que por sua vez faz parte do Rio Pardo.

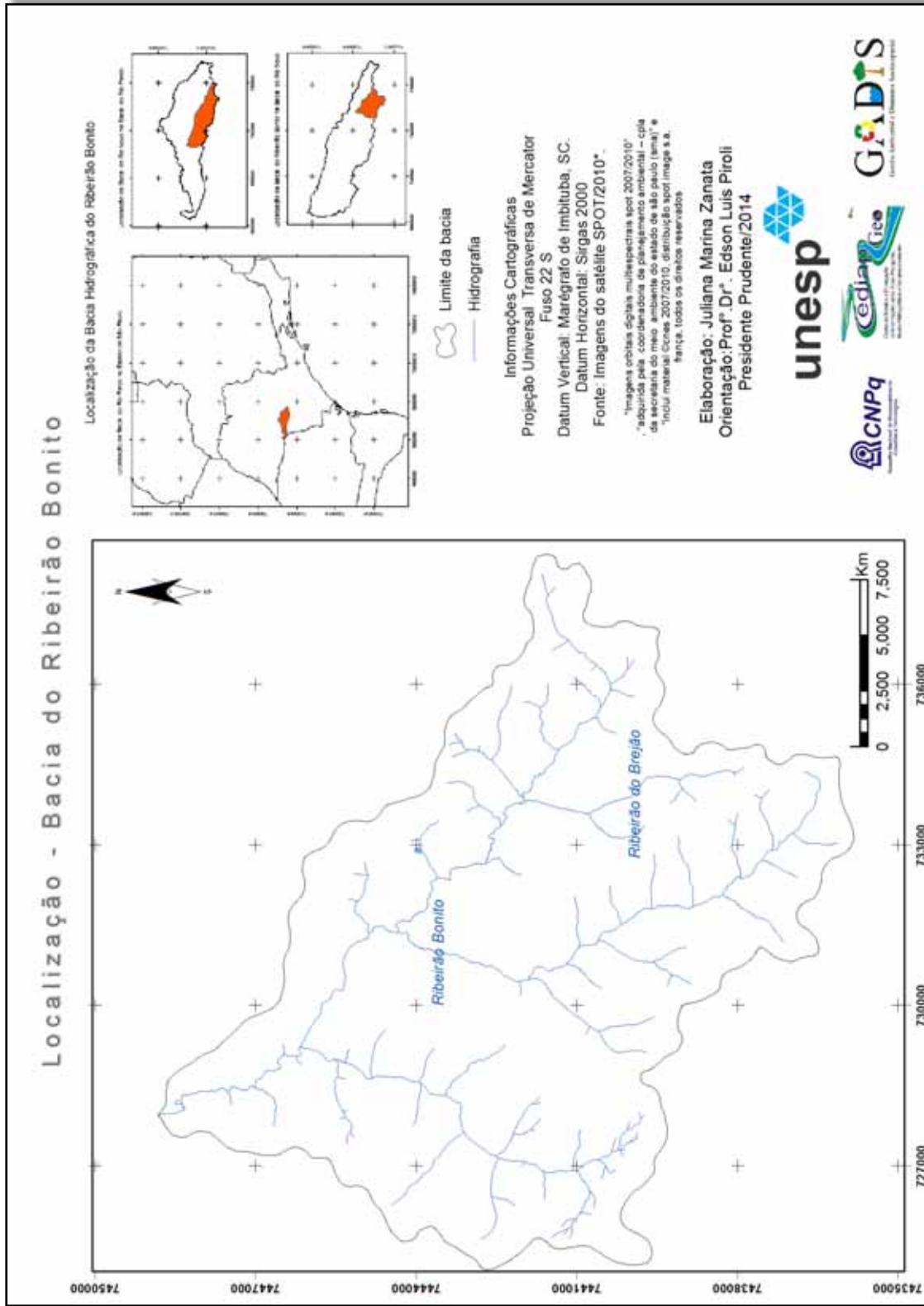


Figura 1: Localização da bacia do Ribeirão Bonito na bacia do rio Novo, na bacia do rio Pardo e no Estado de São Paulo.

#### **4.1.1.1 Características físicas e biológicas da bacia do Ribeirão Bonito.**

##### *4.1.1.1.1 Características climáticas.*

De acordo com a classificação climática de Strahler citada no SIGRH (2000), a Bacia do rio Paranapanema está enquadrada no grupo dos climas controlados pelas massas de ar Tropical e Polar em permanente alteração e no sub-grupo do Clima Subtropical Úmido das costas ocidentais e subtropicais dominadas largamente pela Massa Tropical Marítima (Tm). Segundo a classificação climática de Koppen, citado no SIGRH (2000) o clima da região de estudo é do tipo Cfa ou seja, temperado brando, chuvoso com verão quente.

##### *4.1.1.1.2 Características geomorfológicas.*

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS; MOROZ, 1997) a área de estudo está localizada na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, no Planalto Centro Ocidental. Nesta unidade predominam as formas de relevo denudacionais, marcadamente formadas por colinas amplas e baixas com topos convexos, aplanados ou tabulares. Os entalhamentos médios dos vales apresentam-se inferiores a 20 metros, as dimensões interfluviais médias estão entre 1.750 e 3.750 metros, as altitudes variam entre 400 e 700 metros e as declividades médias das vertentes entre 2% e 10%. Os rios apresentam padrão paralelo com traçados ligeiramente inclinados em direção ao rio Paraná. A densidade de drenagem é baixa e os vales são pouco entalhados, apresentando baixa dissecação. Em geral, apresenta-se com baixo nível de fragilidade potencial, no entanto, as vertentes mais inclinadas são extremamente susceptíveis aos processos erosivos (ROSS; MOROZ, 1997).

#### 4.1.1.1.3 Características pedológicas

Segundo o mapa Pedológico do Estado de São Paulo (Figura 2) na escala de 1:500.000, nos municípios de Itatinga e Avaré, onde se localiza a bacia do Ribeirão Bonito, predominam os Latossolos Vermelhos (Lv) e os Latossolos Vermelho - Amarelo (OLIVEIRA, et al, 1999).

Os Latossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B Latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura (OLIVEIRA, et al, 1999). Os perfis destes solos são espessos, com mais de 3 metros de profundidade e de coloração avermelhada. A textura varia de argilosa a média. São, em geral, solos com boas propriedades físicas, de excepcional porosidade total, sendo comuns valores de 50-60% e, conseqüentemente, de boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa (LEPSCH, 2007).

Nesse caso, a escala do mapa (1:500.000), não representa todos os tipos de solo da área da bacia. O mapa de solos é importante na realização de diversos estudos, porém a escala que ele é apresentado em nível estadual não é compatível com a realidade, assim optou-se por usar esse mapa, apenas como forma ilustrativa. Durante os trabalhos de campo pode-se notar por análise visual da Paisagem da bacia, que há uma diversidade maior de solos, como prováveis GLeissolos, predominando em áreas de nascentes ou próximos às margens dos rios; Argissolos, que aparecem principalmente nas áreas de maior degradação, uma vez que esse tipo de solo mostra-se altamente susceptível a processos erosivos e posterior assoreamento. Na foz do Ribeirão Bonito, há um provável Nitossolo, uma vez que nessa área o solo mostra-se com uma grande quantidade de argila, que pode ser notada manualmente com pequenas amostras colhidas e analisadas "in loco". Essas informações não puderam ser comprovadas precisamente devido à falta de tempo para realização de um mapa de solos mais detalhado e em escala compatível.

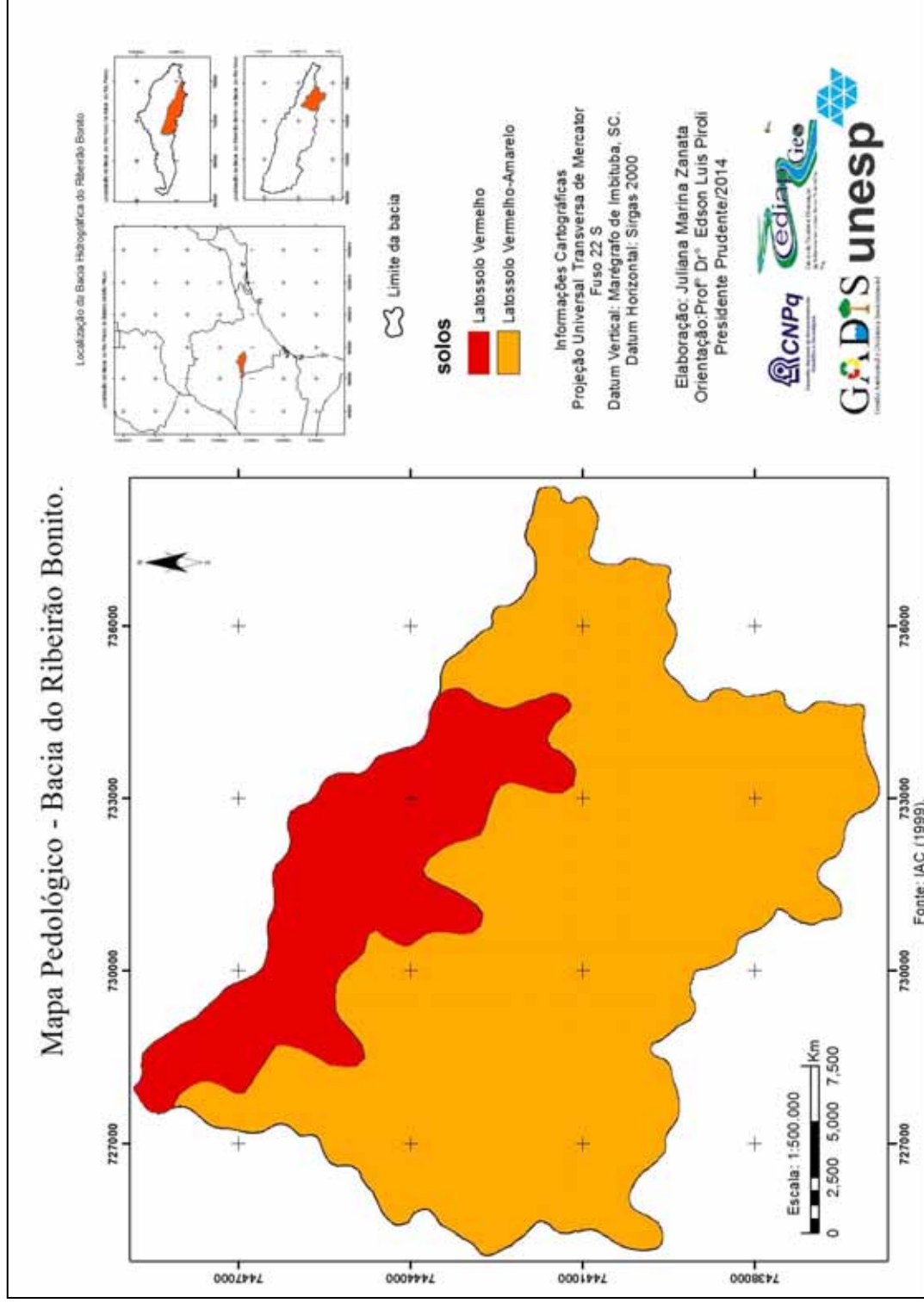


Figura 2: Mapa pedológico da Bacia do Ribeirão Bonito

#### 4.1.1.1.4 *Características geológicas.*

Quanto à geologia, a bacia do Ribeirão Bonito encontra-se sob os Domínios do Grupo Bauru e do Grupo São Bento, Formação Serra Geral, mais especificamente na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná.

O Grupo Bauru, datado do Mesozóico, se restringe à Formação Marília. Esta formação ocorre, principalmente, no município de Itatinga. É constituído de arenitos imaturos, conglomeráticos e espesso conglomerado na base, formado por seixos de basalto, siltitos e argilitos, de coloração esbranquiçada a avermelhada. Os solos de alteração apresentam estruturas reliquiares dos sedimentos de origem e são poucos resistentes a erosão. Já os solos superficiais são extremamente arenosos e atingem grandes espessuras (CETESB, 1985).

O Grupo São Bento, datado do Mesozóico, na área de estudo é constituído pela Formação Serra Geral e caracteriza-se por apresentar rochas vulcânicas em derrames basálticos de coloração cinza a negra (JKsg), textura afanítica, com intercalações de arenitos intertrapeanos finos a médios (IPT, 1981). O solo de alteração é geralmente de caráter argiloso, podendo apresentar macroestrutura. Já o solo superficial é de natureza argilosa, com frações variadas de areia e de coloração vermelha escura característica (CETESB, 1985).

#### 4.1.1.1.5 *Características hidrográficas*

A bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito é afluente do Rio Novo na sua margem esquerda. O Rio Novo é uma sub-bacia do Rio Pardo, que de acordo com Piroli (2013, p. 26)

é afluente da margem direita do Rio Paranapanema, que deságua na margem esquerda do Rio Paraná, ao Sul da área urbana de Rosana, no estado de São Paulo. O Rio Pardo tem como principais afluentes o Rio Claro pelo lado Norte, na sua margem direita, e o Rio Novo pelo lado Sul, na margem esquerda. A foz destes dois rios está localizada nos municípios de Iaras e Águas de Santa Barbara, respectivamente.

#### *4.1.1.1.6 Características da vegetação nativa*

A vegetação nativa pode ser um indicativo das condições ambientais de determinadas áreas. Através da presença ou ausência deste tipo de cobertura é possível aferir possíveis problemas e propor medidas de manejo adequadas a fim de evitá-los.

De acordo com o IBGE (2013), a vegetação nativa presente nos municípios de Avaré é formada pelo bioma do Cerrado e Itatinga é formada pelo Cerrado e por Mata Atlântica. Na área da bacia do Ribeirão Bonito, a partir dos trabalhos de campo, foi possível identificar as duas formações.

#### *4.1.1.1.7 Características do uso da terra.*

De acordo com o Manual de Uso da Terra do IBGE (2013), o tema relacionado ao uso da terra ganha destaque uma vez que o conhecimento referente a ele contribui para garantir a sustentabilidade diante das questões ambientais, destacando a caracterização dos processos de utilização da terra; referências aos fatores que levam a mudanças e a expectativa da justiça ambiental devido aos diferentes interesses, direitos civis e conflitos distributivos sobre os recursos naturais. Piroli (2013), em um estudo sobre a bacia do Rio Pardo afirma que este tema é uma ponte essencial para a análise de fontes de poluição e um elo importante para a ligação entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico.

O referido autor constatou em seus estudos que em toda área da bacia ocorrem, rápidas transformações no uso da terra, substituindo-se as pastagens pela cana de açúcar ou por plantações de eucaliptos e laranjas, de acordo com o retorno econômico proporcionado por cada cultura. Em algumas regiões, sobretudo no município de Avaré, estão implantados diversos sistemas de irrigação por pivôs centrais. Essa realidade retrata bem a dinâmica presente na Bacia do Ribeirão Bonito.

#### **4.1.2 Caracterização histórica dos municípios de Avaré e Itatinga**

De acordo com o Relatório Zero do Médio Paranapanema (2000), a ocupação dos municípios em questão foi intimamente ligada ao processo de colonização do Estado de São Paulo. A chegada de colonizadores na região se deu através de caminhos naturais, como as redes de drenagem navegáveis e pelos Cerrados, que por apresentar vegetação mais esparsa facilitava a passagem de tropas, porém a fixação de povoados iniciou somente no fim do século XIX, com a implantação de lavouras de café.

##### *4.1.2.1 Avaré*

De acordo com IBGE (2010), o povoado nasceu com a capela em louvor a Nossa Senhora das Dores, sendo logo conhecida como "Capela do Major", em virtude de o Major Vitoriano de Souza Rocha, que residia próximo ao templo, encarregar-se de convidar os moradores da redondeza, para as missas aos domingos. O clima festivo atraiu os povoadores e, em 1865, o recenseamento policial, realizado pelo Delegado de Polícia de Botucatu, acusou 18 casebres e 83 habitantes.

Em 1891, o Presidente da Câmara Municipal de Rio Novo levou ao chefe do Governo do Estado uma petição da municipalidade, requerendo a mudança de nome para Avaré, o mesmo que os indígenas davam ao rio em cujo vale se achava a localidade. Avaré na língua indígena significa "missionário". Avaré passa a ser um município em 01/01/1939.

O município conta com uma população de 82.934 habitantes (IBGE, 2010), em uma área de 1.213,055 Km<sup>2</sup>, distante 258 Km da capital do estado. Está localizado no bioma do Cerrado, com manchas de Mata Atlântica.

A economia é baseada na agricultura, em especial no cultivo de laranjas, eucaliptos e mais recentemente na cana-de-açúcar.

##### *4.1.2.2 Itatinga.*

De acordo com o IBGE (2010), o povoado de São João Batista de Itatinga nasceu em 1884, quando José Pinto de Oliveira, Antônio Francisco da Silva, Cel.

Eduardo Lopes de Oliveira, o Major João Pinto de Novais Belo e outros habitantes da região, pertencente ao Município de Avaré, construíram uma capela mediante subscrição popular. As terras onde o patrimônio se localizou foram doadas de parte da fazenda São João, ao padroeiro do mesmo nome. Em 1891, foi criado o Distrito da Paz, passando a Município já em 1896, instalando-se sua primeira Câmara em maio de 1898.

A alteração do nome do Município ocorreu em 30 de novembro de 1938, pelo Decreto n.º 9775, passando São João de Itatinga a denominar-se simplesmente Itatinga (do tupi "itá-tinga", pedra branca), pela localização nas proximidades, de uma enorme pedra branca.

O município conta com uma população de 18.052 habitantes (IBGE, 2010), em uma área de 979,817 Km<sup>2</sup>, distante 228 Km da capital do estado. Está localizado em área de transição entre o bioma do Cerrado e da Mata Atlântica.

A economia é baseada na agricultura, em especial, no cultivo de eucaliptos e mais recentemente da cana-de-açúcar.

## **4.2 Materiais utilizados**

Para a elaboração do presente trabalho foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- Computador Dell com processador Core i5 e 6 Giga bytes de memória Ram.
- Os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) ArcGIS 10.1 e Idrisi versão Taiga
- Adobe Photoshop Elements 5 para execução do mosaico e tratamento de imagens e mapas;
- Editor de texto e planilhas eletrônicas;
- Cartas topográficas na escala de 1:50.000, Folhas SF-22-Z-D-I-1 de Avaré e SF-22-Z-D-II-2 de Itatinga, sobre as quais foram vetorizadas as curvas de nível o limite da bacia, além de servir de apoio para vetorização das nascentes e da rede hidrográfica;
- Fotografias aéreas datadas de 1962 e disponibilizadas pelo Laboratório de Aerofotografias e Sensoriamento Remoto da USP (LASERE);

- Imagens orbitais digitais multiespectrais SPOT datadas de 2010 e disponibilizadas pela coordenadoria de planejamento ambiental – CPLA da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo (SMA) (sensor HRG).
- GPS de navegação *Garmim* para a coleta de pontos de controle e orientação no campo;
- Impressora e Plotter;
- Aplicativo Google Earth para apoio na visualização e logística de campo;

Toda base cartográfica foi georreferenciada no sistema de coordenadas UTM, no Datum Sirgas 2000.

### **4.3 Procedimentos Metodológicos.**

Para desenvolver o presente trabalho e cumprir com os objetivos propostos, foram adotados alguns procedimentos metodológicos que consistiram em:

- a) Trabalhos de campo;
- b) Georreferenciamento; delimitação e alimentação do banco de dados da área de estudo;
- c) Vetorização das classes de uso e cobertura da terra dos dois períodos em análise;
- d) Mapeamento do uso da terra na área de estudo nos anos de 1962 e 2010;
- e) Análise morfométrica da bacia;
- f) Elaboração dos mapas hipsométrico e de declividade;
- g) Processamento dos dados no módulo LCM (*Land Change Modeler*) do Idrisi Taiga;
- h) Análise dos dados processados no LCM (*Land Change Modeler*) do Idrisi Taiga;
- i) Elaboração final dos mapas;

#### **4.3.1 Trabalhos de campo**

A realização dos trabalhos de campo contribuiu para a compreensão da dinâmica ambiental e social da área, estes também se mostraram relevantes na

atualização dos cenários observados nas imagens de satélite, uma vez que estas datam de 2010, bem como na composição do banco de dados.

Foram realizados quatro trabalhos de campo. Nestes foi possível perceber como a dinâmica da natureza e antrópica são intensas e contribuem para as mudanças na Paisagem. As figuras 3 e 4 ilustram alguns pontos que foram visitados *in loco* e revelam o referido fato.

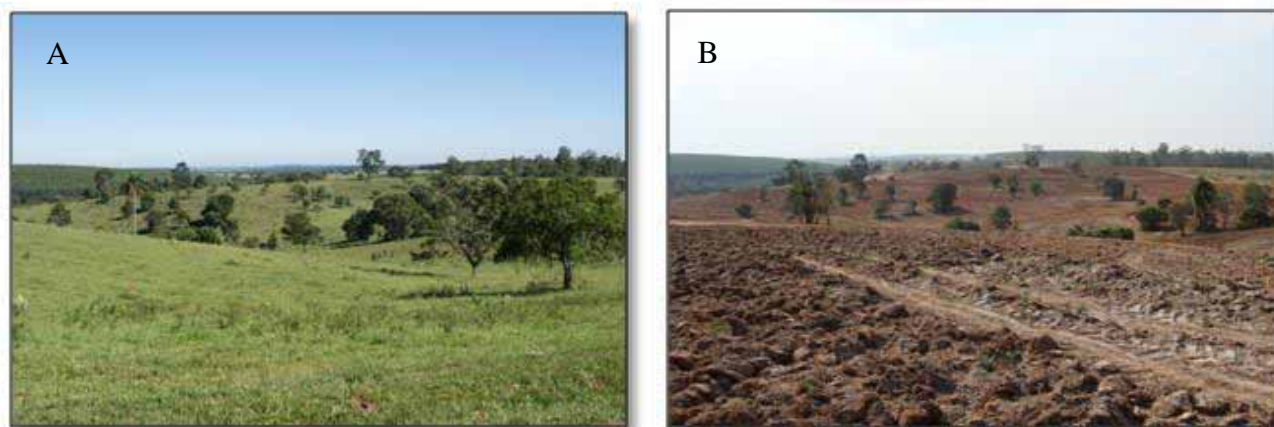


Figura 3: **A** - Trabalho de campo em Jan/2012, predomínio de pastagem. **B** - Campo em set/2012, solo preparado para o plantio de cana.

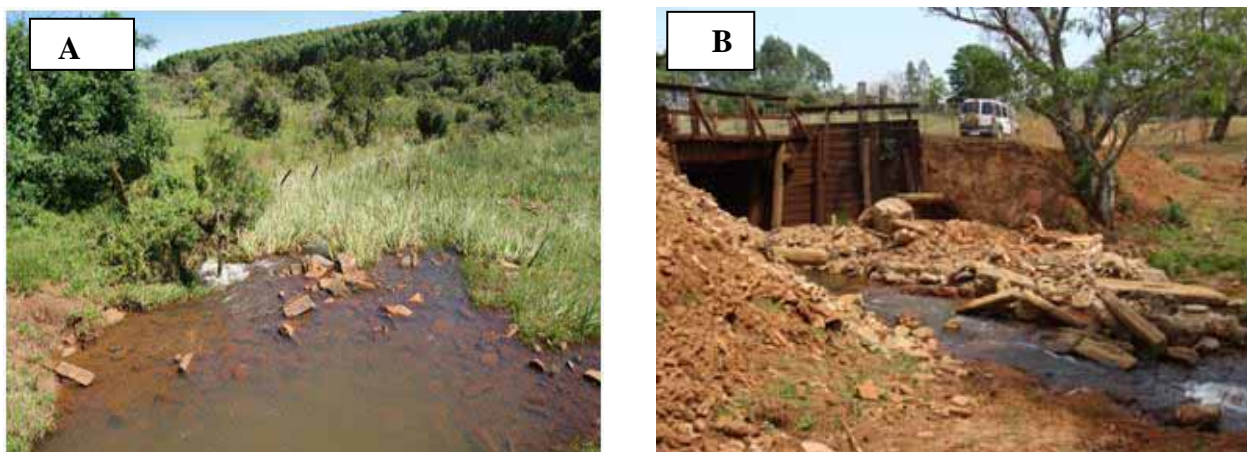


Figura 4: Ribeirão do Macuco em jan/2012 (A), e set/2012 (B).

Na Figura 3 se observa que a área que se encontrava ocupada com pastagem em janeiro de 2012, passou a ser ocupada com cana de açúcar a partir da primavera de 2012. A Figura 4 mostra que o Ribeirão do Macuco se encontrava assoreado e ocupado por capins imediatamente a jusante da ponte em janeiro de

2012 e, após reforma na ponte, em setembro de 2012, o mesmo passou a ser ocupado por entulhos da obra. Assim com a prática de campo foi possível entender os processos e transformações do uso e cobertura da terra, bem como identificar a degradação dos recursos naturais água, solo e vegetação (nos locais onde esta existia).

#### **4.3.2 Georreferenciamento; delimitação e alimentação do banco de dados.**

De acordo com Piroli (2010 p.21), o processo de georreferenciamento é um procedimento realizado para localizar uma imagem na sua posição real no terreno. Assim é possível associar uma imagem a um sistema de coordenadas universalmente reconhecido.

A composição do banco de dados iniciou-se com a montagem dos mosaicos e georreferenciamento das cartas topográficas.

As folhas SF-22-Z-D-I-1 de Avaré e SF-22-Z-D-II-2 de Itatinga foram utilizadas na elaboração do mosaico que abrange a área de estudo. A partir desse material também foi possível delimitar a bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito.

O georreferenciamento das imagens do satélite Spot de 2010, contou com os pontos de controle adquiridos a partir do mosaico das cartas topográficas já georreferenciado e alguns pontos adquiridos em campo. Para que esse processo fosse realizado com exatidão, foi necessária a adoção de uma quantidade mínima de pontos de controle, esses foram adotados de acordo com a função de mapeamento utilizada, que pode ser linear (usada no presente trabalho), quadrática ou cúbica.

Com as 16 fotografias aéreas da área de estudo, do ano de 1962, foi montado um mosaico no Adobe Photoshop (Figura 5) e posteriormente, este foi exportado para o SIG Idrisi Taiga para ser georreferenciado.

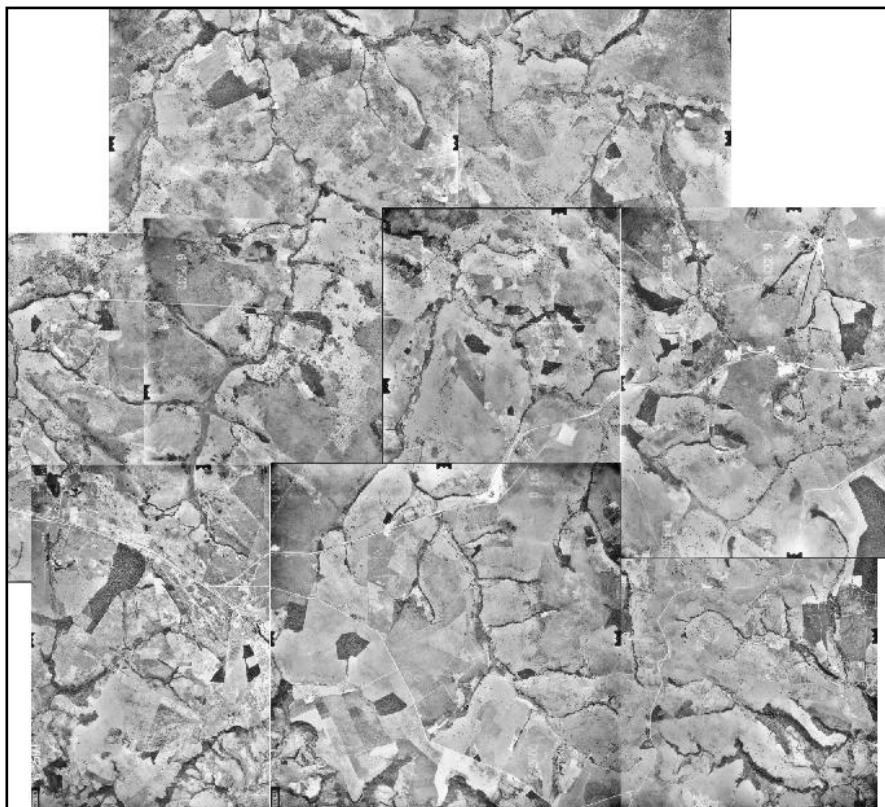


Figura 5: Mosaico composto por fotografias aéreas de 1962.

O georreferenciamento do mosaico das fotografias aéreas seguiu os mesmos procedimentos da etapa realizada com a imagem de satélite.

#### **4.3.3 Vetorização da rede de drenagem e delimitação das áreas de preservação permanente.**

A rede de drenagem foi vetorizada manualmente com base nas fotografias aéreas (drenagem de 1962) e na imagem de satélite SPOT (hidrografia de 2010).

Figura 6

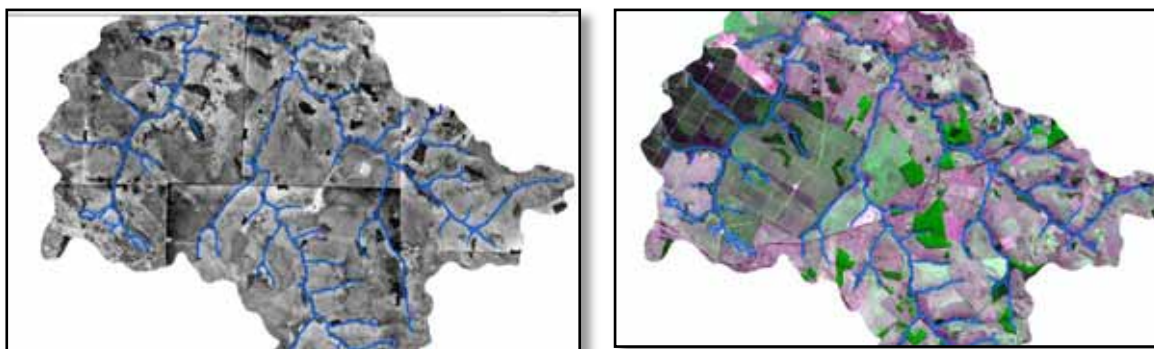
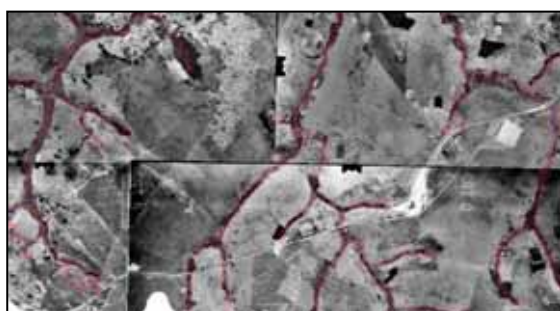


Figura 6: Rede de drenagem de 1962 e 2010, respectivamente.

Para confirmar alguns pontos de localização da rede de drenagem foi necessário utilizara carta topográfica como apoio.

Depois de definida a rede de drenagem com rios, nascentes e represas foram aplicadas técnicas de geoprocessamento que trabalham com operadores de distancias (*buffers*) (Figura 7) para delimitar a área de preservação permanente (APP) de cada item. Para isso foram utilizados os limites definidos pelas Leis 12.651/12 e 12.727/12.

A



B



Figura 7: Exemplo de buffer da drenagem de 1962 (A) e 2010 (B)

#### 4.3.4 Vetorização das classes de uso e cobertura da terra dos dois períodos em análise

Com as cartas topográficas, a imagem SPOT e o mosaico das fotografias aéreas georreferenciadas iniciou-se a vetorização das classes de uso e cobertura da terra da área de estudo.

Para esta classificação em ambos os períodos foi utilizado como base o Manual de Uso da Terra IBGE (2013). A classificação foi realizada visualmente tanto sobre as imagens de satélite quanto sobre as fotografias aéreas. A classificação a partir das imagens de satélite foi atualizada com a confirmação de padrões de resposta espectral em alguns pontos em campo.

As categorias utilizadas no processo de vetorização dos usos e cobertura da terra foram classificadas em :

- **Florestal** - de acordo com o IBGE (2013), nesta categoria foram inseridas as formações arbóreas, com porte superior a 5m, incluindo-se as áreas de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu ou palmeira), de Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e frio). (Figura 8).



Figura 8: Fragmentos Florestais encontrados na área da bacia.

- **Campestre** - de acordo com IBGE (2013) esta categoria abrange as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente

distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. "Encontram-se disseminadas por diferentes regiões fitogeográficas, compreendendo diferentes tipologias primárias: savanas, estepes planaltinas, campos rupestres das serras costeiras e campos hidroarenosos litorâneos (restinga), com diversos graus de antropização" (IBGE, s/p. 2013). Este ao fazer referência ao Manual Técnico da Vegetação Brasileira (2012) informa estarem incluídas nessa categoria as Savanas, Estepes, Savanas Estépicas, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos. Nesta categoria foram enquadradas também áreas úmidas que apresentavam vegetações arbustivas de pequeno porte. (Figura 9)



Figura 9: Vegetação campestre presente na área de estudo

- **Cultura Temporária** o IBGE (2013), enquadra nessa categoria o cultivo de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixam o terreno disponível para novo plantio. Nessa categoria estão inseridos os cultivos de grãos e cereais, de bulbos, raízes, tubérculos e hortaliças. (Figura 10)



Figura 10: Plantações temporárias

- **Cultura Permanente.** Segundo o IBGE (2013), esse cultivo compreende plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração. Essas plantas produzem por vários anos sucessivos sem a necessidade de novos plantios após a colheita. Na área de estudo enquadrou-se nessa categoria o plantio de laranjeiras. (Figura 11)



Figura 11: Plantações de Laranja

- **Silvicultura** - De acordo com o IBGE (2013), é a atividade ligada a ações de composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, assegurando proteção, estruturando e conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima para a indústria madeireira, de papel e celulose ou para o consumo familiar. Dentre as atividades silviculturais estão incluídos os reflorestamentos e os cultivos em sistema agroflorestal. No caso da área de estudo foi identificada a presença de reflorestamento (áreas com plantios ou formações de maciços com espécies florestais exóticas. A espécie predominante é o eucalipto). (Figura 12)



Figura 12: Silvicultura - Plantio de eucalipto

- **Pastagem:** De acordo com IBGE (2013) é a área destinada ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. Nestas áreas, o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros. A atividade que se desenvolve sobre essas pastagens é a pecuária em que se procura unir ciência e tecnologia visando à produção de animais domésticos com objetivos econômicos, tais como a criação e o tratamento de animais de grande porte, criação de animais de médio porte e animais de pequeno porte. (Figura 13 )



Figura 13: Pastagem destinada à criação de gado

- **Área Urbanizada** - Segundo o IBGE (2013), são áreas com uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, na qual predominam as superfícies artificiais não-agrícolas. Na área de estudo encontra-se uma vila com ruas pavimentadas e a presença de comércio local. (Figura 14)



Figura 14: Bairro Engenheiro Serra

– **Área degradada** – Nesta categoria foram inseridas áreas com intensos processos erosivos ou de assoreamento, indicando impacto ambiental grave. De acordo com o Decreto Federal, 93.632/89, são considerados como áreas degradadas os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais. Figura 15



Figura 15: Áreas degradadas presente na área de estudo.

#### 4.3.5 Modelagem de Mudanças no Uso e Cobertura da Terra - *Land Change Modeler (LCM)*

O aplicativo *Land Change Modeler (LCM) for Ecological Sustainability* foi desenvolvido pela Clark Labs com o apoio do *Andes Center for Biodiversity Conservation* da ONG *Conservation International*, para orientar estudos sobre alterações da ocupação do solo e para análises específicas de conservação da biodiversidade (Eastman, 2006). Este aplicativo mostra-se de grande importância para a realização de estudos ambientais, uma vez que, permite analisar as

alterações ocorridas numa paisagem, modelar o potencial de transição das classes de cobertura, bem como avaliar os planos de intervenção para a manutenção da sustentabilidade ecológica.

O LCM apresenta-se em uma estrutura fixa que divide a modelagem em etapas como: análise das mudanças de cobertura da terra, cálculo dos potenciais de transição, simulação de mudanças futuras além de ferramentas para avaliação de intervenções planejadas no uso da terra e impactos para biodiversidade (Eastman, 2006).

O módulo LCM usa como dados de entrada do modelo dois mapas da paisagem, com datas diferentes (época inicial e final). A partir destes mapas, os modeladores realizam a estimativa da quantidade de mudanças, com base em cadeias markovianas, resultando em matrizes de transição. Esta etapa de análise de mudanças permite gerar gráficos com balanço de perdas e ganhos entre as classes.

Santos (2013) ao utilizar essa ferramenta conseguiu um panorama de 36 anos da bacia do Ribeirão do Rebojo (SP). O autor destacou as mudanças ocorridas na área de estudo e também descreveu as mudanças econômicas da bacia, principalmente a transição da pastagem para a cana-de-açúcar como atividade principal. O cenário encontrado pelo autor destaca além da mudança econômica os problemas ambientais com que a bacia estudada acabou sendo acometida devido à falta de planejamento ambiental.

Piroli, Ishikawa e Demarchi (2011), também obtiveram êxito ao utilizar a ferramenta *Land Change Modeler*, para analisar as mudanças ocorridas na microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, no período de 1972 a 2007. Os autores concluíram que grande parte da bacia sofreu alterações quanto ao uso do solo, com destaque para a ampliação da área urbana e das áreas cultivadas com cana-de-açúcar, também houve a diminuição das áreas de pastagens e culturas anuais. Os autores também evidenciaram que as áreas de preservação permanente da microbacia estão ocupadas irregularmente com deposição de lixo e processos erosivos e de assoreamento intensos.

#### 4.3.6 Análise morfométrica da bacia do Ribeirão Bonito

Para realização da análise morfométrica compreendendo a área de drenagem, o perímetro da bacia, e o comprimento total dos rios, foi utilizado o sistema de informação geográfica ArcGIS 10.1. A partir dessas informações foram realizados cálculos para obtenção dos demais parâmetros analisados. A análise morfométrica consistiu da avaliação das características geométricas e das características da rede de drenagem, conforme descrito a seguir:

##### 4.3.6.1 Características geométricas.

###### 4.3.6.1.1 Área de Drenagem e Perímetro.

A área de drenagem (A) é toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal. É o elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos (TONELLO, 2005). O perímetro da bacia (P) constitui o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas (TONELLO, 2005).

###### 4.3.6.1.2 Coeficiente de Compacidade.

O coeficiente de compacidade (Kc), relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (CARDOSO et al 2006). De acordo com Villela e Mattos (1975), este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, e para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais susceptível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade. O coeficiente de compacidade (Kc) foi obtido pela seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

no qual, Kc = coeficiente de compacidade

P = perímetro da bacia ou sub-bacia (Km)

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (Km<sup>2</sup>).

#### 4.3.6.1.3 Índice de circularidade

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular. É expresso com a equação:

$$Ic = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

no qual, IC = índice de circularidade

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (Km<sup>2</sup>)

P = perímetro da bacia ou sub-bacia (Km)

#### 4.3.6.2 Características da rede de drenagem

As características de drenagem abrange a ordem do curso d' água, comprimento total dos cursos d'água e a densidade de drenagem.

##### 4.3.6.2 .1 Ordem dos cursos d'água

A ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia (TUCCI, 2001), e pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957), citados por Tonello (2005). No presente trabalho, utilizou-se a classificação apresentada por Strahler (1957), na qual, os cursos d'água sem tributários são classificados como de primeira ordem, os cursos formados por dois tributários de primeira ordem, são denominados de segunda ordem, os cursos formados por dois tributários de segunda ordem, são de terceira ordem, e assim por diante. Essa informação foi utilizada para a determinação da ordem da bacia e da hierarquia dos afluentes.

##### 4.3.6.2.2 Comprimento total dos cursos d'água.

O comprimento total dos cursos d'água foi obtido através da somatória do comprimento de todos os córregos que compõem a bacia hidrográfica em questão. Esta informação foi utilizada no cálculo da densidade de drenagem, bem como em outras análises relacionadas aos corpos d'água.

#### 4.3.6.2.3 Densidade de Drenagem.

De acordo com Tonello (2005), o sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários e seu estudo indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, ou seja, a eficiência da drenagem da bacia.

Para Lima (1976), este índice revela a influência da geologia, topografia, solo e vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia. Horton (1932), citado por Tonello (2005) definiu densidade de drenagem como sendo a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica e a área ocupada pela mesma:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

no qual, Dd = densidade de drenagem (Km/Km<sup>2</sup>)

Lt = comprimento total dos cursos d'água (Km)

A = área de drenagem da bacia (Km<sup>2</sup>).

#### 4.3.6.3 Hipsometria e clinografia

##### 4.3.6.3.1 Hipsometria

O mapa hipsométrico tem a função de apresentar a distribuição das altitudes da bacia e foi elaborado a partir da vetorização das curvas de nível representadas nas cartas topográficas. Posteriormente as curvas foram interpoladas e o resultado foi reclassificado visando a elaboração das classes de altitude.

##### 4.3.6.3.2 Clinografia

O mapa clinográfico tem a finalidade de apresentar a distribuição das diferentes classes de declive da bacia e foi realizado a partir do mapa hipsométrico, que foi processado visando a espacialização das classes de declive em porcentagem.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Características morfométricas e físicas da Bacia do Ribeirão Bonito.**

A análise morfométrica permite que a bacia seja conhecida e monitorada, oferecendo a oportunidade da proposição de medidas que garantam a manutenção e a melhora das condições dos recursos hídricos. Esses estudos foram efetuados ao longo da pesquisa, uma vez que através das características morfométricas e físicas de uma bacia hidrográfica torna-se possível a compreensão das mais diversas formas de comportamento da mesma. Assim com os dados resultantes destes processos pode-se planejar a melhor utilização de cada área da bacia, bem como estes podem ser utilizados pelos órgãos públicos para aplicação de políticas públicas que visem à proteção ou recuperação da bacia.

A bacia do Ribeirão Bonito apresenta hierarquia fluvial de 5ª ordem, segundo a classificação de Stharler (1957), com área total de 8.462 hectares e com perímetro de 49 km.

O comprimento total dos cursos d'água existentes na bacia é de 99,23 km. O Ribeirão Bonito, rio principal da bacia apresenta extensão de 40,61 Km. O segundo afluente mais importante é o Ribeirão do Brejão, com extensão de 30,81 km. A localização das nascentes e dos cursos d'água é apresentada na Figura 16.

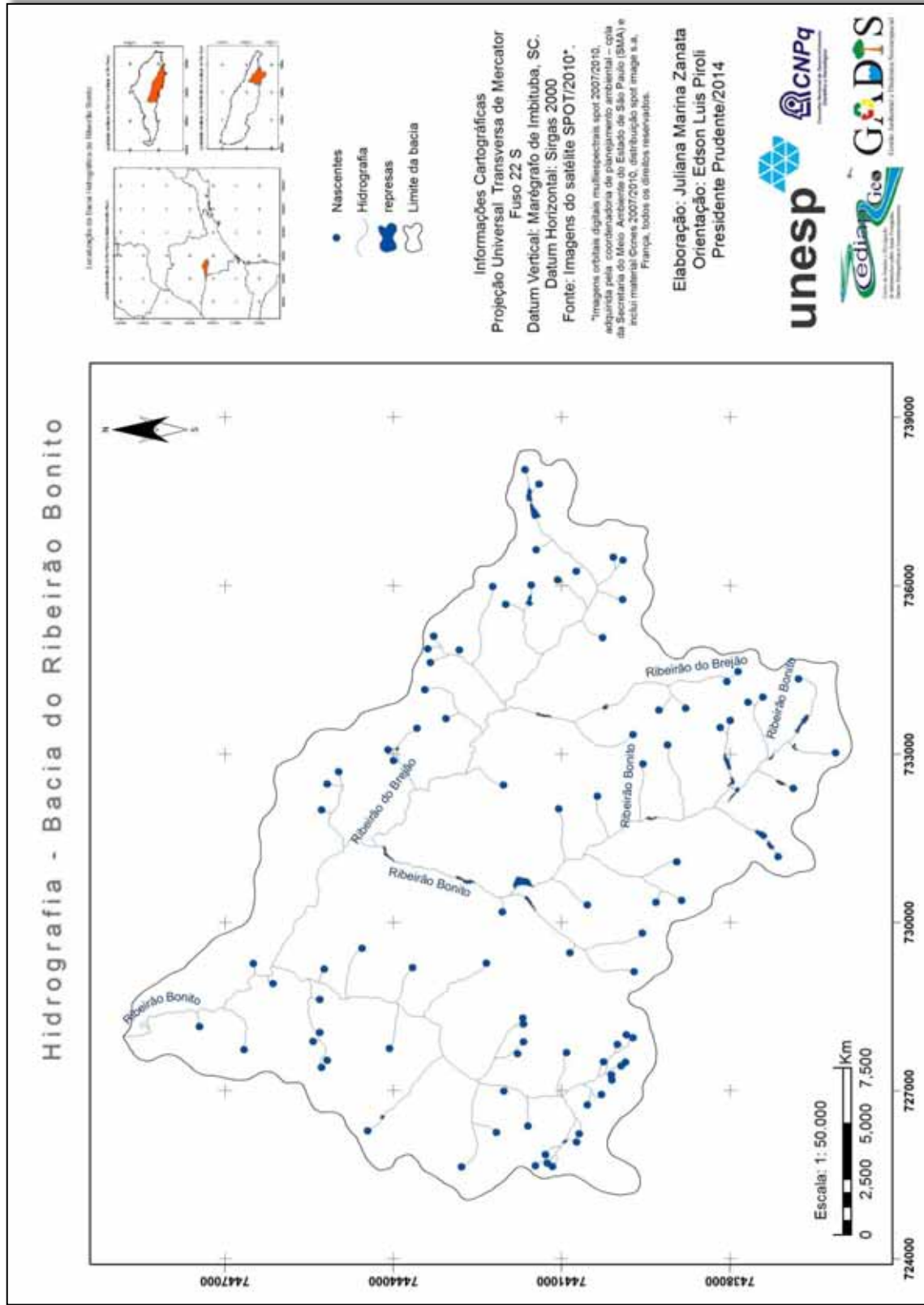


Figura 16: Rede hidrográfica do Ribeirão Bonito.

O coeficiente de compacidade encontrado foi de 1,47. De acordo com Villela e Mattos (1975), este índice varia de acordo com a forma da bacia, sendo que quanto mais irregular, maior será o coeficiente de compacidade. A bacia analisada apresenta forma irregular, fato que a classifica como pouco susceptível à enchentes.

O valor encontrado no índice de circularidade foi de 0,45 revelando que a bacia possui uma forma tendendo à alongada, o que favorece o escoamento da água, bem como a classifica como de baixa propensão à ocorrência de inundações. Este índice complementa o coeficiente de compacidade.

A densidade de drenagem encontrada foi de 1,17 Km/Km<sup>2</sup>, sendo considerada baixa. De acordo com Christofolletti, (1980) são considerados de baixa densidade os valores menores que 7,5 Km/Km<sup>2</sup>, de média densidade entre 7,5 e 10 Km/Km<sup>2</sup> e de alta densidade hidrográfica, acima de 10 Km/Km<sup>2</sup>. Este fator é importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, revelando a eficiência da drenagem da mesma. A partir do resultado encontrado pode-se afirmar que a bacia em questão apresenta baixa disponibilidade hídrica superficial. A Tabela 1 apresenta a síntese dos resultados

Tabela 1: Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito.

<b>Características geométricas</b>	<b>Valores</b>
Área total	84,6 Km <sup>2</sup>
Perímetro total	48,55 Km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,47
Índice de circularidade (IC)	0,45
<b>Características da rede de drenagem</b>	
Comprimento do curso d'água principal	40,61 Km
Comprimento total dos cursos d'água	99,23 Km
Densidade de drenagem (Dd)	1,17 Km/ Km <sup>2</sup>
Ordem dos cursos de água	5ª ordem

## 5.2 Hipsometria da Bacia

A variação altimétrica da bacia é de 161 metros. A menor altitude (menor ponto cotado) é de 746 metros na foz do Ribeirão Bonito e a maior altitude (maior ponto cotado) é de 907 metros, à montante das nascentes do Ribeirão do Brejão, afluente do Ribeirão Bonito. As curvas de nível, equidistantes 20 metros apresentaram o menor valor de 740 e o maior valor de 900. Esses resultados permitem concluir que há uma variação significativa quanto à altimetria na bacia. As áreas que apresentam maiores cotas altimétricas encontram-se na região das nascentes, ou cabeceiras de drenagem, principalmente na região sudeste da bacia.

A figura 17 retrata as variações altimétricas encontradas na bacia.

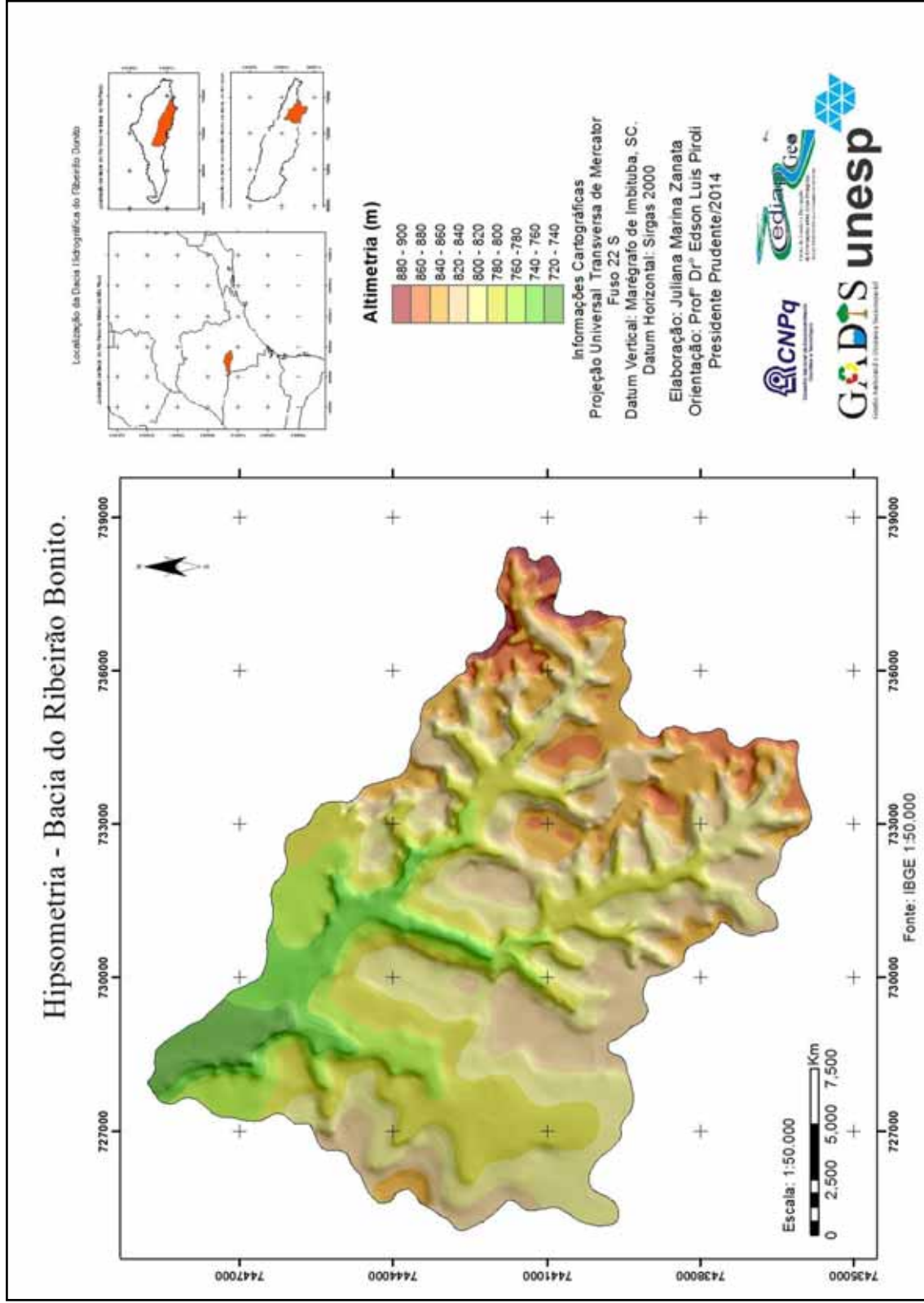


Figura 17: Mapa Hipsométrico da bacia do Ribeirão Bonito.

### 5.3 Clinografia da bacia

A declividade da área pode ser obtida através da realização de um mapeamento clinográfico. As classes de declive da bacia foram espacializadas a partir dos dados altimétricos obtidos através de curvas de nível com equidistância de 20 metros (Figura 18). Essas informações seguem expressas na tabela 2

Tabela 2: Classes de declividade encontradas na bacia do Ribeirão Bonito

Intervalo	Relevo	Ocorrência das classes de declive na área da bacia em hectares	Ocorrência das classes de declive na área da bacia em (%)	Cor característica
0 a 3%	Plano	2.900,8	34,3	R=255 G=255 B=146
3 a 6%	Suave Ondulado	1.959,5	23,1	R =255 G=193 B=132
6 a 12%	Ondulado	2.021,52	23,9	R =255 G=167 B=79
12 a 20%	Forte ondulado	1.082,09	12,8	R =255 G=143 B=32
20 a 40%	Montanhoso	475,48	5,7	R =206 G=103 B=0
> 40%	Escarpado	22,70	0,3	R =130 G=55 B=0

FONTE: Adaptado Lepsch (1991)

Pode-se perceber que a maior parte da bacia encontra-se nos relevos plano (34,3 %) e suave a ondulado (23,1%), o que representa declividade entre 0 a 6%. Essas características favorecem a implantação de atividades agrícolas mecanizadas, de cultivos permanentes ou temporários, bem como a pecuária. Para Lepsch et al. (1991), essas áreas são indicadas para o plantio de culturas anuais, com o uso de práticas simples de conservação do solo.

A classe de relevo ondulado, com declividade 6 a 12% representa 24% (2.021 hectares) da área da bacia. Estas áreas são indicadas para plantio de culturas anuais, sendo recomendadas práticas de conservação do solo (Lepsch et al., 1991).

As declividades de 12 a 20% são classificadas como de relevo forte ondulado. Esta classe representou 12,8% (1.082 hectares) da área total. Segundo classificação de Lepsch et al. (1991) são áreas com risco de ocorrência de problemas com erosão, portanto, impróprias para culturas anuais e indicadas para culturas perenes, para proporcionar uma proteção maior ao solo.

Com declividades de 20 a 45%, classificadas como relevo montanhoso, foram identificados 475,48 hectares, (5,7%) da área da bacia. De acordo com Lepsch et al. (1991) estas áreas estão sujeitas a erosão, portanto recomenda-se a silvicultura ou

a manutenção/recuperação da floresta nativa, o que conseqüentemente, contribuirá para a preservação ambiental diminuindo os riscos de erosão.

Somente 0,3% (22,7 hectares) da área total, apresentou declive com mais de 45% de inclinação. Estas são áreas classificadas como de relevo escarpado (Lepsch et al., 1991), aptas, de acordo com o autor apenas para o cultivo da silvicultura e pastagens, com limitações.

A partir destes dados, se pode considerar que a maior parte da área da bacia é agricultável, visto que é favorável para o cultivo de culturas anuais e perenes, por possuir declividades menores que 20%. A Figura 18 representa a espacialização de cada classe de declive.

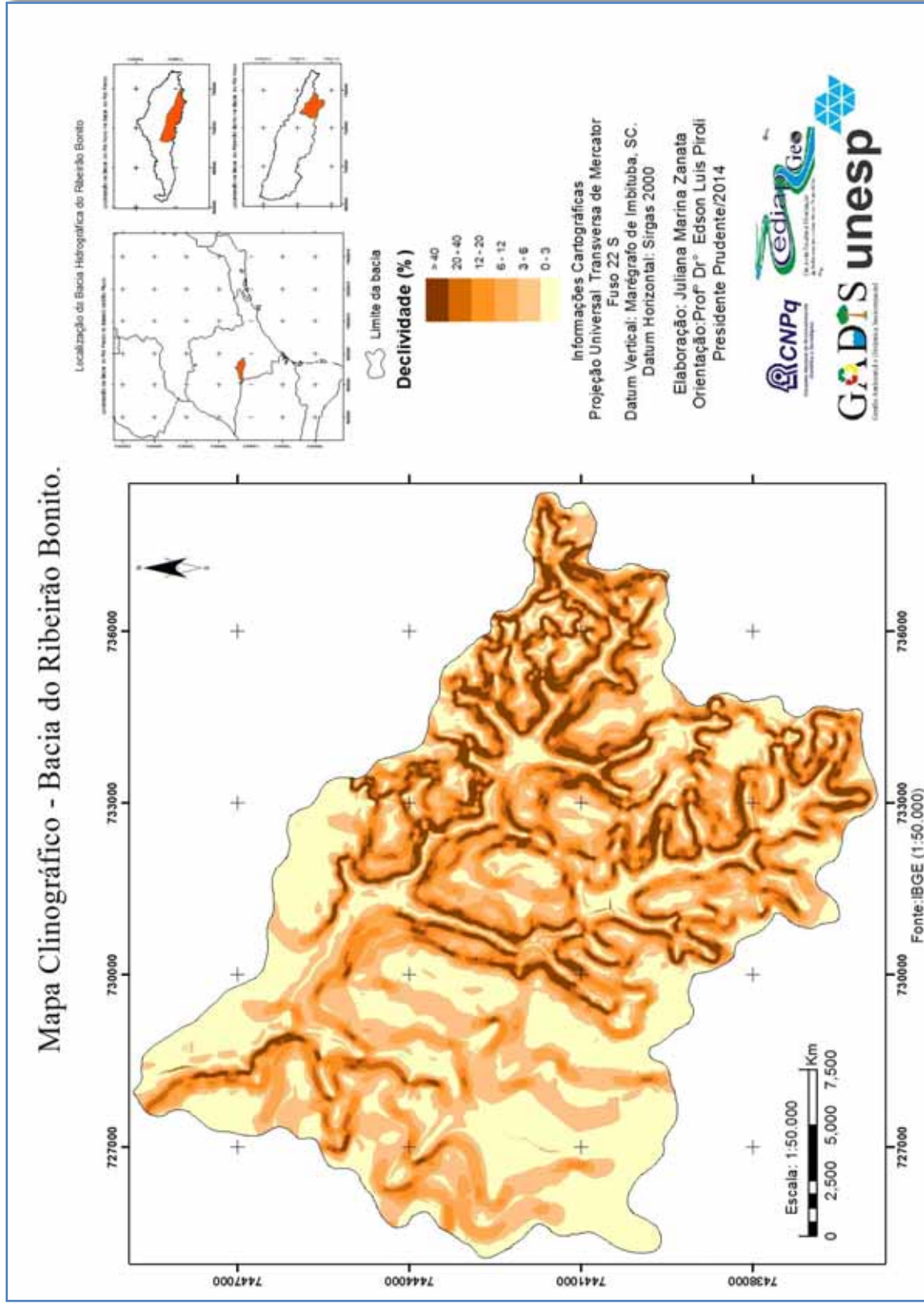


Figura 18: Mapa clinográfico da bacia do Ribeirão Bonito

## **5.4 Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito.**

A questão do uso e cobertura da terra mostra-se amplamente relevante, uma vez que o conhecimento da forma como a terra é ocupada indica a cultura do período da ocupação e fornece indícios das origens dos problemas atualmente observados. Estas informações podem esclarecer questões e indicar caminhos para melhor ordenação territorial, bem como, para a preservação e conservação dos recursos naturais. A dinâmica de ocupação do estado de São Paulo, desde o início, mostrou-se totalmente despreocupada com a preservação e conservação dos recursos naturais, em especial as florestas. Como consequência, atualmente há poucos fragmentos florestais ainda preservados no estado de São Paulo, com impactos importantes sobre o solo, a água, a fauna silvestre e microclimas regionais.

A partir desta premissa, realizou-se o mapeamento do uso e cobertura da terra em dois períodos, a fim de identificar as transformações ocorridas, realizar a comparação entre os usos, estabelecer as possíveis relações com as questões econômicas e ambientais de cada época e localizar os impactos das transformações.

No ano de 1962 o cenário encontrado foi predominantemente de pastagem, o que pode ser explicado pela economia regional, que na época se baseava na pecuária.

Em 2010 também se constatou a predominância da categoria pastagem, fato que evidencia pouca alteração no uso da bacia. Neste ano, porém, foi identificada a presença de categorias inexistentes em 1962, o que indica a ocorrência de transformações. Estas foram intensificadas nos anos seguintes, conforme observado nos trabalhos de campo realizados em 2012 e 2013.

### **5.4.1 Uso e cobertura da terra em 1962.**

O mapeamento de 1962 foi baseado em fotografias aéreas pancromáticas na escala de 1:25.000 provenientes do aerolevanteamento sistemático para cobertura de todo o Estado de São Paulo do ano de 1962, realizado pela empresa Aerofoto Natividade Ltda e encomendado pelo Instituto Agrônomo de Campinas. A referida empresa já não existe mais e a BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A, foi

designada como depositária do acervo. As fotos não ortorretificadas configuraram um mosaico que posteriormente foi georreferenciado e utilizado para o mapeamento das classes de uso. Estas foram adotadas de acordo com o IBGE (2013), com adaptações para adequá-las a realidade da bacia: área úmida, área urbana, área degradada, campestre, cultura temporária, florestal, linha férrea, pastagem, e represas. Todas as categorias foram delimitadas manualmente.

A tabela 3 apresenta a quantificação de cada classe de uso em 1962 e a cor adotada para sua representação no mapa.

Tabela 3: Uso e cobertura da terra em 1962.

<b>Uso e cobertura da terra</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Cor Característica</b>
Área Úmida	19,35	0,22	R=94 G=112 B=255
Área Urbana	6,0	0,07	R=255 G=168 B=192
Área Degradada	65,41	0,77	R=223 G=115 B=255
Campestre	464,31	5,48	R=214 G=255 B=168
Cultura Temporária	566,85	6,70	R= 255 G=255 B=0
Florestal	491,35	5,80	R=115 G=168 B=0
Linha Férrea	29,45	0,35	R=158 G=94 B=255
Pastagem	6.818,52	80,55	R= 205 G=199 B=0
Represas	1,10	0,01	R=0 G=0 B=255

#### - ÁREA ÚMIDA

Foram caracterizadas como área úmida pequenas manchas com características bem marcantes. Essa categoria foi encontrada sobretudo na porção Sudoeste da bacia, nas maiores altitudes e abrangia 19,35 hectares, o que corresponde a 0,22% da área total da bacia. (Figura 19)

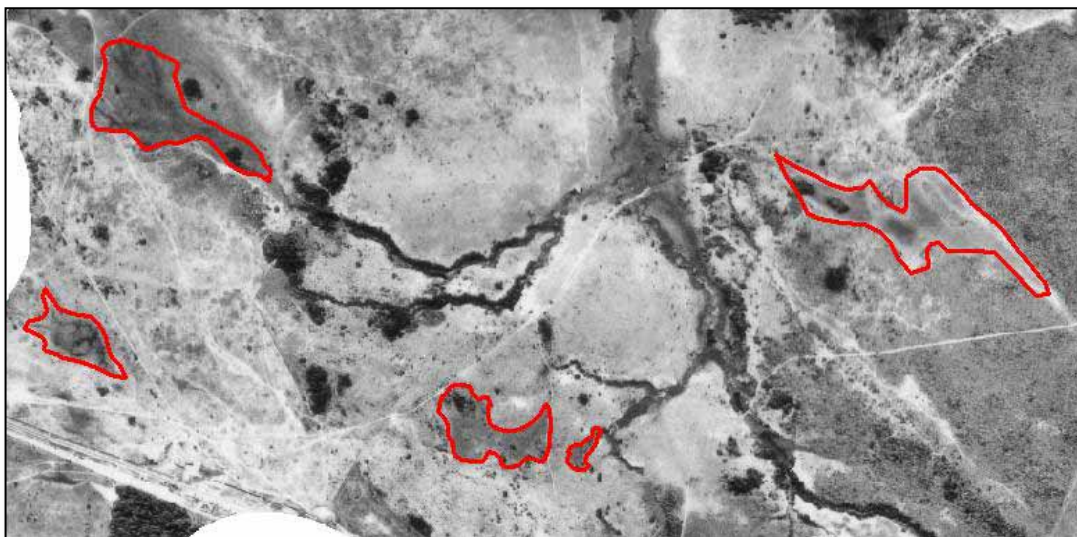


Figura 19: Representação da categoria área úmida.

Pressupõe-se que estas manchas sejam áreas úmidas formadas a partir de zonas saturadas com impedimento de fluxo por lentes de argila, formando assim um impedimento hidráulico.

#### - Área urbana

A classe área urbana foi adotada para caracterizar o bairro de Engenheiro Serra. Através das fotografias aéreas pode-se perceber que este ainda estava sendo implantado no ano de 1962, uma vez que ainda não era perceptível a presença de casas e as ruas não eram pavimentadas. Essa classe apresentou área de 6 hectares, o que representa 0,07% da ocupação da bacia. A Figura 20 representa a construção do bairro e a categoria área urbana que foi espacializada nos mapas.



Figura 20: Representação da categoria de uso área urbana.

#### - Área degradada

Ao longo da área da bacia foi possível perceber a presença de vários casos de degradação, principalmente de processos erosivos na forma de ravinas e voçorocas. A maioria destes processos erosivos concentram-se ao longo da linha férrea. A área ocupada com essa categoria era de 65,41 hectares, ou 0,77% da bacia. A figura 21 representa parte do que foi considerado como área degradada na bacia.

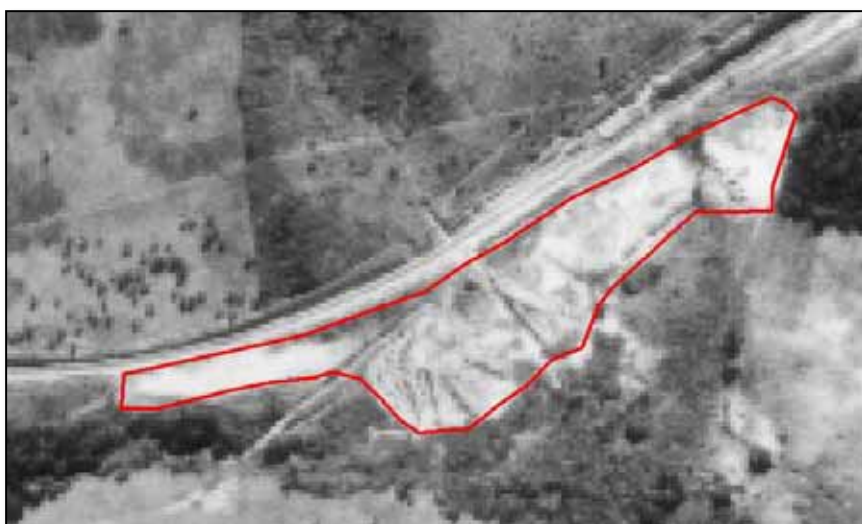


Figura 21: Representação da categoria área degradada.

#### - Campestre

Na categoria campestre (Figura 22) foi enquadrada a vegetação de pequeno porte, arbustiva e pequenas áreas úmidas próximas às margens dos rios cobertas por capim ou vegetação típica destes locais. Essa classe é considerada como vegetação natural e correspondia a 450,82 hectares da área da bacia, ou 5,3%. Apesar de pouco expressiva no contexto total da bacia, a manutenção e conservação desse uso favorece a formação de ambientes naturais propícios ao desenvolvimento da fauna e flora local, bem como a proteção dos corpos hídricos, uma vez que a maior concentração de vegetação se dá nas margens destes corpos hídricos. Essa vegetação também exerce importante papel na filtragem da água que chega aos rios assim como favorece a decantação de sedimentos.

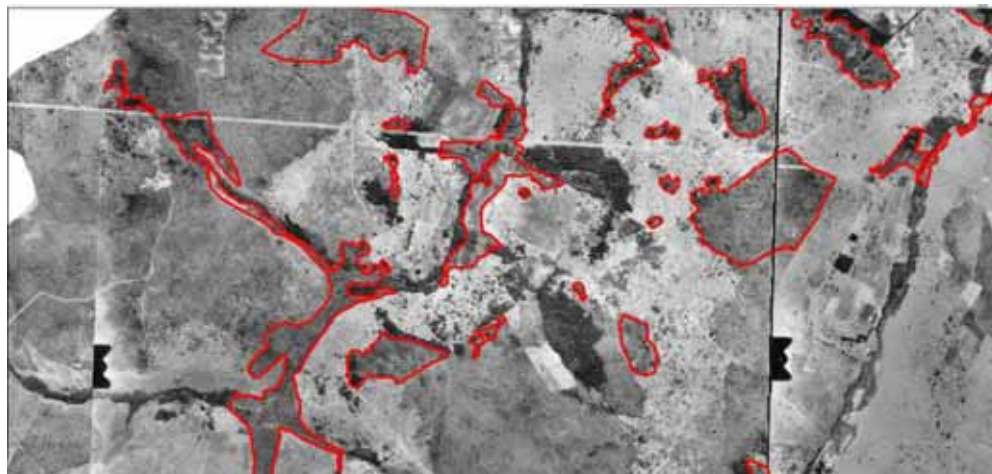


Figura 22: Representação da categoria campestre.

#### - Cultura temporária

Como cultura temporária foram consideradas as áreas de solo exposto ou as que apresentavam formatos geométricos, com características texturais e tonalidades indicativas de culturas agrícolas (Figura 23). Esse uso ocupava 538,56 hectares ou 6,35% da bacia. Pela interpretação das fotografias aéreas pode-se concluir que estas abrangiam cultivos como algodão, milho e feijão. A economia da época era voltada para o cultivo destes produtos, fato que afirma a referida hipótese.

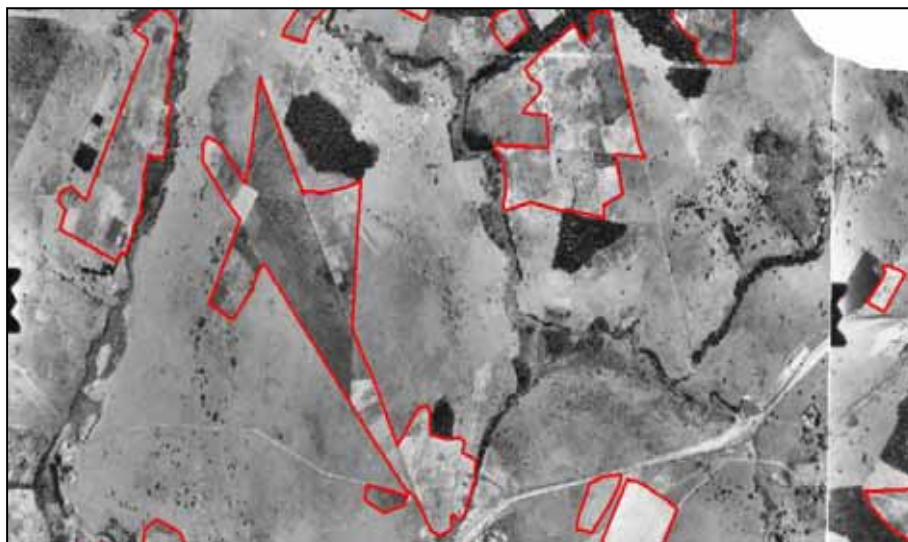


Figura 22: Representação da categoria cultura temporária.

#### - Florestal

Quanto à classe florestal, foram consideradas áreas de vegetação nativa de médio a grande porte. Essa cobria 485,73 hectares da bacia, 5,75%. Os fragmentos de vegetação nativa foram encontrados próximos às margens dos corpos hídricos, o que indica que estavam localizados em áreas de difícil acesso para as atividades agrícolas, característica que impediu sua extração ou pela dificuldade de acesso ou pela dificuldade de trabalho posterior na área. De certa forma, isto garantiu a manutenção de um ambiente importante para preservação e conservação dos corpos hídricos. (Figura 23)

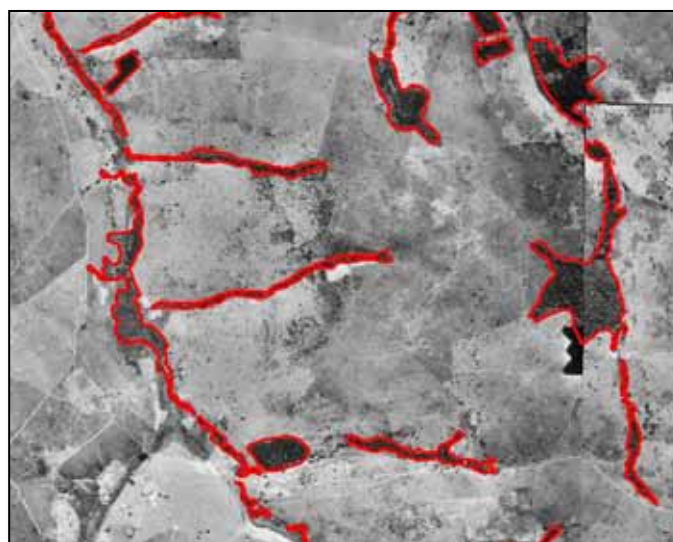


Figura 23: Representação da categoria florestal.

#### - Linha Férrea

Foi considerada como linha férrea, tanto a própria linha como a área de influência que envolve essa estrutura (Figura 24). A implantação desse tipo de empreendimento acaba produzindo uma série de impactos no ambiente, principalmente nas áreas destinadas à manutenção da linha férrea, que são mantidas sem nenhum tipo de cobertura vegetal, facilitando assim o desenvolvimento de processos erosivos. A linha férrea bem como sua área de influência representavam 29,38 hectares da bacia, ou 0,35%.

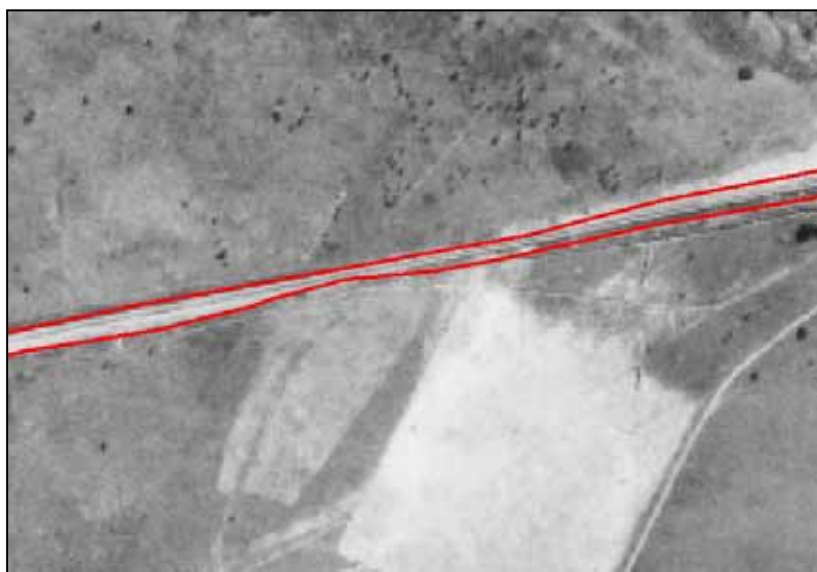


Figura 24: Representação da categoria linha férrea.

#### - Pastagem

O uso predominante da bacia do Ribeirão Bonito em 1962 era a pastagem, representando 6.933,39 hectares (81,95%) da área. A expressiva presença dessa classe justifica-se pelo favorecimento da pecuária, uma vez que a bacia apresenta extensas áreas planas, além da economia regional da época estar voltada basicamente para pecuária Leiteira e de corte. (Figura 25 )

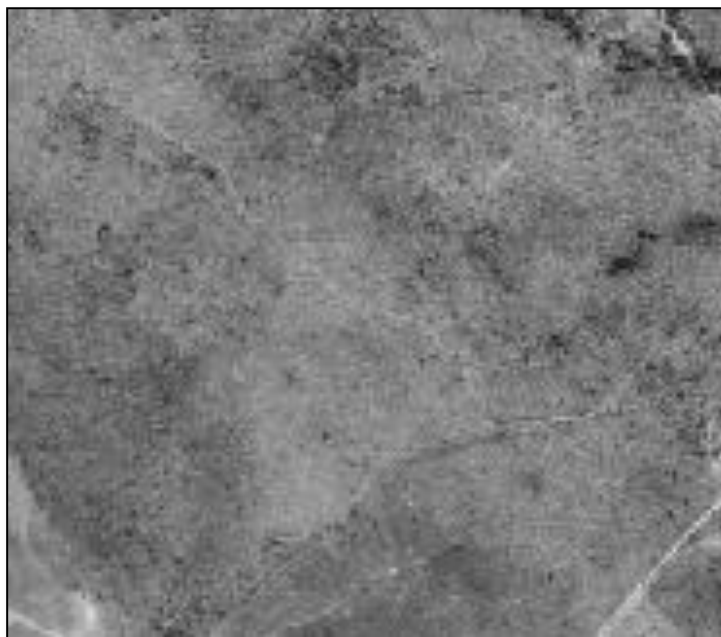


Figura 25: Representação da categoria pastagem.

- Represas

A categoria de represas englobou pequenos reservatórios representando 1,08 hectares ou 0,01% da bacia. (Figura 26)

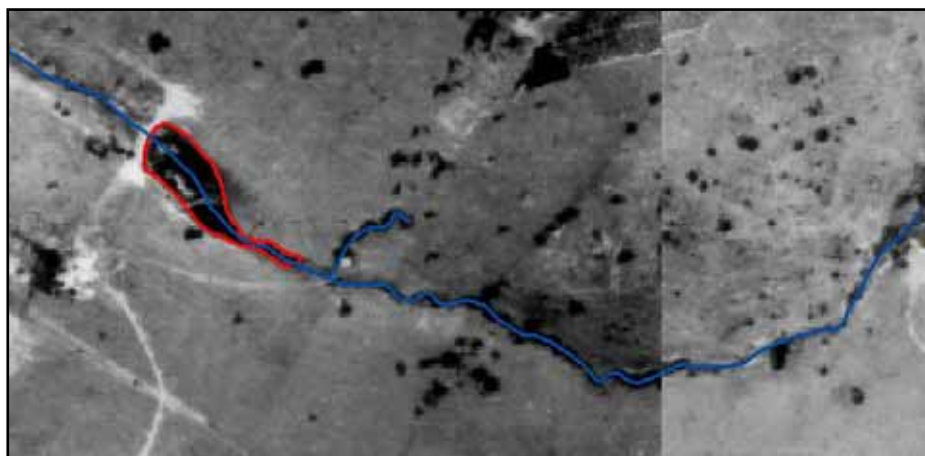


Figura 26: Representação da categoria represa.

A figura 27 representa a espacialização do uso e cobertura da terra em 1962.

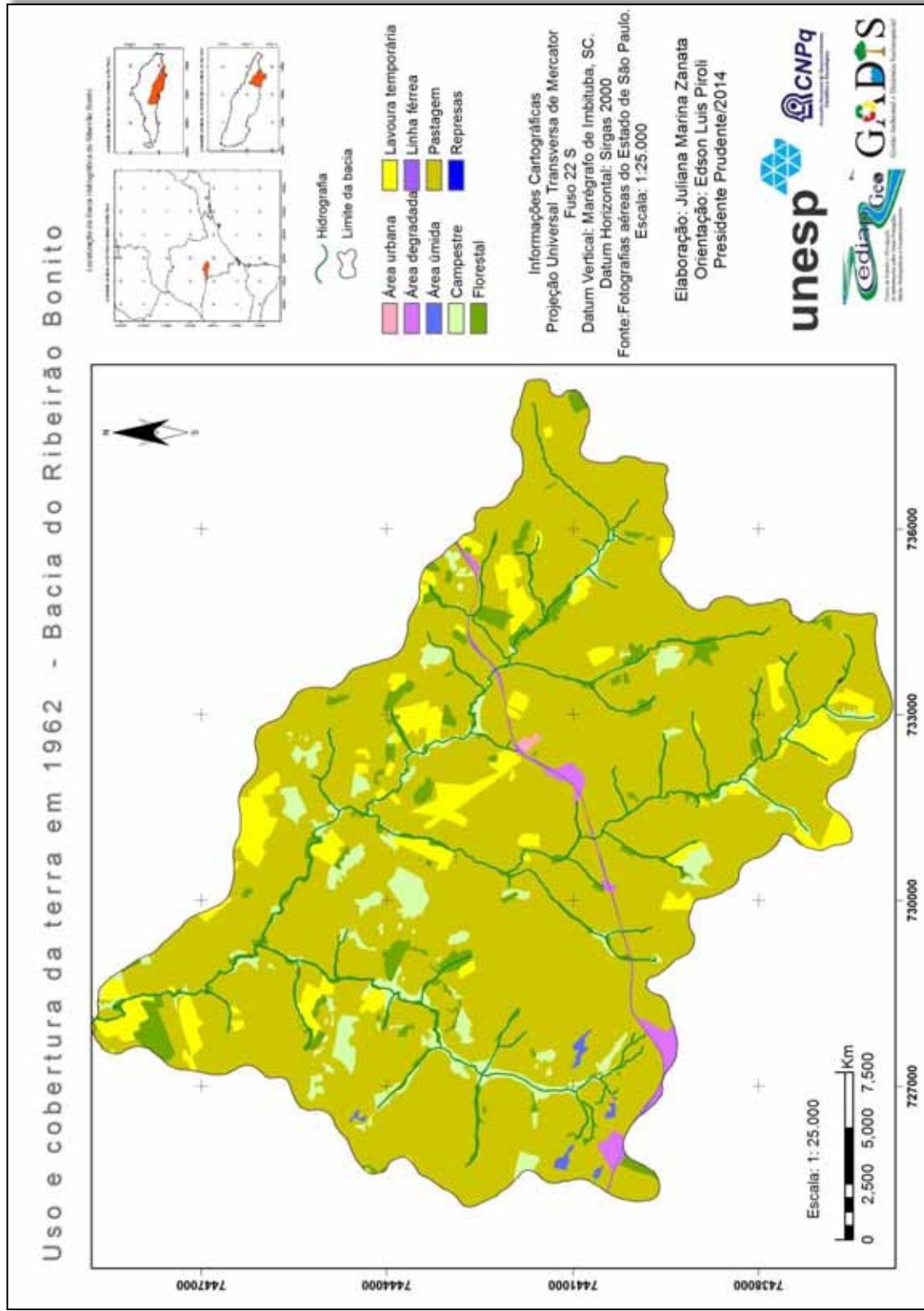


Figura 27: Mapa de uso e cobertura da terra em 1962.

### 5.4.2 Uso e cobertura da terra em 2010

O mapeamento de 2010 foi baseado nas imagens do satélite SPOT. Essas imagens foram adquiridas fusionadas, e posteriormente tiveram sua georreferência corrigida. Em seguida as classes de uso foram vetorizadas. Essas foram adotadas de acordo com o IBGE (2013), com algumas adaptações, sendo elas: área úmida, área urbana, área degradada, campestre, cultura temporária, cultura permanente, florestal, linha férrea, pastagem, silvicultura e represas.

A tabela a seguir apresenta a quantificação de cada classe de uso, bem como a cor correspondente a cada uso.

Tabela 4: Uso e cobertura da terra em 2010.

Uso e cobertura da terra	Área (ha)	Percentual (%)	Cor Característica
Área Degradada	7,7	0,10	R=223 G=115 B=255
Área Úmida	6,5	0,07	R=94 G=112 B=255
Área Urbana	6,0	0,07	R=255 G=168 B=192
Campestre	377,85	4,45	R=214 G=255 B=168
Cultura Permanente	1.368,55	16,17	R=255 G=230 B=100
Cultura Temporária	1.427,79	16,87	R= 255 G=255 B=0
Florestal	525,75	6,20	R=115 G=168 B=0
Linha Férrea	39,24	0,45	R=158 G=94 B=255
Pastagem	4.354,72	51,45	R= 205 G=199 B=0
Silvicultura	322,84	3,80	R= 205 G=130 B=0
Represas	25,21	0,30	R=0 G=0 B=255

#### - Área úmida

A caracterização das áreas úmidas em 2010 seguiu os mesmos princípios de 1962. Foram caracterizadas como área úmida pequenas manchas com características marcantes (Figura 28). Essa categoria representa 6,5 hectares da bacia, o que corresponde a 0,07 do total da área da bacia. Essas áreas podem ser entendidas como impedimentos hidráulicos, já caracterizados anteriormente.

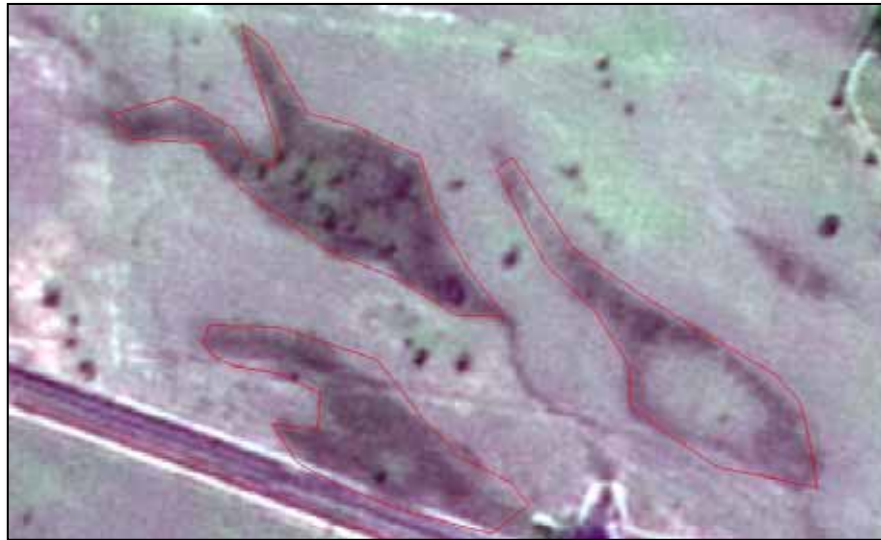


Figura 28: Representação da categoria de área úmida.

- Área urbana

A classe área urbana foi adotada para caracterizar o bairro de Engenheiro Serra. Apesar de não apresentar uma grande influência na bacia, esse tem ruas pavimentadas e pequenos comércios que suprem as necessidades básicas da população local, o que indica possibilidade de ampliação da área e aumento do risco de causar problemas ambientais. Essa classe apresentou área de seis hectares, o que representa 0,07% da ocupação da bacia. (Figura 29)



Figura 29: Representação da categoria área urbana, destacada pelo polígono vermelho.

#### - Área degradada

Nesta categoria foram considerados os casos de degradação ambiental, em especial os casos de processos erosivos. Assim como em 1962 a maioria desses casos concentra-se ao longo da linha férrea. Essa categoria representa 7,70 hectares da área ou 0,10% do total da bacia. (Figura 30)

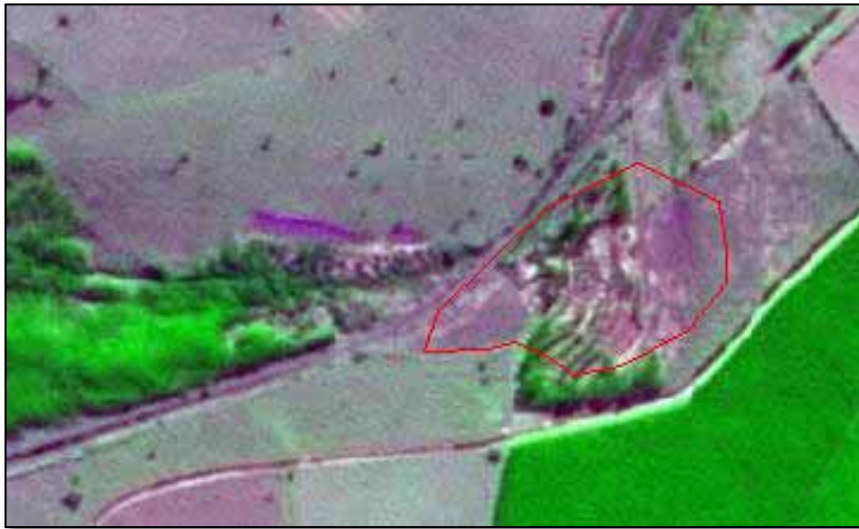


Figura 30: Representação da categoria área degradada, destacada pelo polígono vermelho.

#### - Campestre

Na categoria campestre foram adotadas as mesmas características do mapeamento de 1962 (figura 31). Essa classe é considerada como vegetação natural e corresponde a 377,85 hectares da área da bacia, ou 4,5%. Apesar de pouco expressiva se for considerada a área total da bacia, a manutenção e conservação desse uso favorece a formação de ambientes naturais propícios ao desenvolvimento da fauna e flora local, bem como a proteção dos corpos hídricos, uma vez que a maior concentração se dá em suas margens.

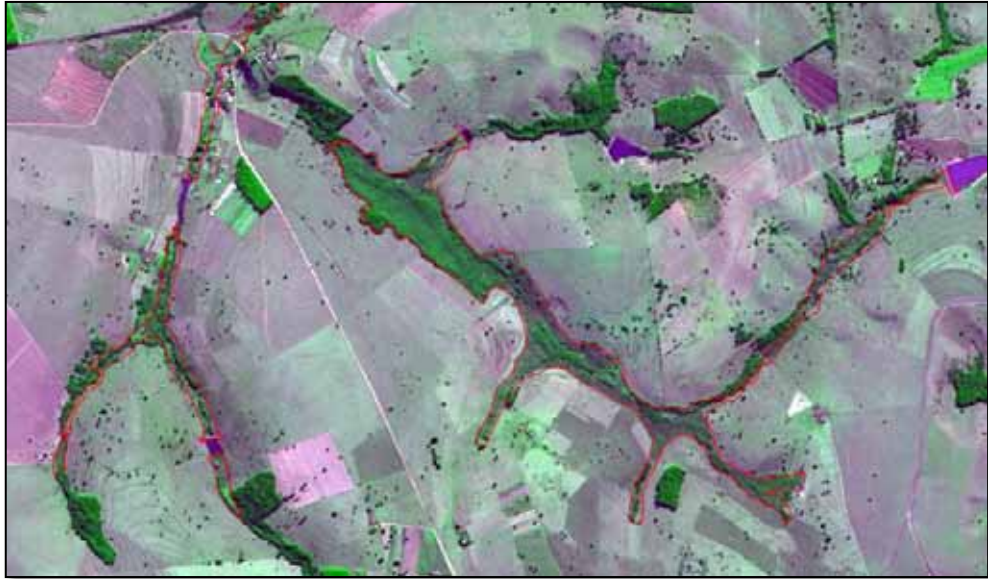


Figura 31: Representação da categoria campestre, destacado pelo polígono vermelho.

#### - Cultura Permanente

Na classe de cultura permanente foram consideradas plantações de laranja (figura 32) que ocupam 1.368,55 hectares da área total da bacia ou 16,17%. Esse cultivo ganhou expressividade na região da área de estudo, uma vez que o município de Avaré é um dos principais produtores de laranja do Estado de São Paulo. De acordo com Instituto de Economia Agrícola, em 2010 Avaré apresentava plantações de laranja com 514.638 novos pés e 1.402.567 pés em produção, o que gera um total de 3.915.809 caixas de 40,8kg da fruta.



Figura 32: Representação da categoria cultura permanente, destacadas pelo polígono vermelho.

#### - Cultura temporária

Em cultura temporária foram consideradas as áreas de solo exposto ou as que se apresentavam delimitadas geometricamente com culturas agrícolas identificadas na imagem de satélite. (Figura 33).



Figura 33: Representação da categoria cultura temporária, destacadas pelo polígono vermelho.

Durante alguns trabalhos de campo foi possível identificar plantios de milho, aveia e cana. De acordo com o censo agropecuário do IBGE de 2006, as lavouras temporárias encontradas nos municípios de Avaré e Itatinga eram: milho, soja, mandioca, feijão e cana-de-açúcar. Em toda bacia 1.437,79 hectares são ocupados com essa categoria.

#### - Florestal

Na classe florestal, também seguiu-se as definições adotadas em 1962. Essa categoria representa 525,75 hectares da bacia, ou 6,20% do total. (Figura 35) Essa cobertura é de suma importância, principalmente quando encontrada nas margens dos corpos hídricos, pois garante a qualidade da água, a proteção das margens de processos erosivos e assoreamento, o habitat para espécies da macro e microfauna silvestre, o suporte para epífitas, e lianas ou cipós, infiltração de água no solo e o equilíbrio do microclima local.

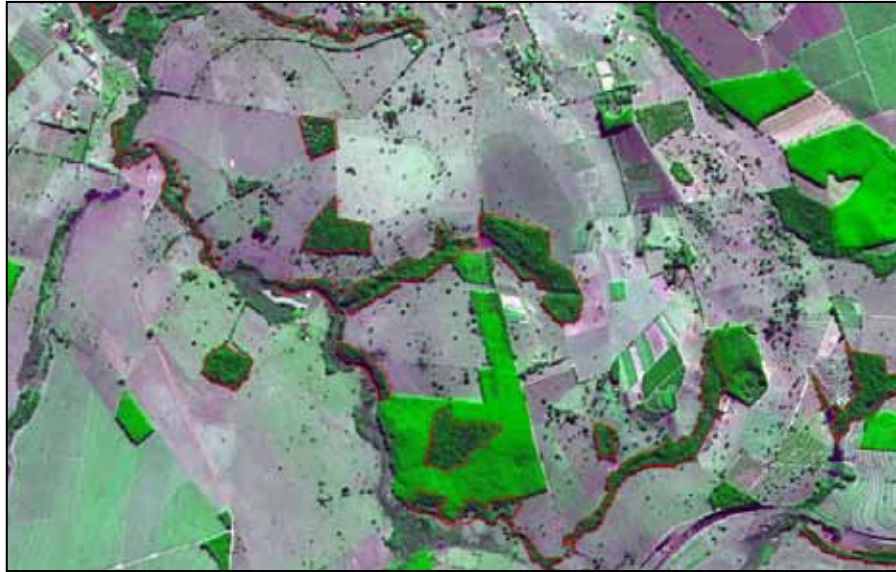


Figura 34: Representação da categoria florestal, destacada pelos polígonos vermelho

- Linha férrea

A figura 35 representa parte do que foi considerado como linha férrea, abrangendo tanto os trilhos, como a área de amortecimento encontrada ao redor para eventuais manutenções da mesma. A linha férrea bem como sua área de influência representam 39,24 hectares da bacia, ou 0,45%.



Figura 35: representação da categoria linha férrea.

#### - Pastagem

A área da bacia ocupada pela categoria pastagem é de 4.354,72 hectares ou seja, mais de 50% da área total. (Figura 36) A expressiva presença dessa categoria está diretamente ligada à economia da região que ainda está voltada para produção da pecuária, principalmente a Leiteira.



Figura 36: Representação da categoria pastagem, destacada pelos círculos.

#### - Silvicultura

A silvicultura é uma categoria de uso que não existia em 1962. Essa categoria abrange principalmente o cultivo de eucalipto, (Figura 37) e ganhou destaque na região com a implantação de uma fábrica de celulose da empresa Eucatex no município de Botucatu-SP em 1996. De acordo com informações obtidas no site da empresa há uma preferência para arrendamento de terras na região, em especial para as cidades que se encontram até 100 km de Botucatu, o que inclui as cidades de Itatinga e Avaré. A área ocupada por esse uso na bacia é de 322,84 hectares ou 3,80%.



Figura 37: Representação da categoria silvicultura, destacada pelos polígonos vermelhos.

#### - Represas

A categoria de represas englobou pequenos reservatórios de água representando 21,25 hectares ou 0,30% da bacia. Houve um expressivo aumento dessa categoria na área de estudo desde 1962. (Figura 38).



Figura 38: Representação da categoria represa, destacadas pelos polígonos vermelhos.

A figura 39 apresenta o mapa contendo a espacialização do uso e cobertura da terra na área de estudo em 2010.

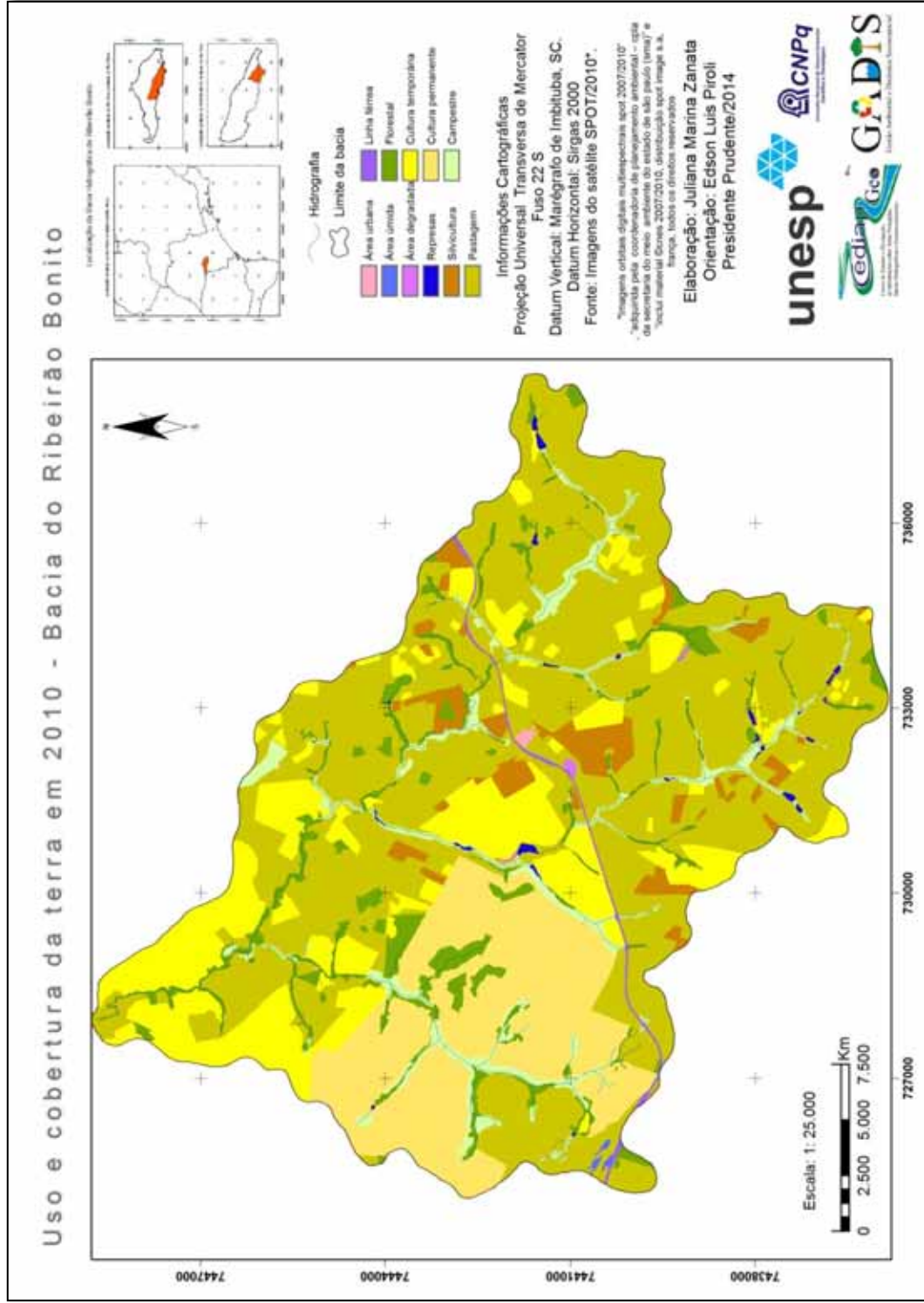


Figura 39: Mapa de uso e cobertura da terra em 2010.

## **5.5 As transformações na paisagem considerando os usos e cobertura da terra.**

A paisagem é dinâmica e constantemente essa dinâmica natural/social, acaba sendo intensificada pela ação humana. Um dos exemplos mais explícitos dessa afirmação pode ser percebido nas práticas agrícolas, em especial nos cultivos temporários, onde constantemente uma cultura dá lugar a outra. Essas mudanças, quando realizadas de forma ordenada e planejada não provocam graves danos ao ambiente, porém na maioria das vezes essas alterações são feitas de maneira desordenada, sem respeitar a aptidão de cada área. Assim é cada vez mais comum visualizar plantações em áreas de preservação permanente (tanto nas margens de corpos hídricos, quanto em áreas de grande declividade), esgotamentos dos solos por erosão hídrica, processos erosivos, assoreamento de corpos hídricos, dentre outros.

As mudanças nos usos e coberturas da terra podem revelar dados importantes para explicar as condições atuais de uma região e para o planejamento de determinadas áreas, uma vez que é possível atrelar essas mudanças à economia de cada período. A seguir serão detalhadas as mudanças e a transição no uso e cobertura da terra entre 1962 e 2010.

### **5.5.1 Mudanças e transições no uso e cobertura da terra entre 1962 e 2010.**

A partir do mapa dos usos e coberturas da terra no período em questão, pôde-se sintetizar, quantificar e espacializar as mudanças ocorridas. Essa avaliação é importante para compreender a dinâmica em curso no período analisado.

A diferença entre o mapa de mudança e o de transição é que este último irá quantificar e espacializar de forma específica cada uso e cobertura, mostrando as transições entre cada um deles.

A tabela 5 mostra um comparativo do uso em porcentagem em cada período.

Tabela 5: Comparativo entre a porcentagem de cada uso nos anos de 1962 e 2010.

Uso e cobertura da terra	Percentual (%) 1962	Percentual (%) 2010
Área Degradada	0,8	0,10
Área Úmida	0,20	0,07
Área Urbana	0,07	0,07
Campestre	5,30	4,45
Cultura Permanente	-	16,17
Cultura Temporária	6,35	16,87
Florestal	5,75	6,20
Linha Férrea	0,35	0,45
Pastagem	81,95	51,45
Silvicultura	-	3,80
Represas	0,01	0,30

A partir desse comparativo, as mudanças mais significativas, serão discutidas na sequência.

#### - Área úmida

Nessa categoria foi notada diminuição na área ocupada. Esse fato indica que o uso agropecuário intenso afetou as áreas úmidas, provavelmente rebaixando os níveis de água. Isto pode ser notado na Figura 40, onde as barras de cor vermelha indicam o quanto a categoria área úmida perdeu para os demais usos da terra e as barras de cor verde indicam o quanto a categoria área úmida ganhou em termos de área das demais categorias.

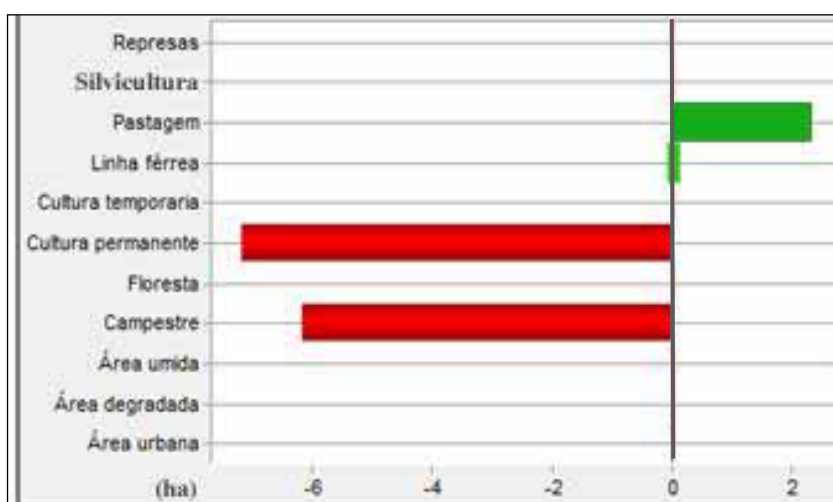


Figura 40: Contribuição para mudança na categoria área úmida

Pela Lei Federal 7.511/86 vigente em parte da período analisado nesse estudo, essas áreas são consideradas de preservação permanente, e portanto, deveriam estar cobertas com vegetação nativa. Com a aprovação do novo Código Florestal, pela Lei Federal 12.651/12, essas continuam sendo áreas de preservação permanente, porém não precisam estar necessariamente cobertas com vegetação nativa, podendo, por exemplo, ser destinadas à silvicultura. A redação do Novo Código acabou abrindo precedentes para que a vegetação natural seja suprimida em detrimento de plantios comerciais, como o eucalipto. Na figura 40, nota-se a substituição das áreas úmidas pela cultura permanente mostrando-se totalmente fora do que prevê a legislação, podendo causar impactos negativos no ambiente em questão, uma vez que, esse tipo de cultivo demanda da utilização de agroquímicos que podem chegar facilmente aos cursos hídricos. Já o uso campestre mostra-se adequado, uma vez que esse tipo de vegetação contribui para a manutenção e qualidade desse ambiente. O gráfico da figura 40, também revela que a categoria área úmida ganhou área sobre os usos de pastagem, o que pode ter ocorrido pelo represamento de águas rasas ou que posteriormente foram assoreadas.

### Campestre

A categoria de uso campestre, considerada como vegetação nativa tem grande importância na configuração das áreas de preservação permanente. Pode-se notar que houve importante variação nessa categoria na figura 41.

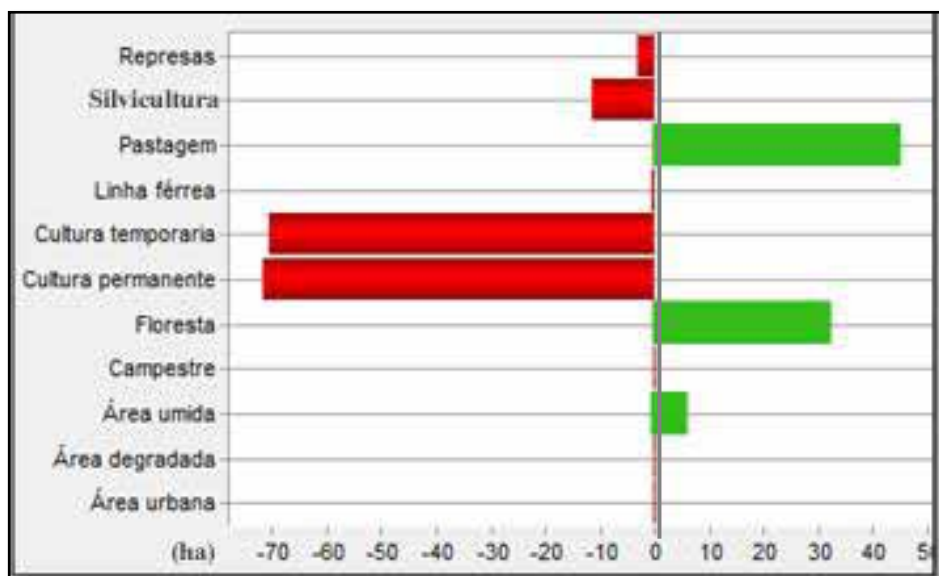


Figura 41: Contribuição para mudança na categoria campestre.

A categoria de uso campestre perdeu parte de sua área para as classes de cultura temporária, cultura permanente, silvicultura e represas, essa perda está representada na figura 41 pelas barras vermelhas. Essas mudanças podem acabar comprometendo a qualidade dos cursos hídricos, uma vez que parte da vegetação campestre se concentra nas áreas de preservação permanente e deveria ser mantida. Já as categorias de pastagem, floresta e área úmida foram ocupadas pelo uso campestre, fato que está representado pelas barras verdes. Ao analisar o ganho da categoria campestre sobre o uso pastagem temos um cenário positivo, uma vez que essa categoria exerce importante papel na manutenção da vida de várias espécies da fauna e da flora, proporcionando um ambiente equilibrado para seu desenvolvimento. Porém partes de floresta foram revertidas em campestre, fato que pode ser entendido como aumento do desmatamento, que acaba desconfigurando a vegetação natural de maior porte e deixando somente as vegetações arbustivas e de pequeno porte.

#### - Cultura permanente

A variação da cultura permanente foi significativa, uma vez que esse uso não existia em 1962. Em 2010 a presença deste uso acabou ocupando grande área do que em 1962 era pastagem. Também nota-se que esse uso ocupou áreas de cobertura campestre e floresta, essas mudanças estão representadas pelas barras verdes na figura 42.

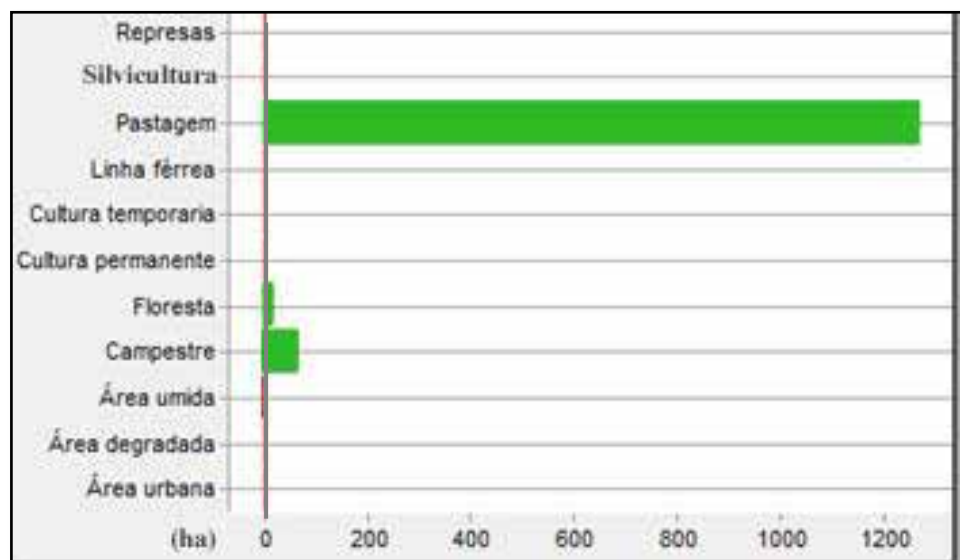


Figura 42: Contribuição para mudança na categoria cultura permanente.

As mudanças nessa categoria refletem diretamente na dinâmica econômica da área de estudo. A categoria cultura permanente é representada na área pelo cultivo de laranjas, que ocupa parte da bacia e cada vez mais vem ganhando espaço na região devido às condições favoráveis para o desenvolvimento da planta e à implantação de estruturas para o comércio do produto. O município de Avaré desponta como grande produtor cítrico no estado de São Paulo. Esse cenário ganha destaque na região, com a implantação de fábricas ou beneficiadoras de suco e do fruto no município de Botucatu (Cutrale ou sucocítrico) o que incentiva e viabiliza a produção na região.

### - Florestal

A categoria Florestal teve aumento sobre as áreas de pastagem, representado pela barra verde, mas acabou perdendo áreas para os usos de represa, reflorestamento, cultura temporária, cultura permanente e campestre, representado pelas barras vermelhas, como pode ser notado na Figura 43.

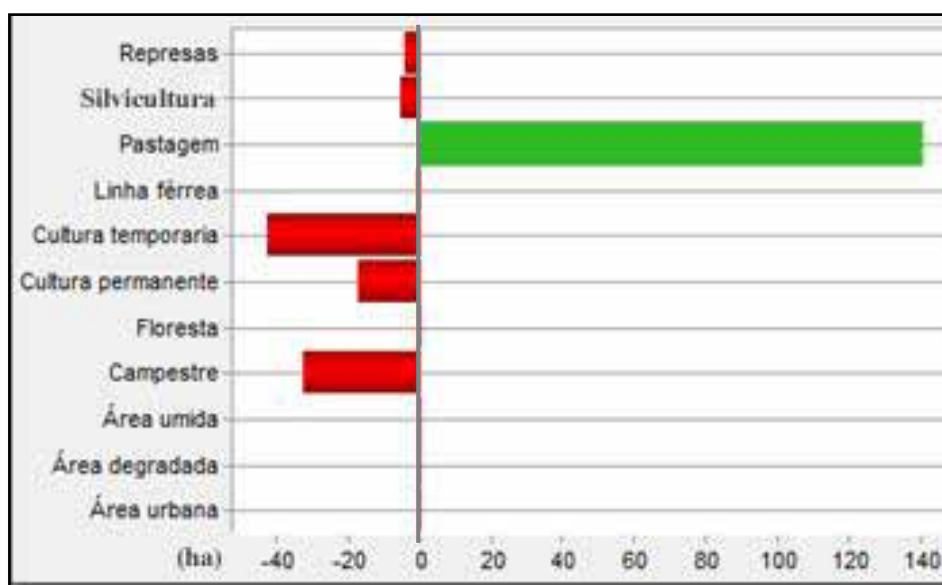


Figura 43: contribuição para mudança na categoria florestal.

Esse cenário evidencia que houve desmatamento, principalmente para destinação das terras aos cultivos agrícolas, essas características podem ser percebidas em quase todo território nacional. O fator mais preocupante dessa situação é quando o desmatamento atinge as áreas de preservação permanente,

pois, acaba-se expondo o curso hídrico a uma série de possíveis impactos negativos, como o assoreamento, poluição, comprometimento da ictiofauna, dentre outros. Essa situação foi encontrada em vários locais da bacia, sendo que algumas das áreas mais impactadas com o desmatamento se encontram nas áreas de preservação da bacia. O aumento da categoria florestal sobre a categoria pastagem ocorreu nas áreas de preservação permanente que em 1962 não eram consideradas como tal. Assim nota-se, ao mesmo tempo, que a legislação ambiental vem sendo desrespeitada em alguns locais e cumprida em outros.

### - Cultura Temporária

A categoria cultura temporária aumentou, ocupando áreas de pastagem em cerca de 800 ha. Ocupou também áreas dos usos floresta e campestre, representado pelas barras verdes na figura 44.

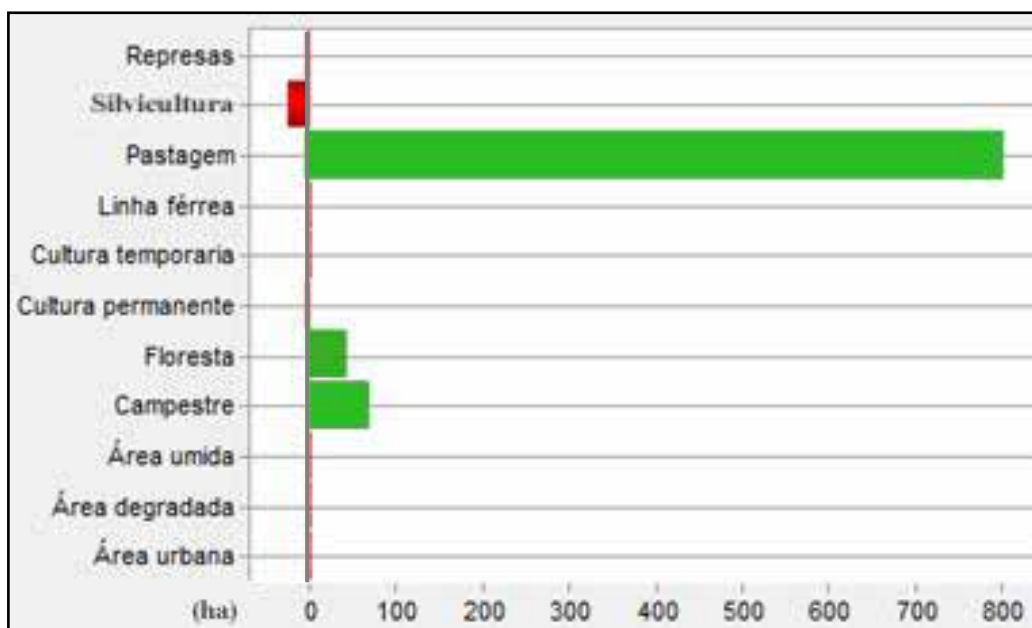


Figura 44: Contribuição para mudança na categoria cultura temporária.

O plantio de cultivos temporários (milho, aveia, soja, trigo, dentre outros), varia com as épocas do ano, bem como, com o retorno econômico oferecido por cada cultura, onde o produtor acaba sempre destinando sua área ao plantio mais lucrativo. O fator negativo encontrado na bacia foi o avanço da cultura temporária sobre áreas naturais, como floresta e campestre. Como já dito anteriormente a perda

das coberturas naturais para qualquer outra cobertura resulta em perda para o ambiente natural.

### - Pastagem

A categoria pastagem perdeu áreas para o reflorestamento, a cultura temporária, a cultura permanente, a floresta e a campestre. Esse cenário está representado na figura 45 pelas barras vermelhas.

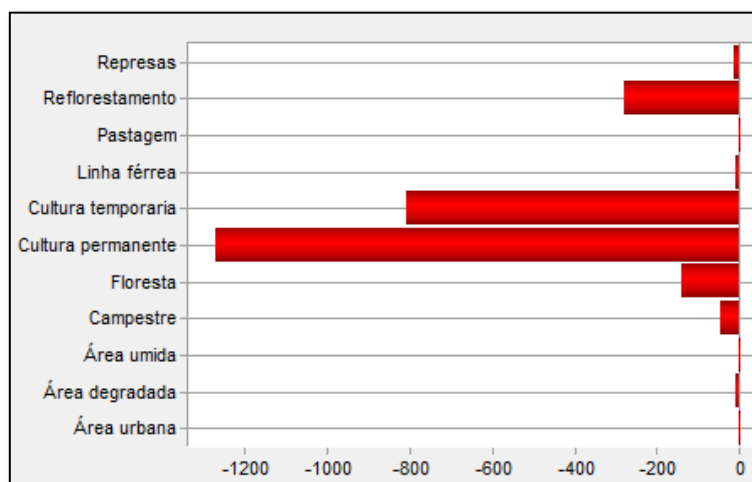


Figura 45: Contribuição para mudança na categoria pastagem.

A perda da cobertura pastagem para os demais usos deve-se ao fato de que esta ocupava a maior área da bacia em 1962. Com a entrada de outras categorias de cultivo, assim como as variações econômicas de cada época, a pastagem, destinada à pecuária na bacia acabou sendo trocada por outras coberturas como o reflorestamento, culturas temporárias e permanentes. O fator positivo na mudança dos usos está atrelado à perda da pastagem para coberturas como a floresta e campestre, uma vez que essas são vegetações naturais que garantem o equilíbrio do ambiente.

### - Silvicultura

Essa categoria, inexistente em 1962 ocupou áreas que pertenciam às categorias pastagem, cultura temporária, floresta e campestre, que pode ser notado na figura 46, através das barras verdes.

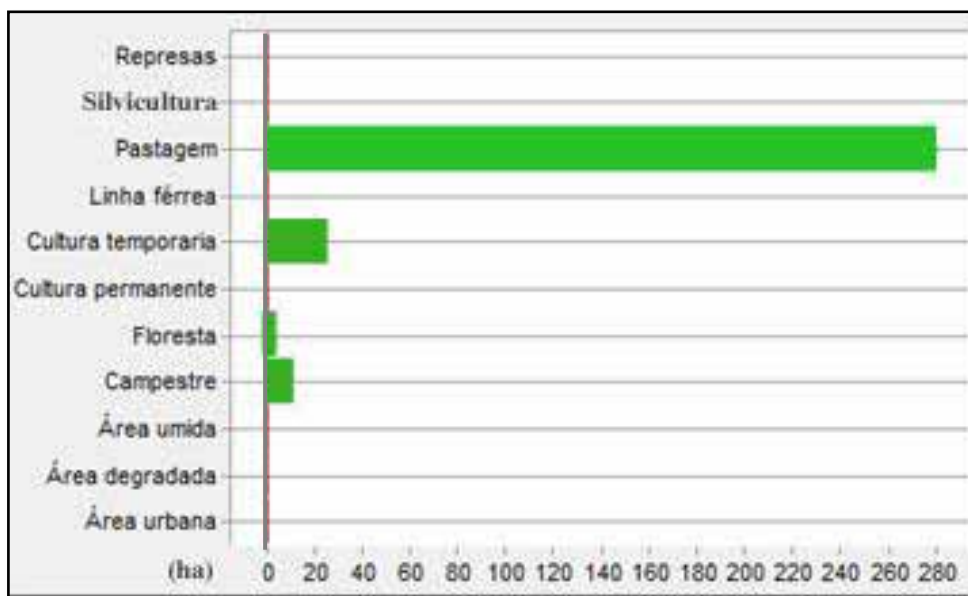


Figura 46: Contribuição para mudança na categoria silvicultura.

A entrada da categoria silvicultura mostra-se expressiva na área de estudo. Esse cultivo está basicamente atrelado às plantações de eucalipto, destinados à produção de madeira e de papel e celulose, e vem ganhando espaço no cenário da região devido à alta demanda dos produtos provindos desse tipo de cultivo o que faz com o seu preço de comercialização seja interessante para os proprietários rurais.

#### - Represas

Essa categoria apresentou aumento em relação a 1962, principalmente sobre as áreas que naquele ano eram ocupadas por pastagem, cultura temporária, floresta e campestre, representado pelas barras verdes na figura 47. Isto se deve provavelmente à necessidade de armazenamento de água para ser usada na irrigação e para a dessedentação de animais.

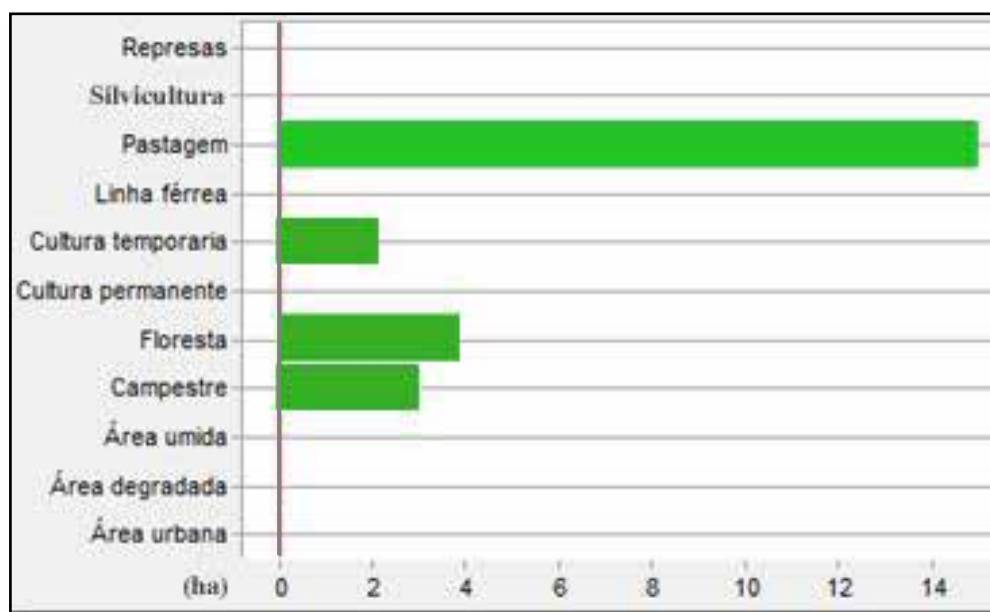


Figura 47: Contribuição para mudança na categoria represa.

#### - Variação por categoria de uso entre 1962 e 2010.

As variações líquidas representam as alterações mais significativas que correspondem às categorias pastagem, cultura temporária, cultura permanente e reflorestamento. A categoria pastagem apresentou um decréscimo, refletindo a mudança econômica da área no período analisado, como pode ser notado ao longo das discussões. Alguns usos foram introduzidos na bacia em questão mudando, assim, a dinâmica da área. As categorias inseridas ou ampliadas fazem parte desse contexto de variações econômicas.

As categorias de cultura permanente e silvicultura não existiam na bacia em 1962, essas passaram a configurar um cenário importante para a região a partir da instalação de empresas do ramo, como é o caso da empresa Eucatex, que utiliza da matéria prima provinda do plantio de eucaliptos, e das duas maiores empresas beneficiadoras de laranja do mundo a Cutrale, que possui sede na região e a Citrosuco que utiliza das terras da região para plantações. A instalação dessas empresas transformou a região em uma das maiores produtoras de suco de laranja do estado de São Paulo.

O aumento da categoria cultura temporária oscila de acordo com o mercado consumidor e a demanda de produtos. Nessa categoria podem-se enquadrar diversas culturas, dentre elas: milho, soja, aveia, cana de açúcar, feijão, etc.

A figura 48 sintetiza as variações que ocorreram nos usos e coberturas da terra no período de 1962 a 2010, sendo que as barras vermelhas representam as perdas e as barras verdes os ganhos.

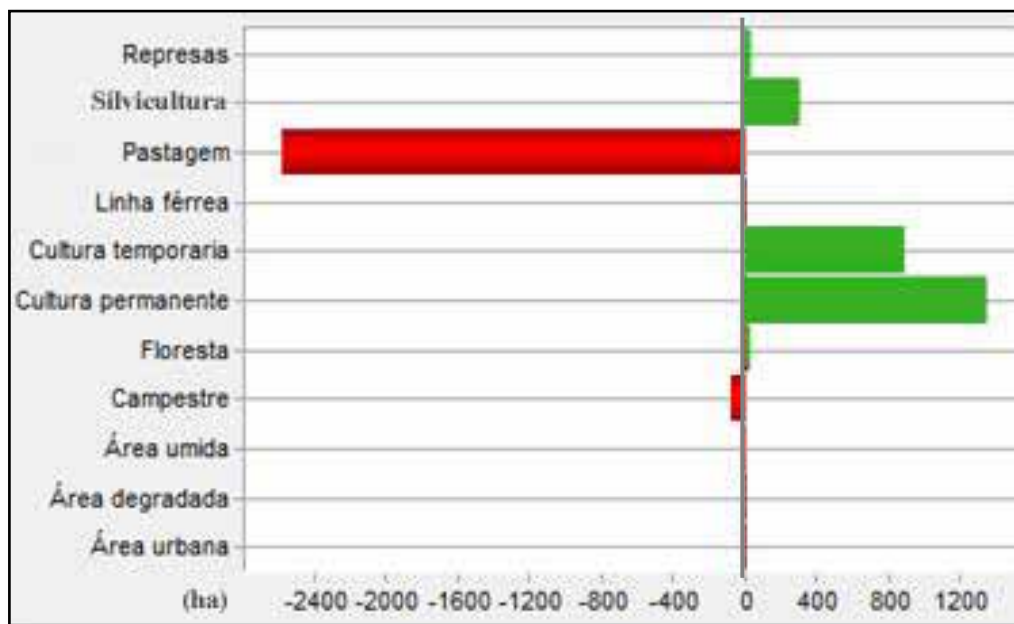


Figura 48: Síntese das variações dos usos no período de 1962 e 2010.

Na figura 49 pode-se observar a espacialização de cada tipo de uso de acordo com as principais mudanças que ocorreram na bacia.

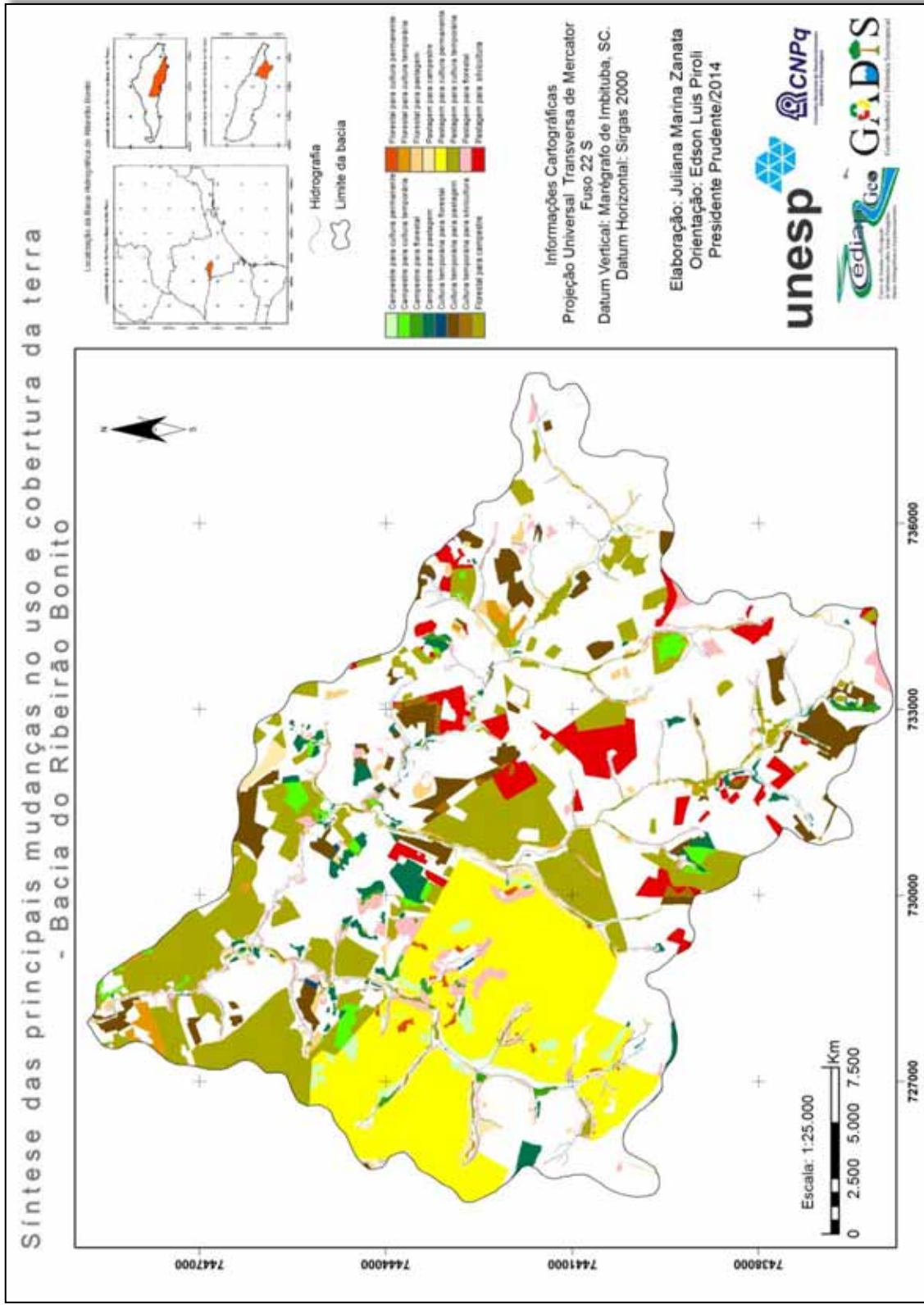


Figura 49: Mapa síntese das principais mudanças no uso e cobertura da terra.

### **5.5.2 Permanência dos usos e coberturas da terra entre 1962 e 2010.**

Através do aplicativo *Land Change Modeler*, foi possível quantificar e espacializar os usos que permaneceram no período de análise. Esse tipo de informação mostra-se relevante para entender as dinâmicas ocorridas na bacia.

Com estas informações foi possível perceber que o uso que apresentou maior permanência foi o de pastagem. Cabe ressaltar a permanência de alguns fragmentos florestais que se mantiveram ao longo do período analisado. A figura 50 representa a espacialização dos usos que permaneceram no período de 1962 e 2010.

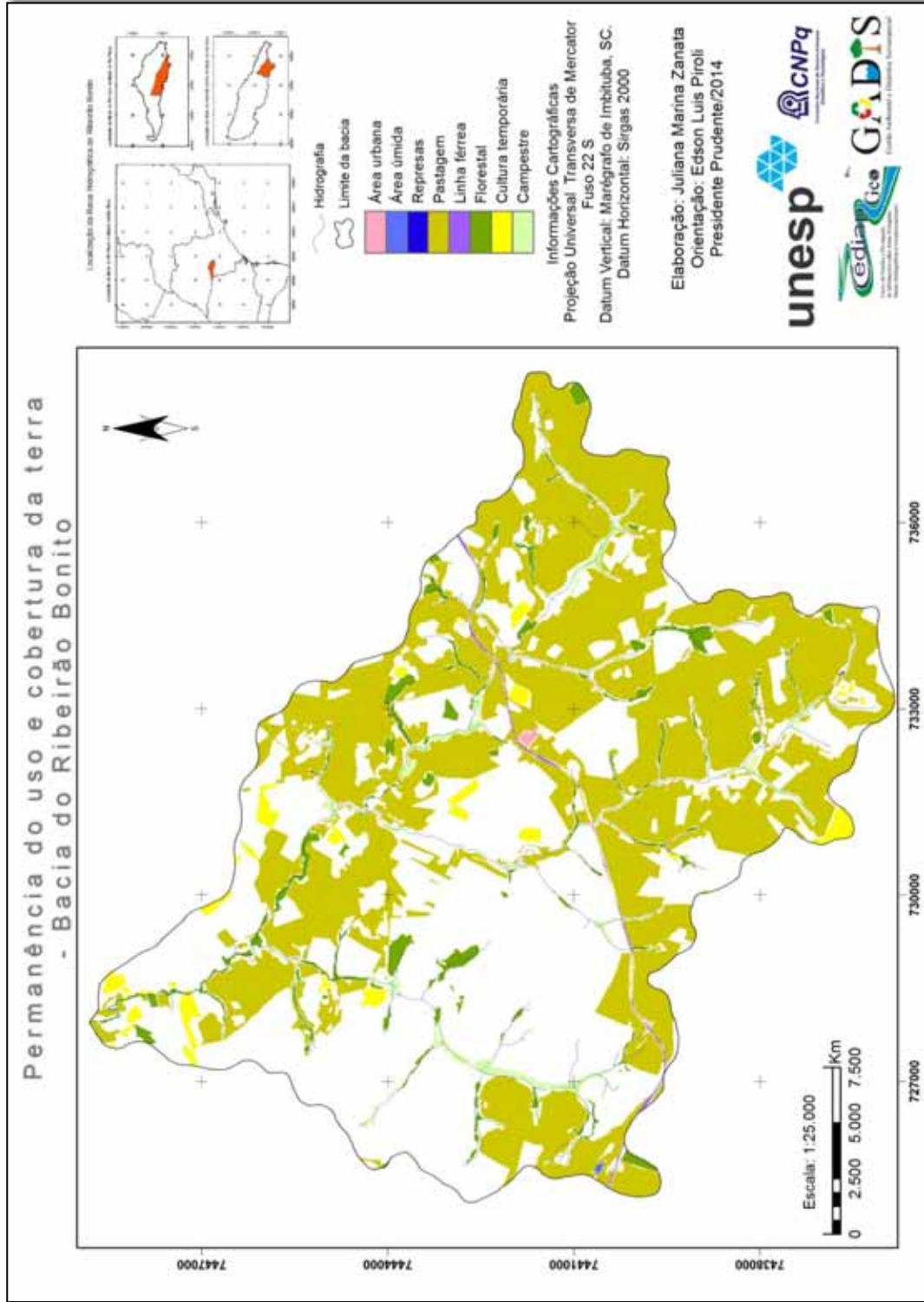


Figura 50: Mapa da permanência do uso e cobertura da terra

### 5.5.3 Ganhos, Perdas e Persistências dos principais usos e coberturas da terra.

A Tabela 6 apresenta a síntese das mudanças ocorridas nas principais categorias.

Tabela 6: Comparativo entre ganho, perda e persistência de cada categoria.

Usos/cobertura	Ganho (ha)	Perda (ha)	Persistência (ha)
Campestre	278,84	351,80	99
Cultura temporária	1.290,90	401,70	136,86
Florestal	284,10	244	241,65
Pastagem	612,68	3.191,35	3.742,04
Represas	24,11	---	----
Silvicultura	322,84	---	----
Cultura permanente	1.368,55	----	----

Conforme pode ser visto na tabela 6, as categorias que apresentaram maiores mudanças foram a pastagem, com perda de 3.191,35 ha e persistência de 3.742,04 ha, a cultura temporária com ganho de 1.290,90 ha, e a cultura permanente, com ganho de 1.368,55 ha. Essas mudanças revelam que a bacia apresenta uma dinâmica econômica que varia entre a pecuária e as culturas permanentes e temporárias, representadas, respectivamente, pelo plantio de laranjas e grãos como milho, soja e aveia.

#### - Campestre

Na categoria de uso campestre foi possível perceber que houve uma variação significativa, principalmente se considerarmos a perda. Através do LCM, foi possível espacializar e quantificar essas variações. Foram perdidos 351,80 hectares da categoria campestre, 99 hectares permaneceram e 278,84 hectares foram ganhos. Na Figura 51 podemos notar que a perda expressiva se deu próximo à foz do Ribeirão Bonito, áreas onde atualmente são encontradas plantações de laranjeiras. Os ganhos e permanências se concentram próximo às margens dos rios, áreas que devem ser de preservação permanente. Pode-se atribuir esse fato às

legislações ambientais que preveem esse tipo de proteção tanto para os recursos hídricos, quanto para fauna e flora dessas áreas. Essas áreas de cobertura campestre podem ser reflexo do abandono de áreas destinadas para a recuperação vegetal, ou podem ser reflorestamento de espécies nativas em fase inicial.

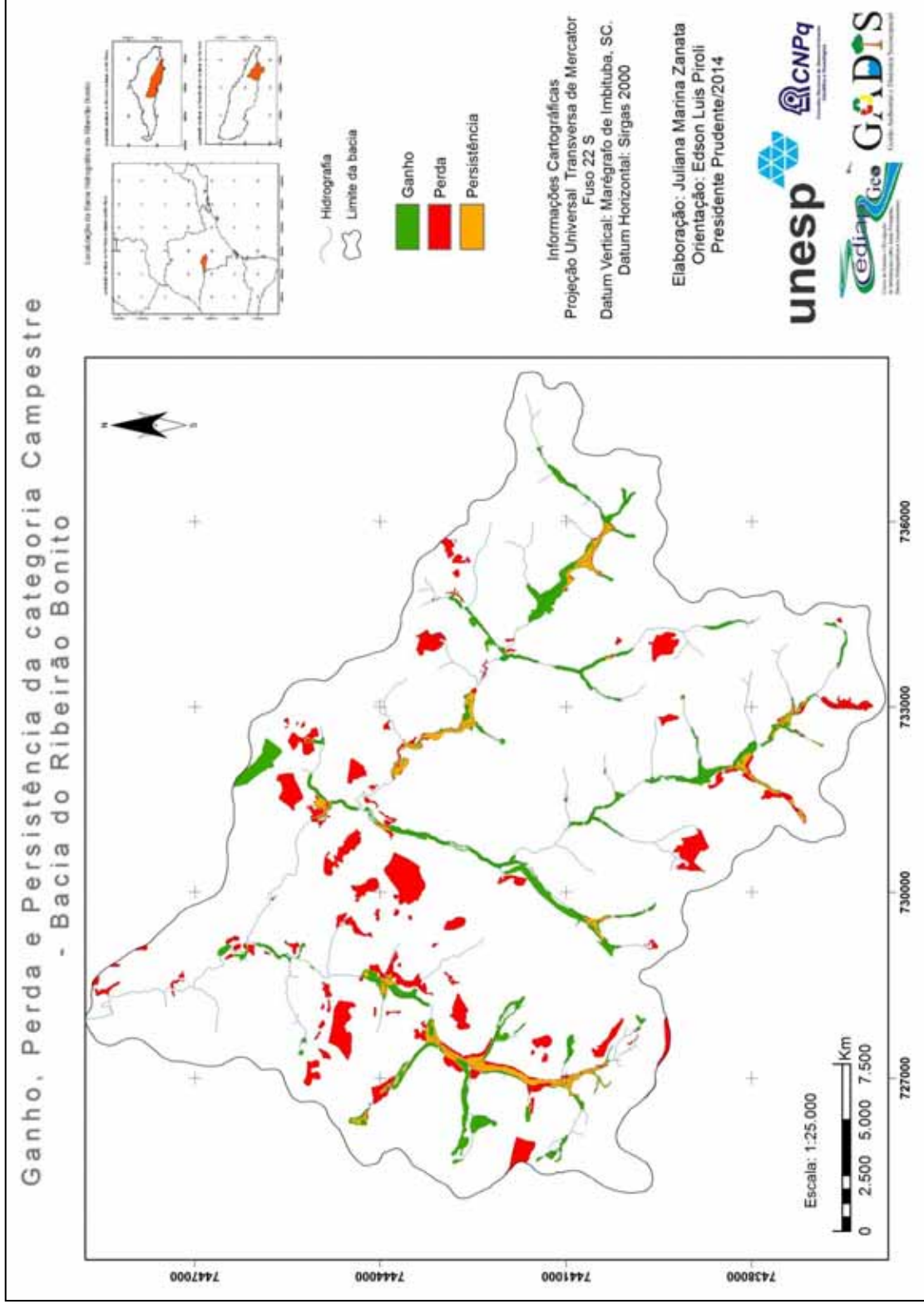


Figura 51: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria campestre.

### **- Cultura Temporária.**

Na análise da categoria cultura temporária, notou-se que houve um aumento significativo desta, principalmente próximo à foz do Ribeirão Bonito. Nos trabalhos de campo realizados foi constatado que estas áreas são destinadas ao plantio de milho e soja. Da área total destinada à cultura temporária, 401,70 hectares foram ocupados com outros usos, 136,86 hectares permaneceram com cultura temporária no período analisado e 1.290,90 hectares foram adicionados a esta categoria indicando ganhos na mesma. A figura 52 espacializa onde ocorreram essas alterações.

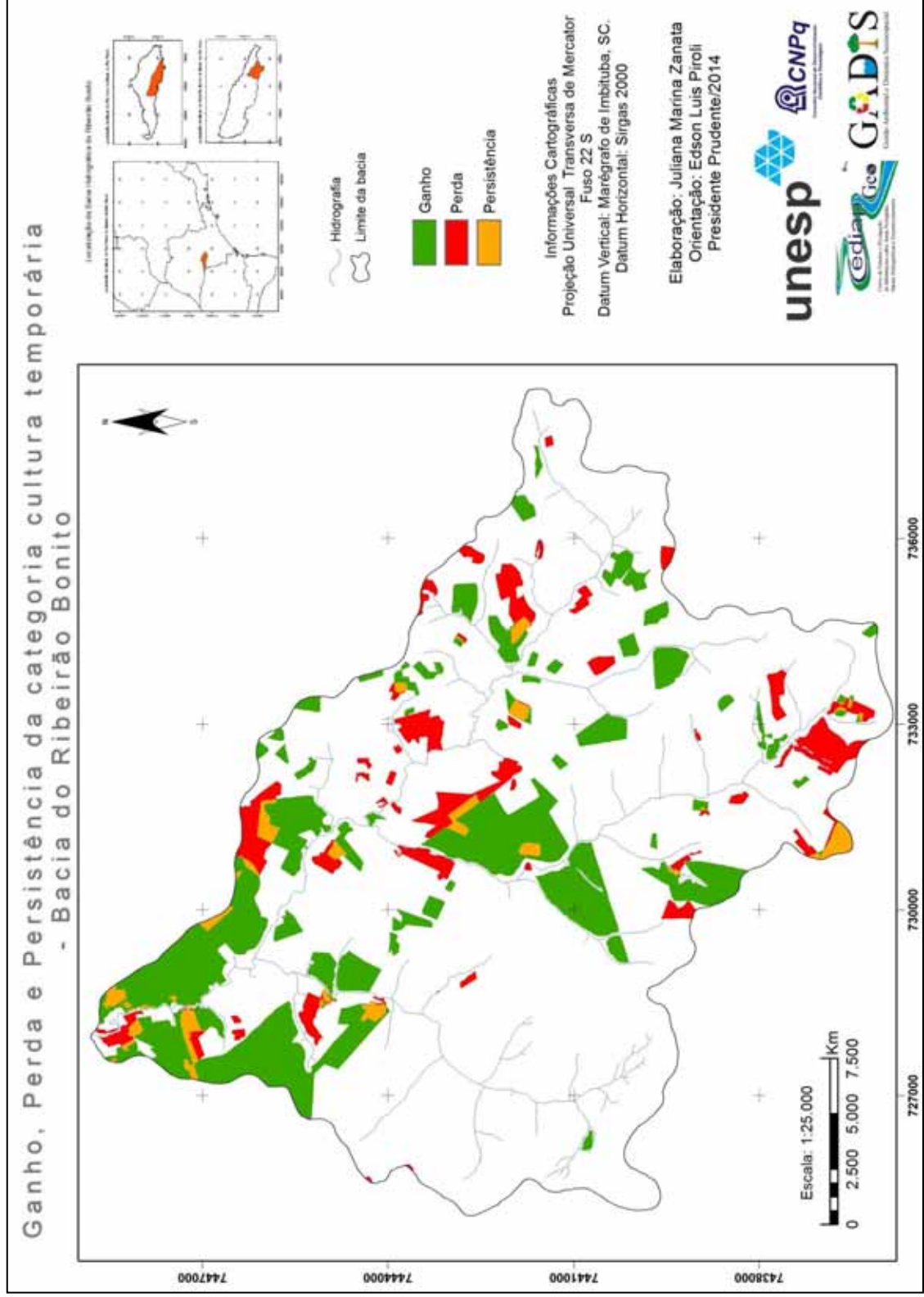


Figura 52: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria cultura temporária.

## **- Florestal**

Na categoria florestal, as variações foram quase que equivalentes, com o predomínio do ganho. Sabe-se da importância dessa categoria para assegurar a proteção dos recursos naturais como a água o solo e a fauna silvestre, bem como do micro-clima regional. Assim os valores encontrados dessa categoria ainda são ineficientes para garantir sua função primordial, uma vez que perdeu 244 hectares no período de 1962 e 2010, manteve 241,65 hectares e ganhou 284,10 hectares.

Essa categoria, apesar da sua inquestionável importância, acaba sendo vítima da economia, uma vez que ainda hoje, ter uma área de mata em uma propriedade, na mentalidade do proprietário, é perder dinheiro, em função de que aquela área poderia ser destinada a cultivos lucrativos. Assim grande parte da vegetação, não só da área em questão, mas do Brasil todo, acaba sendo dizimada em prol do "progresso".

Desde a criação do Código Florestal em 1965, através da Lei 4.771/65 que visava a proteção dos recursos naturais como as florestas, esse cenário de degradação vem tentando ser revertido. Na área de estudo pode-se perceber que a criação de um conjunto de legislações contribuiu para recompor partes da vegetação natural, em especial nas áreas destinadas à preservação permanente. A Figura 53 mostra a espacialização dessas alterações.

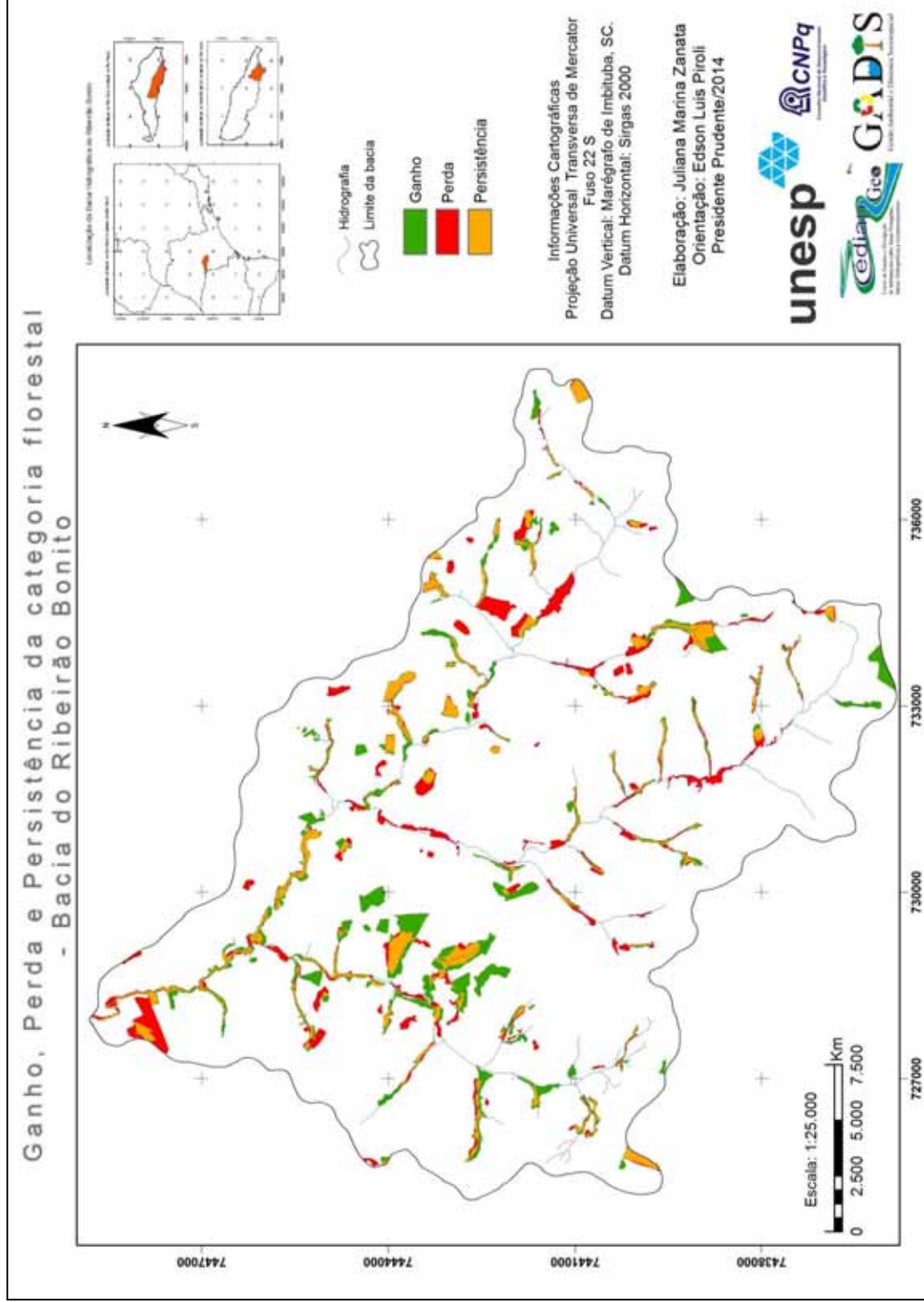


Figura 53: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria florestal.

Esse cenário poderá ser modificado a partir da aprovação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, o novo Código Florestal. A redação dessa lei acaba deixando varias lacunas para que práticas, que até então seriam ilegais, passem a ser legalizadas, como por exemplo, a recomposição das áreas de preservação permanente. De acordo com o Novo Código, a recomposição não precisa ser com espécies nativas e a metragem varia de 5 metros, para propriedades de até um módulo fiscal, até 30 metros para propriedades com mais de 4 módulos fiscais. O grande problema da redação da referida Lei é que o tamanho de um módulo fiscal varia de município para município. A adoção dessa nova medida dificultará a realização de trabalhos e pesquisas que tenham por finalidade monitorar as APPs, assim como abre precedentes para que uma propriedade desmate 25 metros, deixando somente os 5 metros necessários no caso de recomposição, ou que uma grande propriedade se divida em várias pequenas para recompor o mínimo necessário.

#### **- Pastagem**

A categoria pastagem predominou na bacia nas duas épocas analisadas. A grande perda de área da categoria se deu para a plantação de cultivos permanentes, no caso a laranja. Para esta classe foram perdidos 3.191,35 hectares. Foram mantidos ao longo do período avaliado 3.742,04 hectares de pastagem. E o ganho desta categoria sobre as demais foi de 612,68 hectares. Esses dados revelam que a economia da bacia sofreu mudanças, mas que ainda há o predomínio da pecuária, justificando as grandes extensões cultivadas com pastagem. A figura 54 representa o exposto acima.

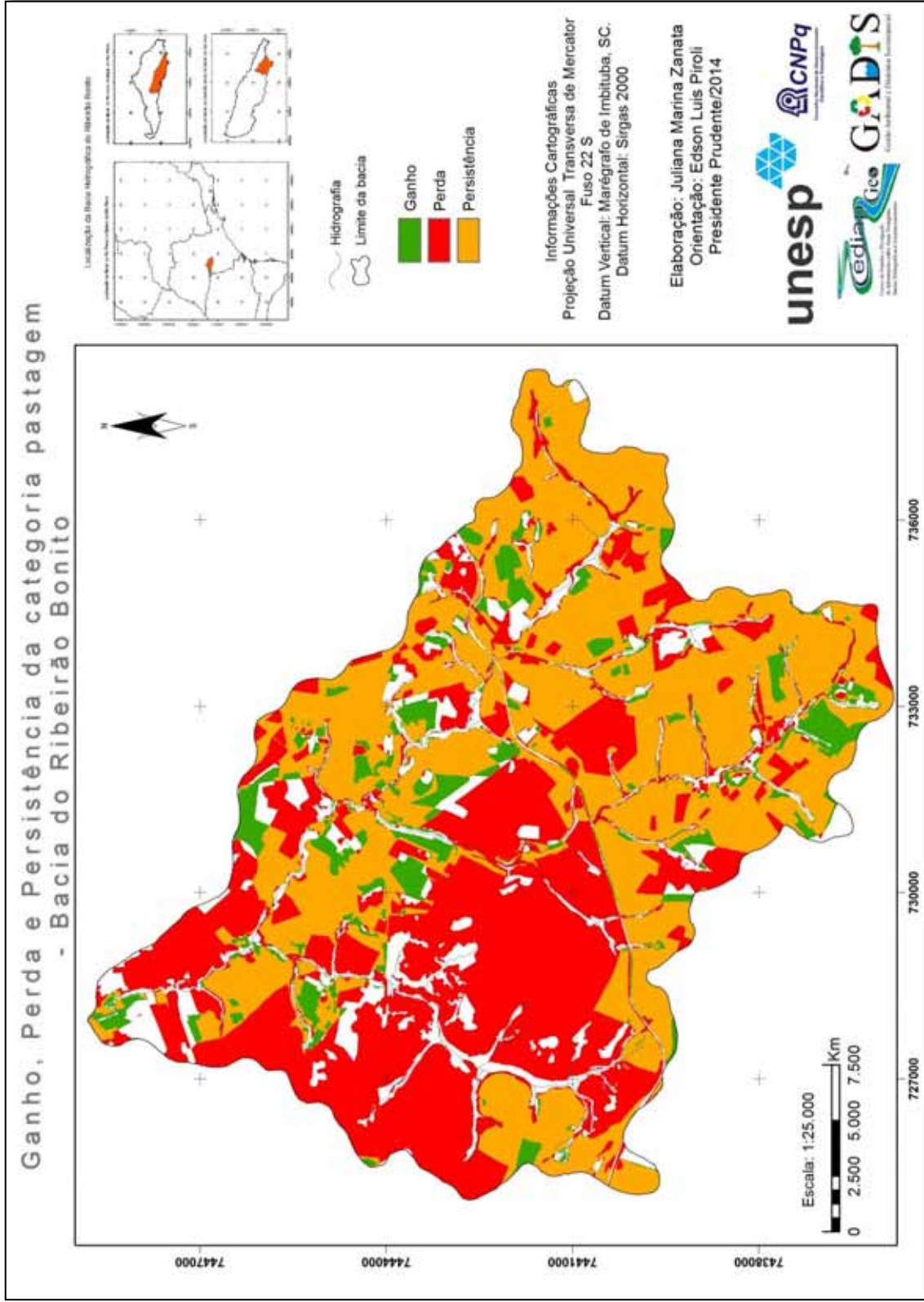


Figura 54: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria pastagem.

### **- Represa**

A categoria represa foi representada por pequenas áreas com lagoas construídas ao longo do período analisado. Essa mudança se destacou, pois em 1962 a presença dessa categoria era bem menor do que em 2010. Assim 24,11 hectares foram transformados em represas, destinadas para dessedentação de animais e fontes de água para irrigações. A figura 55 representa a evolução dessa categoria.

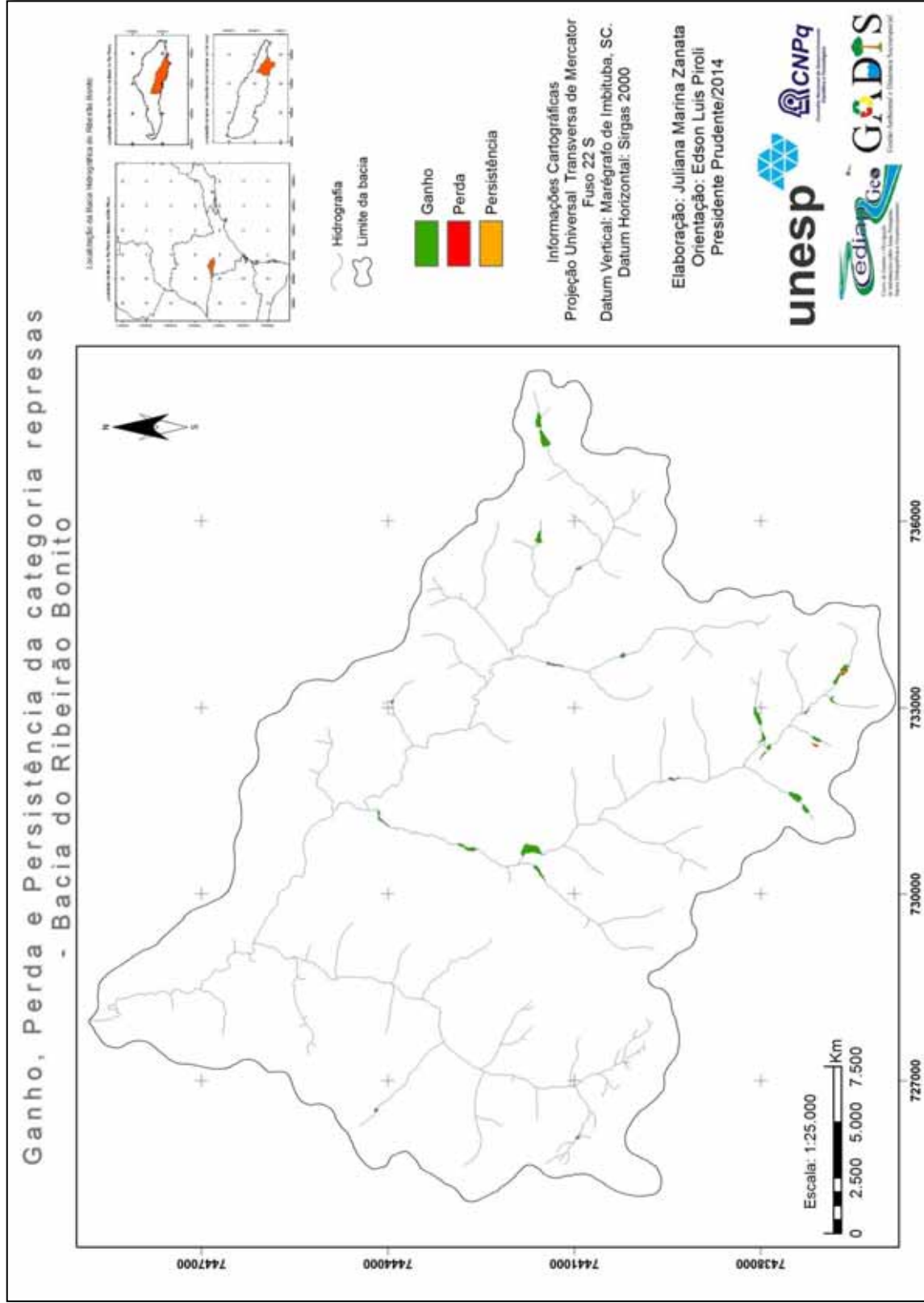


Figura 55: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria represas.

### **- Silvicultura**

Foi observado que no período analisado, essa categoria só apresentou ganhos, sendo que foi identificada somente no ano de 2010. Essa categoria teve destaque na área de estudo a partir da instalação de uma fábrica de celulose na região, o que incentivou a destinação de áreas para o plantio de eucalipto. Desta forma, esse cultivo apresentou incremento de 322,84 hectares na bacia. A figura 56 apresenta as áreas destinadas a esse cultivo.

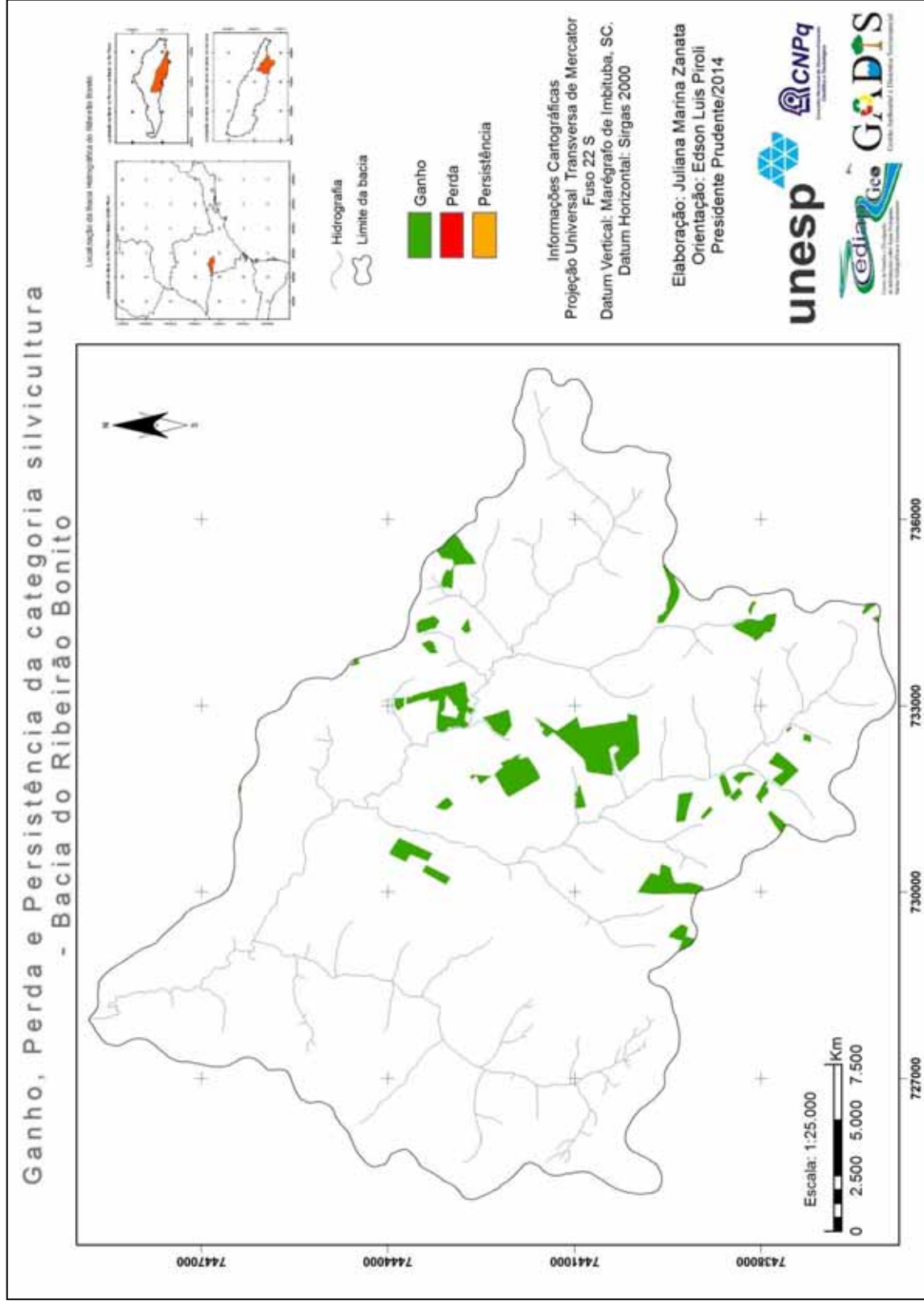


Figura 56: Mapa de ganho, perda e persistência na categoria silvicultura

#### 5.5.4 Uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente dos corpos d'água.

Pelo que determina a legislação ambiental vigente no Brasil, essas áreas deveriam ser destinadas à proteção e preservação com a presença da vegetação ciliar. Porém, o panorama encontrado na maioria dos corpos hídricos nacionais não condiz com o que prevê a legislação.

Assim, no caso da Bacia do Ribeirão Bonito, pôde-se traçar um panorama da condição dessas áreas de 1962 até 2010, e entender o que de fato melhorou nas APPs da bacia. As tabelas 7 e 8 trazem os dados obtidos a partir da espacialização dos usos das duas épocas.

Tabela 7: Uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente dos corpos d'água em 1962.

Uso e cobertura da terra	Área (ha)	Percentual (%)	Cor Característica no mapa
Área Úmida	-	-	R=94 G=112 B=255
Área Urbana	-	-	R=255 G=168 B=192
Campestre	100	18,70	R=214 G=255 B=168
Cultura Temporária	12	2,25	R= 255 G=255 B=0
Florestal	212	39,60	R=115 G=168 B=0
Linha Férrea	1	0,18	R=158 G=94 B=255
Pastagem	209	39,06	R= 205 G=199 B=0
Represas	1	0,18	R=0 G=0 B=255
Total	535	100	

Nos usos e cobertura da terra espacializados em 1962 pôde-se notar que 58,48% dos usos estavam adequados nas áreas de preservação permanente. Dessa porcentagem 18,70% era ocupada com campestre, 39,60% com floresta e 0,18% com represas. Ao considerar a importância dessas áreas para a manutenção da vida das mais variadas espécies, assim como proteção para o corpo hídrico, em 1962 as áreas de preservação permanente, observa-se que cerca de 42%, não estavam sendo respeitadas ameaçando, assim, a qualidade e quantidade dos recursos naturais.

**Tabela 8:** Uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente dos corpos d'água em 2010

Uso e cobertura a terra	Área (ha)	Percentual de cobertura	Cor Característica
Área Degradada	2,7	0,40	R=223 G=115 B=255
Área Úmida	-	-	R=94 G=112 B=255
Área Urbana	-	-	R=255 G=168 B=192
Campestre	227,03	35,80	R=214 G=255 B=168
Cultura Permanente	15,84	2,50	R=255 G=230 B=100
Cultura Temporária	16,73	2,65	R= 255 G=255 B=0
Florestal	212,03	33,45	R=115 G=168 B=0
Linha Férrea	1,9	0,30	R=158 G=94 B=255
Pastagem	128,75	20,30	R= 205 G=199 B=0
Silvicultura	4,66	0,75	R= 205 G=130 B=0
Represas	24,06	3,80	R=0 G=0 B=255
Total	633,7	100	

Em 2010, o panorama quantificado revelou que 73,05% das áreas de preservação permanente encontram-se sob usos adequados. Desse percentual, 35,80% estava ocupado com campestre, 33,45% com florestal e 3,80% com represas. Pôde-se perceber que houve um aumento em todas as categorias de uso, quanto ao aumento nas áreas represadas, esse contribuiu diretamente para o aumento da área total de APP da bacia, uma vez que essas áreas também devem ter 15 metros de vegetação ciliar na composição da APP. Com isso a área de APP, que era de 535 hectares em 1962, passou para 633,7 hectares em 2010.

Neste caso, o resultado encontrado em 2010 é mais satisfatório quando comparado com o de 1962, porém ainda precisa ser melhorado. O avanço da qualidade ambiental expresso através do aumento das áreas protegidas deve ser atribuído à implantação de Leis que passaram a abranger a esfera ambiental, em especial os corpos hídricos e a vegetação natural. Assim, o cenário encontrado evidencia a importância da legislação ambiental.

O mapeamento de áreas de APP, apresenta dificuldades na sua delimitação uma vez que as bases cartográficas atualmente disponíveis não apresentam escalas adequadas para atender ao que é previsto pela legislação. Há um déficit muito grande de bases cartográficas que permitam um mapeamento mais detalhado.

Muitas vezes órgãos voltados para planejamento (Estados, Prefeituras e Comitês de Bacias) trabalham com escalas de 1:500.000, 1:250.000 ou 1:50.000 que é o caso das cartas topográficas disponibilizadas pelos IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapeamentos nessas escalas quase não representam áreas tão pequenas, como 30 metros de margem de um rio ou 50 metros de uma nascente.

Sobre esse assunto Piroli e Zanata (2014), afirmam que além das bases oficiais estarem em escalas inadequadas, estas também se mostram desatualizadas. Os autores revelam a importância de estudos em escala adequada, principalmente no que diz respeito às áreas de preservação permanente. De acordo com os autores essa importância pode ser confirmada através de um cálculo simples: se na escala de 1:50.000, um centímetro corresponde a quinhentos metros no terreno, e um milímetro representa cinquenta metros no terreno, a largura da área destinada à preservação ao redor das nascentes representa um milímetro na carta topográfica, e, as margens, que deveriam ter 30 metros de largura representariam 0,6 milímetros.

Esses valores são praticamente irrelevantes na interpretação da totalidade de uma carta topográfica, fato esse, que estaria contribuindo possivelmente até para que áreas que deveriam estar preservadas sejam desmatadas, pois nessa escala fica impossível até mesmo a fiscalização quanto ao cumprimento da legislação.

A utilização de mapeamentos com imagens de satélite de alta resolução, e geração de mapas das áreas protegidas a partir de operadores de distâncias, são na atualidade, o meio mais adequado para se espacializar e quantificar os usos dessas áreas, diante das possibilidades que são apresentadas, e dos resultados satisfatórios para entender a dinâmica, bem como ter um panorama geral de como estas áreas se encontram.

Para o mapeamento das APP da bacia foram utilizadas as medidas propostas pela Lei 12.651/12 e Medida Provisória 571/12, que no caso consideram os 30 metros a partir do Leito maior sazonal e 50 metros para áreas de nascentes. A proposta da referida Lei, no que diz respeito à recomposição das APPs dificulta a realização de estudos dessa ordem, uma vez que essa dispõe sobre a necessidade do mapeamento de cada propriedade rural, para então calcular-se a área a ser recomposta. O grande problema dessa questão é que o cálculo de recomposição é realizado a partir dos módulos fiscais, e esses módulos variam de município para

município, fato que acabará gerando problemas no processo de recomposição. Ao estabelecer essas diretrizes, o Código Florestal acaba conflitando com a Lei 9.433, que diz que a bacia hidrográfica deve ser a unidade de gestão dos recursos hídricos, não apontando a propriedade como unidade ideal.

Os mapas apresentados nas figuras 57 e 58 representam a espacialização do uso e cobertura da terra das áreas de preservação permanente nos anos de 1962 e 2010.

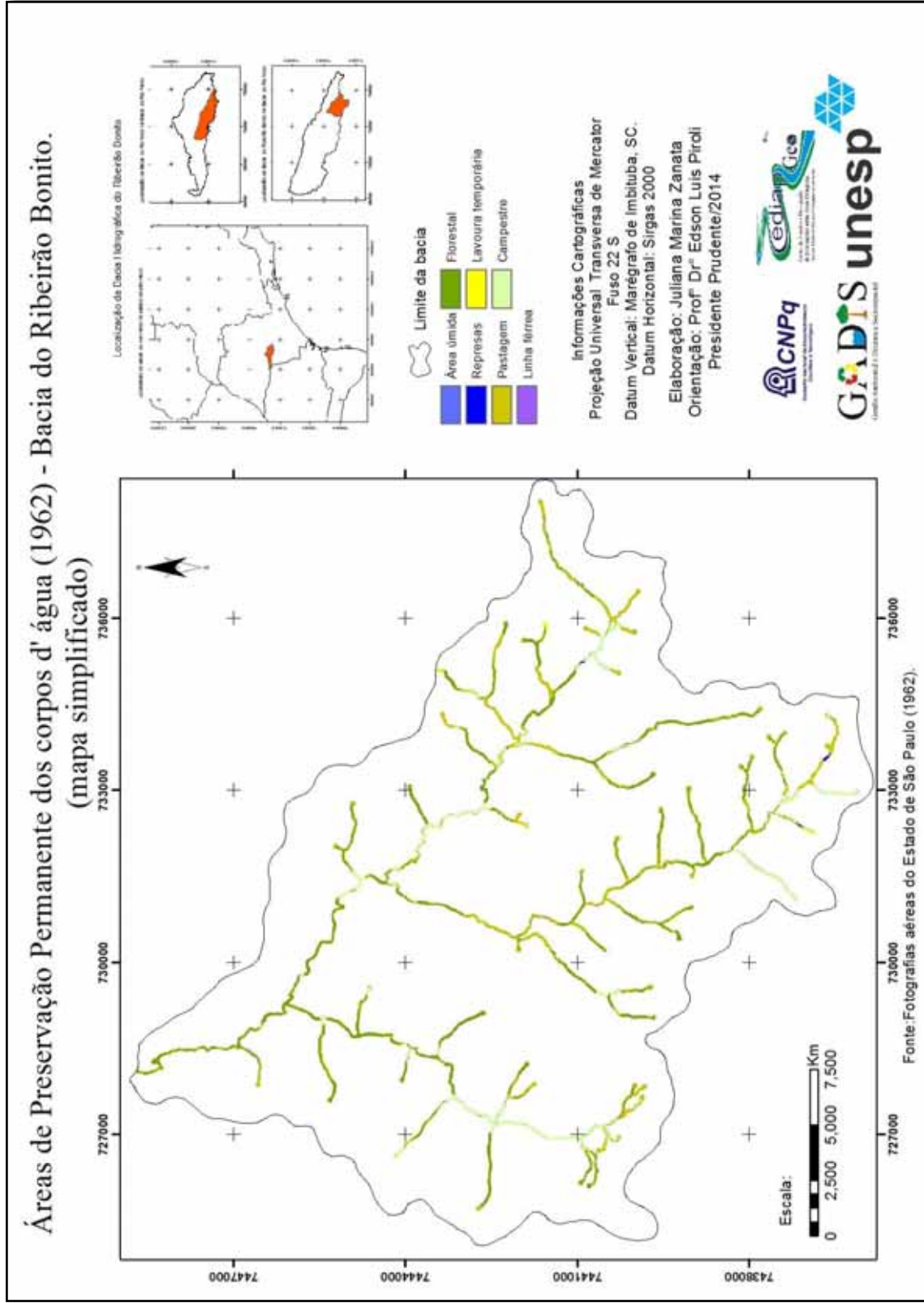


Figura 57: Mapa de uso e cobertura da terra nas APP em 1962.

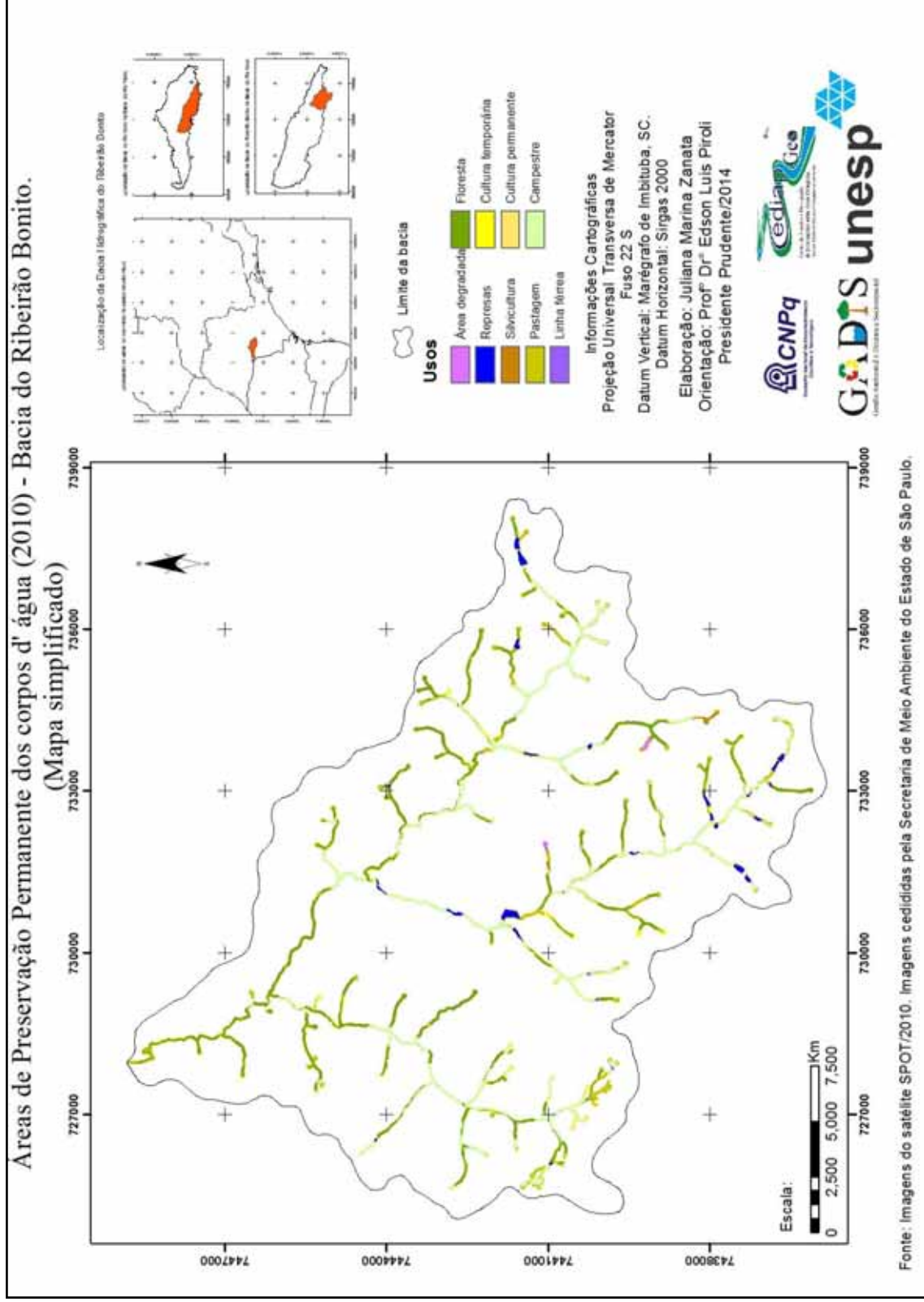


Figura 58: Mapa de uso e cobertura da terra nas APP em 2010.

Apesar do aumento de floresta e campestre nas áreas de preservação permanente, pode-se observar que ainda há muitos usos inadequados nessas áreas, como as culturas temporárias, permanentes e pastagens. Esses cultivos podem afetar diretamente a qualidade da água superficial e subterrânea, devido a quantidade de agroquímicos utilizados na produção. Outro fator agravante é o preparo do solo, especialmente nos cultivos temporários. Muitas vezes este é realizado sem a adoção de práticas conservacionistas, como terraceamento, preparo mínimo, cultura em faixa, entre outros. No caso da pastagem o excesso de animais também pode agravar processos erosivos e posteriormente provocar assoreamento de corpos hídricos. Essa ocupação conflituosa pode ser observada na figura 59, que mostra APP com usos diferentes dos considerados ideais.

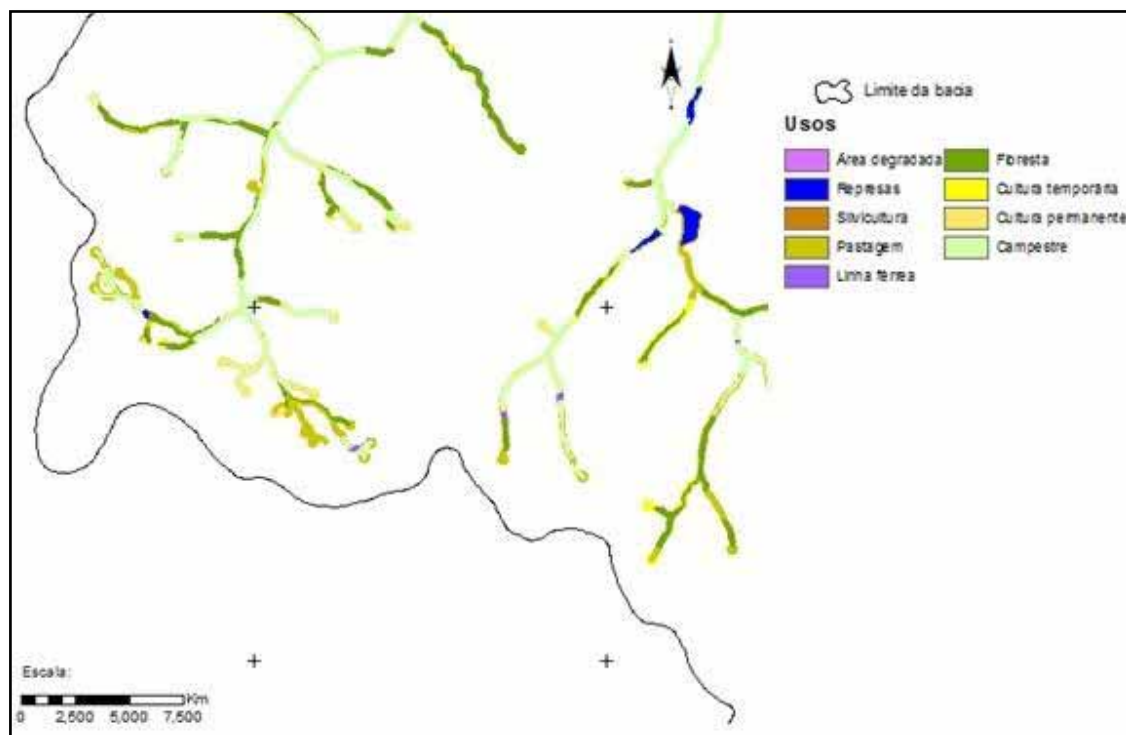


Figura 59: Áreas de conflito de uso em APP

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises efetuadas, verificou-se que as características morfométricas da área de estudo indicam ser esta uma bacia hidrográfica com baixa densidade de drenagem, com formato alongado, de quinta ordem. Estes aspectos revelam que a área tem baixo potencial para a ocorrência de inundações. O conhecimento dos parâmetros analisados permite a adoção de técnicas de manejo adequadas e o planejamento ambiental buscando o aproveitamento de todo o potencial da área, seja social econômico ou ambiental, buscando como resultado final a conservação dos recursos hídricos e demais recursos naturais em termos de qualidade e quantidade.

Após a quantificação e espacialização do uso e cobertura da terra, foi possível notar que no período avaliado, houve significativas mudanças na área da bacia do Ribeirão Bonito.

Na década de 1960, a paisagem que configurava a bacia era basicamente composta por pastagens, nesse período a diversidade de cultivos era pouca, concentrando-se em alguns cultivos temporários.

Já em 2010, apesar do cultivo de pastagem ainda ser expressivo na bacia, foi notada a inserção de outros usos. Essa variação está diretamente ligada à dinâmica econômica da região. Assim, notou-se que a pastagem cedeu lugar para a silvicultura, principalmente ao cultivo de eucalipto, e aos cultivos permanentes de laranja. Esses dois produtos ganharam destaque na região devido à proximidade das fábricas que os industrializam, e devido à alta demanda nacional e mundial pelos mesmos.

Durante os trabalhos de campo, foram observadas intensas atividades de preparo do solo para implantação da cultura da cana-de-açúcar, que juntamente com o eucalipto, a laranja, a soja e o milho configuram a tendência das novas ocupações na área.

Com o mapeamento realizado através do aplicativo *Land Change Modeler* (LCM), foi possível espacializar as dinâmicas e as transformações ocorridas no período de análise. Esse método comprova a importância e eficácia das técnicas de geoprocessamento quando aplicadas em estudos ambientais, principalmente quando o recorte espacial é a bacia hidrográfica.

Ao longo da pesquisa foi possível observar que a bacia em questão é acometida por uma série de problemas ambientais, como erosão, assoreamento dos corpos hídricos, empobrecimento do solo, utilização de práticas inadequadas de uso do solo, exploração de áreas que deveriam estar protegidas, dentre outros. Assim, entende-se que a área necessita de adoção de práticas conservacionistas para o uso do solo, bem como a implantação de programas voltados para o planejamento ambiental e o manejo adequado da área.

Notou-se pequeno avanço relacionado à recomposição das áreas de preservação permanente, e a partir da metodologia utilizada no trabalho foi possível quantificar os ganhos de vegetação natural no período, que foi de cerca de 150 hectares. Esse cenário revela que parte da legislação ambiental se fez cumprida na área, mas que ainda há áreas que carecem de vegetação ciliar.

## 7 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N.; MULLER-PLANTENBERG, C. (orgs). **Previsão de Impactos**. 2ª ed. São Paulo: Edusp, 1998.

ANDERSON, P. S.; RIBEIRO, A. J. Introdução à Fotointerpretação. In: ANDERSON, P. S. (Ed.). **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia: 1982.

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

BRASIL. **Lei Federal 9.433** de 8 de janeiro de 1997. Da Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997. Brasília: Presidência da Republica, 1998.

BRASIL. **Lei Federal 4.771** de 15 de setembro de 1965. Código Florestal. Brasília: Presidência da Republica, 1965.

BRASIL, **Decreto Federal N°97.632** de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília: Presidência da Republica, 1981.

BRASIL, **Lei Federal 7.803** de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Brasília: Presidência da Republica, 1989.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.985** de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Brasília: Presidência da República, 2002.

BRASIL. **Lei Federal n.12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Presidência da Republica, 2012.

BRASIL. **Lei Federal n.12.727**, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº12.651/2012, e as Leis nºs 6.938/1981, 9.393/1996, e 11.428/2006; e revoga as Leis nºs 4.771/1965, e 7.754/1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67/2001. Brasília: Presidência da Republica, 2012.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e a qualidade ambiental. In: **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**; Vitte, A. C.; Guerra, A. J. T (org) – 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

CAMPOS, R. A.; STIPP, N. A. F. Estudos morfométricos na bacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina/PR. In: YAMAKI, H.et al (orgs) **Geografia e Meio Ambiente**: estudos teóricos e metodológicos. – Londrina: Midiograf II, 2006.

CAMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 1993.

CARDOSO, C.A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica no rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Árvore**, Viçosa, v.30, n 2, p.241-248, 2006

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Diagnóstico da Área de Proteção Ambiental de Botucatu**. CETESB: 1985. 105p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. Série Relatórios, 2008, 531p.

COELHO NETO, A. L.; Hidrologia de encostas na interface com a geomorfologia. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8ª.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Rio Claro: Edgard Blücher Ltda., 1999.

COLAVITE, A.P.; **Geotecnologias aplicadas a análise da Paisagem na bacia hidrográfica do rio do campo**. Paraná - Brasil. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Hidrologia/04.pdf>, acesso em jan/2014.

DÉSTRO, G. F. G. Estudos para Implantação de Reservas Legais: Uma Nova Perspectiva na Conservação dos Recursos Naturais. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

DEBIESO, E. P. Planejamento e gestão de recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio/SP. Presidente Prudente. **Tese** (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2013.

DEMARCHI, J. C. Geotecnologias aplicadas à estimativa 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) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

ESPÍNDOLA, E. L. G. et. al. **A bacia Hidrográfica do córrego Monjolinho–RIMA**. USP - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2000.

EASTMAN, J. R. Idrisi for Windows - **Manual do usuário**: introdução e exercícios tutoriais. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998.

FARIAS, T. **Princípios gerais do direito ambiental**. Revista Primafacie, ano 5, nº 9, jul./dez. 2006.

FAO/IIASA. **Agro-ecological assessments for national planning: the example of Kenya**. Rome: FAO, 1993. (FAO Soils Bul, n. 67).

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

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

GARCIA, Y, M. Conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do Córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental. **Dissertação**. (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Orgs.: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico** - 3ª.ed – Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 2003.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. **Soc America Bulletin**, v.3, n.56, 1945.

IBGE. Censo 2010. Disponível em:  
<[http://www.ibge.gov.br/censo2010/dados\\_divulgados/index.php?uf=35](http://www.ibge.gov.br/censo2010/dados_divulgados/index.php?uf=35)>  
Acesso em 20 jan.2012.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>. Acesso Jan/2014

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. Escala 1:500.000.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: EIPHANIO, J.C.N (coordenador)...[et al.]. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LAMONICA, M. N., Impactos e reestruturação da gestão de recurso hídricos na bacia hidrográfica do rio São João - RJ/ Niterói: 2002. **Dissertação** (mestrado em geografia) Universidade Federal Fluminense, 2002.

LEAL, A.C. Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca - Campinas/SP, **Dissertação** (Mestrado em Geociências), UNESP/IGCE. Rio Claro, 1995.

LEAL, A.C. Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo. **Tese** de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

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 aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

LOCH, C. **Cadastro técnico multifinalitário rural e urbano**. Florianópolis, UFSC, Departamento de Engenharia Civil, 1989.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas**: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais. Florianópolis: Ed. UFSC, 1993.

LIMA, W.P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba:ESALQ. USP, 1976.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. **Planificación Ambiental**. La Habana, Editorial Félix Varela, 2008.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. 4ª.ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2010.

OLIVEIRA, J. B. et al. **Mapa pedológico do estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: EMBRAPA, 1999.

PRADO, R. B. Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP,

como suporte à gestão de recursos hídricos. São Carlos, SP, 2004. **Tese** (Doutorado). Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

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. **Tese de Livre Docência**. Ourinhos: UNESP/Campus Experimental de 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. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 2011, INPE.

PIROLI. E.L; ZANATA, J.M. Hydrography update and study of the permanent areas from a remote sensing of high spatial resolution. **Applied Research e Agrotecnology**. Vol.7. Jan/Apr (2014).

RAY, R.G. **Aerial photographs in geological interpretation and mapping**. U.S. Geological Survey, Washington, U.S.A, 1963.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo. 1997. Escala 1:500.000.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, E. P. dos. Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do ribeirão do Rebojo entre 1971/1972 e 2007/2008. UGRHI Pontal do Paranapanema – SP. Presidente Prudente, **Dissertação** (mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP, 2013.

SCHÄFER, A.G.; Aplicação de produtos fotogramétricos e do sensor laser scanner em projetos rodoviários - Estudo de caso: Trecho da SC-414. **Dissertação** (mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina. SC, 2004.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº. 9.866**, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 20.960** em 08 de junho de 1983. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental das regiões situadas em

diversos municípios, dentre os quais Corumbataí, Botucatu e Tejuπά.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DE SÃO PAULO. **Relatório zero**: diagnóstico do meio físico. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/arqs/relatorio/crh/cbh/223/v1relmpseg.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

STRAHLER A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans Am Geophys Union** n.38, p.913–920, 1957.

TONELLO, K. C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG. 2005. **Tese** (Doutorado em Ciências Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade (UFRGS)/Edusp/ABRH, 2001.

VEIGA, T .C.; XAVIER-DA-SILVA, J. A. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: O caso do município de Macaé-RJ. In: XAVIER-DA-SILVA, J.; Z Aidan, R. T. (Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VENTURIERI, A.; et al. **Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará**. Disponível em: [http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers\\_XIISBSR/648\\_Paragominas\\_SBSR.pdf](http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers_XIISBSR/648_Paragominas_SBSR.pdf). Acesso em: Nov/2014.

XAVIER-DA-SILVA, J.; Z Aidan, R. T. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento de áreas com necessidade de proteção: o caso do Parque Estadual do Ibitipoca – MG. In: XAVIER-DA-SILVA, J.; Z Aidan, R. T. (Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

ZAKIA, M. J. B.; DERANI, C. Situação Jurídica das Florestas Plantadas. In: LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **As florestas plantadas e a água**: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: RiMa 2006.