

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**ZONEAMENTO AMBIENTAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA
ABORDAGEM METODOLÓGICA APLICADA
NA BACIA DO RIO BONITO (SP)**

MARIA EUGÊNIA BRUCK DE MORAES

ORIENTADOR: Prof. Dr. REINALDO LORANDI

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências (Ciências Biológicas), área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

São Carlos
2003

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

M827za

Moraes, Maria Eugênia Bruck de.

Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na bacia do Rio Bonito (SP) / Maria Eugênia Bruck de Moraes . -- São Carlos : UFSCar, 2003.
130 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2003.

1. Zoneamento ambiental. 2. Política ambiental. 3. Bacia hidrográfica. 4. Ecologia de paisagem. 5. Sistema de informação geográfica. I. Título.

CDD: 574.5262 (20^a)

*Todos os procedimentos são sagrados
quando profundamente necessários.*

W. Kandinsky

Ao Alexandre Schiavetti, com gratidão e carinho, pois seu apoio, estímulo e companheirismo nos últimos quinze anos foram fundamentais para o meu amadurecimento profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Reinaldo Lorandi, pelos conhecimentos transmitidos, apoio, estrutura, confiança e orientação dispensados durante a elaboração deste trabalho.

À professora Iandara Alves Mendes e aos professores Adayl Gonçalves, José Eduardo dos Santos, Luiz Nishiyama, Nemésio Neves Batista Salvador e Nivaldo Nordi, pelas valiosas sugestões.

À Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade de desenvolver a presente pesquisa.

À Universidade Estadual de Santa Cruz, pelo apoio financeiro e afastamento concedidos.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, pela bolsa de estudo fornecida.

À Casa da Agricultura de Descalvado, pelo empréstimo das fotografias aéreas.

Aos colegas do Laboratório de Geociências Roberto Feres, Cláudio Cançado e, em especial, Marco Antonio Albano Moreira, pela grande ajuda dispensada.

Ao ecólogo Fabio Torresan, por disponibilizar o material cartográfico em meio digital.

Aos amigos Alexandre Bitar e Jane Lopes, por me receberem em suas casas e tornarem minha estadia em São Carlos tão mais agradável.

À Jandira Barrionuevo, Elmo Schiavetti, Rosemary Bruck e Heloisa Bruck, pelo carinho com que cuidaram da minha filha nos momentos em que estive ausente.

Ao meu irmão, pelas inúmeras traduções e correções de texto.

Aos meus pais, não apenas pelos cuidados dedicados à minha filha durante a minha ausência, mas principalmente, por tornarem possível a minha formação acadêmica e pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis dessa jornada.

À Mariana e ao Alexandre, por me mostrarem, a cada novo amanhecer, que a vida vale a pena..., agradeço.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
CAPÍTULO 1 Introdução Geral.....	01
1.1 A Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo, Planejamento e Gestão Ambiental.....	01
1.2 O Zoneamento de Bacias Hidrográficas como Instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental.....	06
1.3 Objetivos e Estrutura do Trabalho.....	07
1.4 Referências Bibliográficas.....	09
CAPÍTULO 2 Material e Métodos.....	15
2.1 Área de Estudo.....	15
2.2 Materiais.....	21
2.3 Abordagem Metodológica.....	22
2.4 Referências Bibliográficas.....	25
CAPÍTULO 3 Análise do Processo de Ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Bonito Face à Legislação Ambiental.....	31
3.1 Introdução.....	31
3.2 Apresentação da Legislação Ambiental.....	32
3.3 Metodologia.....	37
3.4 Resultados e Discussão.....	40
3.5 Referências Bibliográficas.....	53
CAPÍTULO 4 Aplicação da Abordagem Sintética na Elaboração de uma Proposta de Zoneamento Ambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Bonito.....	59
4.1 Introdução.....	59
4.2 Metodologia.....	61
4.3 Resultados e Discussão.....	69
4.4 Referências Bibliográficas.....	85
CAPÍTULO 5 Aplicação da Abordagem Analítica na Elaboração de uma Proposta de Zoneamento Ambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Bonito.....	89
5.1 Introdução.....	89
5.2 Metodologia.....	90
5.3 Resultados e Discussão.....	95
5.4 Referências Bibliográficas.....	114
CAPÍTULO 6 Conclusão.....	118
GLOSSÁRIO.....	120
ANEXOS.....	124

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Localização da Área de Estudo.....	14
Figura 2.2 Balanço Hídrico das Quadrículas Pirassununga e São Carlos.....	15

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Esquema do processo de elaboração da Carta de Legislação Ambiental.....	37
Figura 3.2 Alteração da vegetação da BHRB entre 1972 e 1999.....	42
Figura 3.3 Áreas estimadas para a vegetação nativa na BHRB em função da alteração ocorrida no período de 1972 a 1999.....	42
Figura 3.4 Carta de Legislação Ambiental.....	45
Figura 3.5 Áreas estimadas para as Áreas de Preservação Permanente da BHRB em função da alteração de sua cobertura vegetal no período de 1972 a 1999.....	46
Figura 3.6 Áreas estimadas para os diferentes tipos de uso do solo sobre Áreas de Proteção Máxima, identificados nos mapeamentos de 1972 e 1999.....	48
Figura 3.7 Distribuição das áreas de mineração existentes na BHRB no período de 1972 a 1999 em função da formação geológica.....	49

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Esquema do processo de elaboração da Carta de Unidades de Paisagem.....	67
Figura 4.2 Carta de Formas do Relevo.....	70
Figura 4.3 Proporção das formas do relevo sobre as categorias de declividade em graus.....	71
Figura 4.4 Proporção das formações geológicas de superfície sobre as categorias de declividade em graus.....	73
Figura 4.5 Carta de Cobertura Vegetal.....	74
Figura 4.6 Proporção dos tipos de cobertura vegetal da BHRB sobre as classes de declividade em graus.....	76
Figura 4.7 Carta de Unidades de Paisagem.....	77
Figura 4.8 Área relativa das unidades de paisagem identificadas na BHRB.....	76
Figura 4.9 Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Sintética.....	80

Figura 4.10 Área relativa das zonas ambientais propostas para a BHRB.....	81
Figura 4.11 Contribuição das diferentes unidades de paisagem para as classes de zoneamento ambiental propostas para a BHRB.....	82

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 Esquema metodológico adotado no processo de elaboração da Carta de Potencial à Expansão Urbana.....	93
Figura 5.2 Carta de Solos.....	95
Figura 5.3 Área relativa dos tipos de solo encontrados na BHRB.....	96
Figura 5.4 Carta de Aptidão Agrícola das Terras.....	99
Figura 5.5 Área relativa das classes de aptidão agrícola das terras estabelecidas para a BHRB.....	100
Figura 5.6 Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano.....	102
Figura 5.7 Área relativa das classes de aptidão física ao assentamento urbano.....	103
Figura 5.8 Carta de Expansão Urbana no período de 1972 à 2002.....	105
Figura 5.9 Carta de Potencial à Expansão Urbana.....	107
Figura 5.10 Área relativa das classes da Carta de Potencial à Expansão Urbana.....	108
Figura 5.11 Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Analítica.....	110
Figura 5.12 Área relativa das zonas propostas para a BHRB.....	111

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 3

Quadro 3.1 Critérios adotados para a confecção da Carta de Legislação Ambiental.....	38
--	----

CAPÍTULO 4

Quadro 4.1 Critérios adotados para a confecção da Carta de Unidades de Paisagem	66
Quadro 4.2 Critérios adotados para a confecção da Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Sintética.....	68

CAPÍTULO 5

Quadro 5.1 Classes de aptidão agrícola e níveis de manejo.....	90
Quadro 5.2 Critérios adotados na confecção da Carta de Aptidão Agrícola das Terras.....	91
Quadro 5.3 Critérios adotados para a confecção da Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano.....	92
Quadro 5.4 Critérios adotados para a confecção da Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Analítica.....	94

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 Áreas estimadas (ha) para os diferentes tipos de uso do solo na BHRB nos anos 1972 e 1999 por classes de declividade (graus).....	40
Tabela 3.2 Áreas estimadas (ha) para as classes de declividade da BHRB em função do grau de antropização calculado para o período de 1972 a 1999.....	41
Tabela 3.3 Distribuição por tamanho (ha) das Reservas Legais da BHRB averbadas e registradas no município de Descalvado até dezembro de 1999.....	46

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 Áreas estimadas (ha) para as diferentes formas do relevo e porcentagem de cada classe em relação à área total da BHRB.....	69
Tabela 4.2 Áreas estimadas (ha) para as diferentes formações geológicas e porcentagem de cada classe em relação à área total da BHRB.....	72
Tabela 4.3 Áreas estimadas (ha) para as diferentes formas de cobertura vegetal e porcentagem de cada classe em relação à área total da BHRB.....	75
Tabela 4.4 Distribuição em porcentagem das formas do relevo nas unidades de paisagem identificadas na BHRB.....	78
Tabela 4.5 Distribuição em porcentagem das formações geológicas nas unidades de paisagem identificadas na BHRB.....	78
Tabela 4.6 Distribuição em porcentagem da cobertura vegetal nas unidades de paisagem identificadas na BHRB.....	78
Tabela 4.7 Área absoluta (ha) e relativa (%) dos diferentes tipos de uso do solo na BHRB em 2002 por zonas ambientais.....	82

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1 Distribuição em hectares dos tipos de solo da BHRB sobre as classes de declividade apresentadas em porcentagem.....	97
Tabela 5.2 Distribuição em hectares das classes de aptidão física do solo ao assentamento urbano identificadas para a BHRB sobre as formas do relevo.....	103
Tabela 5.3 Distribuição em hectares das classes de aptidão física do solo ao assentamento urbano identificadas para a BHRB sobre as formações geológicas de superfície.....	103
Tabela 5.4 Área absoluta (ha) e relativa (%) dos diferentes tipos de uso do solo em cada uma das zonas propostas para a BHRB.....	111

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AE – Área de Estudo
APA – Área de Proteção Ambiental
APM – Área de Proteção Máxima
APP – Área de Preservação Permanente
BHRB – Bacia Hidrográfica do Rio Bonito
CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
DEPRN – Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais
GPS – Global System Position
ha – hectare
hab – habitante
IAC – Instituto Agrônômico de Campinas
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBC – Instituto Brasileiro do Café
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG – Instituto Geológico
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Km² – quilômetro quadrado
m – metro
mm – mililitro
PI – Plano de Informação
PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente
RL – Reserva Legal
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SUPLAN – Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola
TM – Thematic Mapper
UP – Unidade de Paisagem
ZCA – Zona de Conservação Ambiental
ZPA – Zona de Preservação Ambiental
ZRA – Zona de Recuperação Ambiental
ZUM – Zona de Uso Múltiplo

RESUMO

A adoção do conceito de desenvolvimento sustentável nos estudos de Ecologia Aplicada tem suscitado um número crescente de metodologias de análise e de planejamento ambiental. Destaca-se, em particular, o desenvolvimento de abordagens de diagnóstico e prognóstico voltadas ao zoneamento ambiental de bacias hidrográficas. Nesse contexto, o presente trabalho trata da questão do zoneamento ambiental através da aplicação das abordagens analítica e sintética na elaboração de duas propostas de zoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio Bonito, Estado de São Paulo, utilizando-se das tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Aborda-se aspectos relativos à legislação ambiental incidente sobre a área de estudo, suas potencialidades e limitações ambientais frente à ocupação humana, bem como o atual estágio de degradação de seus recursos naturais. Analisa-se as vantagens e desvantagens das abordagens metodológicas e técnicas empregadas. E, por meio de um conjunto de produtos cartográficos, apresenta-se um diagnóstico ambiental com informações relevantes ao planejamento e gerenciamento da bacia em questão.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, ecologia da paisagem, planejamento ambiental, zoneamento ambiental, sistema de informação geográfica.

ABSTRACT

The use of the concept for sustainable development in studies of Applied Ecology has brought a large increase in the number of analysis and environmental planning methodologies. It comes particularly into a view the development of diagnosis and prognosis evaluation related to water-basin environmental zoning. Within this context, this paper deals with the issue of environmental zoning by using remote sensing and geoprocess technologies. It elaborates two different zoning proposals for River Bonito Water Basin in the state of São Paulo, using both analytic and synthetic approaches. It also deals with features related to incidental environmental law in the considered area, potentialities and restrictions imposed by physical environment in regard to law use, as well as the current state of degradation of its natural resources. Advantages and disadvantages of methodological approaches and the techniques used are also analyzed through some of methodological approaches and the techniques used are also analyzed through some maps. Finally, it presents an environmental diagnosis with important data for basin planning and management.

Key words: water-basin, landscape ecology, environmental planning, environmental zoning, geographic information system.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO, PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

Desde janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil. Lei 9433/97 alterada pela Lei 9984/00) passou a ser o documento norteador para a gestão de bacias hidrográficas no Brasil. Elaborada, segundo o modelo francês de gestão ambiental, a mesma apresenta os seguintes princípios básicos: adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, usos múltiplos da água (todos os setores usuários têm igual acesso ao uso dos recursos hídricos), reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável, reconhecimento do valor econômico da água e gestão descentralizada e participativa.

Com a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, introduzindo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental, e assim, facilitando o entendimento da relação de causa e efeito entre uso do solo e qualidade da água, Silva (2000) destaca a importância de se considerar nos projetos de gestão, a relação entre uso do solo, erosão, carreamento de sólidos, assoreamento dos corpos d'água, redução da disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem e aumento das cheias na época de chuvas.

Entretanto, ainda hoje, percebe-se uma tendência nas propostas de gestão ambiental utilizarem as bacias hidrográficas como unidades de planejamento com uma nítida ênfase nos recursos hídricos. Para Somlyódy et al. (2001), o emprego da abordagem integrada no tratamento das questões relacionadas aos recursos hídricos não tem sido muito utilizado pelos especialistas da área, ocasionando uma desintegração na análise dos componentes que participam do ciclo hidrológico, que geralmente são avaliados isoladamente.

Ross e Del Prette (1998) chamam a atenção para a necessidade de uma política que também contemple os demais recursos naturais, tais como o solo, o relevo, o substrato rochoso, a atmosfera, a flora e a fauna, bem como os componentes socioeconômicos, considerando-se sua inserção regional e articulação com os problemas de âmbito nacional, pois tais recursos não podem ser manejados satisfatoriamente, de maneira isolada e independente (Irwin e Williams, 1986).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo tem sido defendida em diversos trabalhos (Odum, 1988; Pollete, 1993; Lima, 1994; Pires, 1995; Espíndola et al., 2000; Schiavetti e Camargo, 2002). As bases ecológicas que justificam essa escolha são apresentadas e discutidas em Rocha et al. (2000), para os quais o emprego da bacia como unidade de análise ambiental teve origem na percepção de que os ecossistemas aquáticos são essencialmente abertos, trocam matéria e energia entre si e com os ecossistemas ao redor, além de sofrerem diferentes formas de alteração decorrentes das atividades antrópicas existentes.

A bacia hidrográfica denota o conceito de integração ambiental, sendo que seu uso e aplicação para estudos que tratem de problemas ambientais são considerados de fundamental importância, pois a mesma contém informações físicas, biológicas e sócio-econômicas inter-relacionadas. Desse modo, Pollete (1993) ressalta que mudanças como as observadas nas comunidades bióticas e na topografia, resultantes da influência antrópica sobre uma bacia hidrográfica, devem servir de base para futuras propostas de planejamento e gestão ambiental de tal bacia.

Diversos autores defendem a idéia de que a bacia hidrográfica é a unidade ideal para o planejamento integrado do manejo de seus recursos naturais (Hufschmidt e McCauley, 1991; Pereira Neto, 1994; Guerreiro, 1996; Collares, 2000; Menezes, 2001), podendo ser definida como a área fisiográfica drenada por um curso d'água ou um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito d'água (Villela e Mattos, 1980).

Apesar da tendência atual em adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental, ela não é uma unanimidade entre os países. Países como a Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca e Suécia adotam os limites administrativos, enquanto que na França, Espanha, Grécia, Portugal, Reino Unido e Estados Unidos, os limites para as unidades de planejamento são definidos por bacias hidrográficas (Lanna, 1993).

Nos Estados Unidos, de acordo com Setti (1996), desde 1965 a legislação determina o uso de bacias para o planejamento ambiental, entretanto, a grande autonomia dos Estados americanos tem dificultado a implantação e execução desse sistema.

A bacia hidrográfica apresenta algumas vantagens como unidade de intervenção e gestão ambiental, visto que sua rede de drenagem consiste num dos caminhos preferenciais de grande parte das relações de causa-efeito no meio natural. Entretanto, nem sempre os limites municipais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações de causa-efeito de caráter econômico e político (Lanna, 1995).

No Brasil, o sistema adotado desde 1976, inicialmente nas bacias do Alto Tietê e Baixada Santista (SP), foi baseado no modelo francês e, atualmente, encontra-se incorporado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Collares, 2000). Porém, apenas em 1994 foi dado um grande passo no que diz respeito à instituição de uma política de recursos hídricos baseada na adoção de bacias como unidades de planejamento, quando da formulação do Plano Estadual de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo (São Paulo. Lei 9034/94) em conformidade com a Política Estadual de Recursos Hídricos – instituída em dezembro de 1991 (São Paulo. Lei 7663/91).

De acordo com Lanna (1993), os conceitos de gerenciamento de bacias hidrográficas e de recursos hídricos são freqüentemente confundidos, sendo que o gerenciamento de bacias deve ser entendido como o resultado da adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental, enquanto o gerenciamento de recursos hídricos busca o equilíbrio entre as demandas e ofertas de água em uma bacia.

A gestão dos recursos hídricos é considerada por Lanna (1999), uma atividade analítica voltada à formulação de princípios, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo promover o inventário, o uso, o controle e a proteção desses recursos.

Segundo a World Commission on Environmental and Development (1987) *apud* Lanna (1995), o gerenciamento de uma bacia se constitui num processo de negociação social, sustentado por conhecimentos científicos e tecnológicos, objetivando a compatibilização das demandas e oportunidades de desenvolvimento da sociedade com o potencial natural desta bacia. Portanto, o gerenciamento de bacias deve fundamentar-se nas diferentes áreas do conhecimento com o objetivo de compreender a dinâmica ambiental em toda sua complexidade. Esta complexidade envolve diversos aspectos, tais como: disponibilidade dos recursos ambientais, sensibilidade e vulnerabilidade do ambiente, questões sócio-econômicas, operacionais, educacionais, políticas, científicas e legais, entre outros, exigindo um caráter interdisciplinar (Lanna, 1995).

Em países em desenvolvimento como o Brasil, a gestão dos recursos hídricos passou por estágios semelhantes aos dos países desenvolvidos, porém em épocas distintas, sendo que as experiências de manejo têm ocorrido em bacias em avançado estágio de ocupação (Tucci et al., 2000). Atualmente, o Brasil passa por um cenário de transição institucional com a privatização dos serviços públicos e pela regulamentação da legislação relacionada à questão da gestão dos recursos hídricos (Souza, 2002).

Diante do exposto, cabe salientar que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento se justifica pela busca do seu gerenciamento de forma sistêmica e globalizada, e não de modo fragmentado. A abordagem sistêmica proporciona alternativas de planejamento e manejo mais adequadas à realidade, pois cria mecanismos de comunicação, onde os fatores ambientais serão identificados, analisados, ponderados e administrados, permitindo a compreensão global dos problemas existentes.

Acredita-se também que a gestão ambiental deve compreender a administração do uso dos recursos ambientais através de medidas econômicas, institucionais e jurídicas, com o intuito de manter ou recuperar a qualidade ambiental, além de assegurar o desenvolvimento social e a produtividade dos recursos, ações essas que também devem estar comprometidas em satisfazer a política ambiental nacional. Assim, considera-se que o planejamento ambiental, denominado por Silva et al. (2000) de “planejamento de uso sustentável da terra” deve ser incorporado tanto na formulação quanto na implantação das políticas ambientais.

Pires e Santos (1995) ao apresentarem uma proposta metodológica para o estudo de bacias hidrográficas, definem o planejamento ambiental como um processo de planificação que procura soluções para os problemas e necessidades do homem, visando a maximização da qualidade ambiental, a produção sustentada com o desenvolvimento e aproveitamento dos recursos dentro de sua capacidade-suporte, bem como a minimização dos impactos e riscos ambientais.

De acordo com Franco (2000), a maior parte dos projetos de planejamento territorial, elaborada durante o século XX, seguiram uma visão extremamente positivista e progressista, apenas visando o desenvolvimento econômico e o crescimento ilimitado.

O planejamento ambiental surgiu a partir da década de 80 como um mecanismo para orientar as intervenções humanas no meio ambiente, em função da capacidade-suporte dos ecossistemas. Logo, pode-se considerar como planejamento ambiental, toda forma de planejamento que tem por princípio a valoração e conservação dos recursos naturais como

base de auto-sustentação da vida e das interações que a mantém – suas relações ecossistêmicas (Franco, 1997).

Os pressupostos básicos do planejamento ambiental são 3: princípios da preservação, recuperação e conservação do meio ambiente. O primeiro princípio estabelece que os ecossistemas naturais deverão permanecer intocados – áreas de Reserva Biológica e bancos genéticos de interesse. O princípio da recuperação é aplicado às áreas alteradas pela atividade humana, onde procura-se acelerar determinados processos ecológicos ao mantê-los intocáveis durante um certo período de tempo. A conservação ambiental pressupõe o usufruto dos recursos naturais sem destruir ou depredar a fonte de origem de alimento ou energia (Almeida et al., 1993).

Segundo Almeida et al. (1993), o planejamento ambiental tem por objetivo o desenvolvimento sustentável dos agroecossistemas e ecossistemas urbanos – minimizando gastos energéticos e impactos ambientais; assim como a manutenção da biodiversidade. O mesmo deve utilizar todos os dados e informações disponíveis sobre a área de estudo, originárias de diversas áreas do conhecimento, além de novas tecnologias que possam facilitar o seu desenvolvimento.

No planejamento físico da terra (zoneamento) deve-se decidir a respeito das formas mais adequadas de uso do solo, bem como sobre as condições físico-espaciais. Assim, Van Lier (1994) *apud* Silva et al. (2000), considera que essa forma de planejamento envolve os seguintes aspectos: planejamento de uso da terra, políticas de uso da terra e planos de melhoria das condições físico-espaciais.

Para Caubet e Frank (1993), o planejamento ambiental tem por objetivo a reordenação do uso do solo de modo que a intervenção antrópica apresente a menor taxa de alteração possível, devendo garantir a integração dos projetos e, determinando a capacidade suporte do meio para as atuais e futuras atividades. Sendo que tais atividades deverão ser identificadas a partir das restrições e aptidões impostas pelos recursos e processos naturais.

Pavesi (1998) coloca que o zoneamento de bacias hidrográficas é um dos principais instrumentos para disciplinar o uso do solo, contribuindo para a garantia da manutenção da qualidade da água e sua disponibilidade, como também prevenir conflitos oriundos do uso irracional dos recursos. Uma detalhada análise dos principais projetos de zoneamento de bacias hidrográficas desenvolvidos no Brasil pode ser encontrada em Menezes (2001).

Para o planejamento de uma bacia hidrográfica torna-se necessário o levantamento

dos atributos físicos da área, tais como, clima, geologia, relevo, solos, rede de drenagem e cobertura do solo. Mas, geralmente esse levantamento não se encontra disponível e deve, então, ser elaborado com a devida atenção para que possa garantir um nível de detalhamento equilibrado entre as variáveis físicas adotadas.

Steiner (1991), visando o planejamento da paisagem, apresenta um procedimento metodológico que envolve onze etapas e ressalta a importância do estudo na escala da bacia hidrográfica, bem como a necessidade de um inventário para o diagnóstico ambiental, em nível local e regional, ou seja, uma análise mais ampla da área de estudo para subsidiar a implementação dos programas de planejamento e gestão ambiental.

Lorandi e Cançado (2002) destacam a importância de se analisar os parâmetros físicos que interferem no gerenciamento de bacias hidrográficas dentro de uma abordagem integrada, visando o adequado planejamento das atividades antrópicas.

1.2 O ZONEAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

O zoneamento ambiental, como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente – definido em seu art. 9º (Brasil. Lei 6938/81 alterada pela Lei 7804/89), desempenha um importante papel por auxiliar na tomada de decisão e, portanto, deve subsidiar o planejamento ambiental, que por sua vez, deve direcionar as propostas de manejo e educação ambiental, garantindo dessa maneira a sustentabilidade dos ecossistemas.

Segundo Souza (1998), o zoneamento é um instrumento de uso para a salvaguarda ambiental, que cumpre este papel ao estabelecer que a divisão de uma dada área seja baseada em informações voltadas à sua caracterização ambiental e, que orientem o estabelecimento de empreendimentos e sua postura frente ao entorno.

O zoneamento ambiental, de acordo com Griffith (1995), é definido como a divisão de uma área geográfica em setores onde determinadas atividades de uso e ocupação desses setores são permitidas ou não, de modo que as alterações dos recursos naturais decorrentes das necessidades antrópicas se harmonizem, na medida do possível, com a conservação do meio ambiente. Assim, o zoneamento consiste na ordenação do território de acordo com suas características bióticas e abióticas, a partir do agrupamento de áreas homogêneas, quanto às suas restrições e seus potenciais, facilitando a análise integrada da paisagem (Silva et al., 2000).

O zoneamento ambiental deve identificar e caracterizar os diversos sistemas ambientais de um dado espaço, com o intuito de orientar o uso do mesmo, a partir da análise do ambiente e da classificação de seus atributos, contribuindo dessa forma para um diagnóstico de sua qualidade ambiental. Absy et al. (1995) acredita que ele funciona como suporte para o planejamento ambiental, devendo estar relacionado com as potencialidades e ofertas econômicas, assim como com os agentes sociais, de modo a não excluir o componente antrópico e seus impactos.

Na opinião de Alvarenga (1997), o poder público deve ter como prioridade o incentivo à criação de zoneamentos ambientais em todo território nacional, visando o direcionamento e controle dos processos de produção do espaço, enfatizando a conservação ambiental.

De acordo com o capítulo 7 da Agenda 21, os países devem fazer um levantamento de seus territórios e classificá-los em função do uso mais adequado (zoneamento ambiental), destacando a importância da identificação das áreas ambientalmente frágeis ou sujeitas a catástrofes, visto que estas necessitam de medidas especiais de proteção. Pelo documento ficou estabelecido como prazo ideal para que os países elaborassem o seu planejamento ambiental, o ano de 2000, para que possam viabilizar suas ações em prática até 2025 (Agenda 21, 1992).

Kurtz et al. (1999) chamam a atenção para o fato de que, com a implantação do zoneamento e a aplicação dos respectivos prognósticos ambientais, ter-se-á num futuro próximo, uma orientação mais adequada ao desenvolvimento sustentável dos recursos naturais existentes.

1.3 OBJETIVOS E ESTRUTURA DO TRABALHO

Acreditando-se que a solução de muitos problemas ambientais verificados na Bacia Hidrográfica do Rio Bonito, São Paulo, decorrentes de um desordenado processo de ocupação, pode estar na implementação de medidas adequadas de planejamento e gestão ambiental, e considerando-se a disponibilidade de dados da referida bacia, esta foi escolhida para a avaliação da viabilidade do uso de técnicas de geoprocessamento em duas abordagens metodológicas (analítica e sintética), visando a elaboração de propostas de zoneamento ambiental para a área de estudo, que também possam ser adaptadas para outras bacias hidrográficas.

Para tanto foram estabelecidos as seguintes atividades:

- Elaborar a Carta de Uso e Ocupação do Solo em 1972, para compará-la com as Cartas de Uso e Ocupação do Solo em 1999 e em 2002;
- Elaborar a Carta de Legislação Ambiental, com o intuito de identificar as limitações da área em função das restrições legais;
- Elaborar a Carta de Unidades de Paisagem, para subsidiar o zoneamento ambiental da área;
- Elaborar a Carta de Aptidão Agrícola das Terras, objetivando identificar as limitações e as potencialidades da área para o desenvolvimento de atividades agrossilvipastoris;
- Elaborar a Carta de Potencial à Expansão Urbana, com o intuito de identificar as limitações e as potencialidades da área para a ocupação urbana;

As metodologias de zoneamento ambiental foram selecionadas após a análise das diversas metodologias descritas na literatura especializada, optando-se pelos métodos analítico e sintético, em função da abrangência de suas aplicações e por serem os métodos mais utilizados pelos especialistas até o presente momento.

A escolha das técnicas de geoprocessamento para tal avaliação foi realizada após o levantamento das técnicas disponíveis no Sistema de Informação Geográfica (SIG) *Idrisi* 32, considerando-se as mais utilizadas nos trabalhos publicados sobre zoneamento ambiental.

O SIG *Idrisi* foi desenvolvido pela Escola de Geografia da Clark University, EUA, em 1987, com fins didáticos e científicos (Eastman, 1999), selecionado em função de sua distribuição geográfica, valor de custo e facilidade na interação usuário-máquina e, em decorrência do razoável domínio de tal sistema por parte dos pesquisadores envolvidos nesta pesquisa.

A avaliação da viabilidade do uso das técnicas de geoprocessamento e das metodologias selecionadas procurou considerar as seguintes variáveis:

- Disponibilidade de dados básicos;
- Facilidade de interação pesquisador/SIG;
- Grau de dificuldade para o domínio das técnicas utilizadas;
- Tempo necessário para a elaboração do zoneamento;
- Confiabilidade e aplicabilidade dos resultados obtidos.

Esta tese está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 caracteriza espacialmente os componentes físicos, biológicos e antrópicos da Bacia Hidrográfica do Rio Bonito e apresenta a fundamentação metodológica utilizada no desenvolvimento do trabalho. O capítulo 3 analisa o processo de ocupação da bacia frente à legislação ambiental incidente sobre a mesma, enquanto os capítulos 4 e 5 discorrem sobre a formulação das propostas de zoneamento ambiental para a área de estudo seguindo abordagens metodológicas distintas.

1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M. L. et al. **Conhecimento científico para gestão ambiental - amazônia, cerrado e pantanal**. Brasília: IBAMA, 1995. (Série Legislação e Meio Antrópico, v. 1).

AGENDA 21. Agenda 21. In: CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 3., 1992, Rio de Janeiro. **Resumo...** Rio de Janeiro: Centro de Informações das Nações Unidas no Brasil / Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1992.

ALMEIDA, J.R. et al. **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum: uma necessidade, um desafio**. Rio de Janeiro: Thex Editora/Biblioteca Estácio de Sá, 1993.

ALVARENGA, S.R. **A análise das áreas de proteção ambiental enquanto instrumento da política nacional do meio ambiente: o caso da APA de Corumbataí - SP**. São Carlos, 1997. 200p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BRASIL Lei 7804, de 18 de julho de 1989. Altera a Lei 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei 7735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei 6803, de 02 de julho de 1980, a Lei 6902, de 21 de abril de 1981, e dá outras providências. **Legislação brasileira de resíduos sólidos e ambiental correlata**. Brasília: Senado Federal – Gabinete do Senador Bernardo Cabral, 1999. p.347-352.

BRASIL **Lei 9984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política

Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/Irh2000/indice_1f.htm Acesso em: 30 setembro 2002.

BRASIL Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 2º da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8001 de 13 de março de 1990, que modifica a Lei 7990 de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/Irh2000/indice_1f.htm Acesso em: 30 setembro 2002.

BRASIL Política Nacional do Meio Ambiente. Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L938org.htm Acesso em: 26 maio 2002.

CAUBET, C.G.; FRANK, B. **Manejo ambiental em bacias hidrográficas: o caso do rio Benedito (Projeto Itajaí I): das reflexões teóricas às necessidades concretas.** Florianópolis: Fundação Água Viva, 1993.

COLLARES, E.G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas do rio Capivari - SP.** São Carlos, 2000. 189p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

EASTMAN, J. R. (1999). **IDRISI for windows, user's guide.** Wonchester, Clark University.

ESPÍNDOLA, E.L.G. et al. (Org.). **A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar.** São Carlos: Rima, 2000.

FRANCO, M.A.R. **Desenho ambiental: uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico.** São Paulo, Annablume/Fapesp, 1997.

FRANCO, M.A.R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável.** São Paulo: Annablume/Fapesp, 2000.

GRIFFITH, J.J. et al. **Roteiro metodológico para zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/IBAMA/Programa Nacional de Meio Ambiente, 1995. (Projeto BRA/90/010, Documento Final).

GUERREIRO, E.M.B.R. **Critérios de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas visando a proteção dos corpos d'água**. São Carlos, 1996. 217p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

HUFSCHMIDT, M.M.; McCAULEY, D.S. Water resources management planning and implementation. In: Hashimoto, M.; Barret, B.F.D. (Ed.). **Guidelines on lake management**. Otsu (Japão): ILEC Foudation, 1991. v. 2.

IRWIN, F.; WILLIAMS, I.R. Catchments as planning units. **Journal of Soil Conservation**, v. 42, n. 1, p. 6-9, 1986.

KURTZ, F.C. et al. Aplicação do SIG no zoneamento ambiental da Estação Ecológica do Taim. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA (GIS BRASIL 99), 5., 1999, Salvador **Anais...** Salvador, 1999. v. 1, p. 44-49.

LANNA, A.E. **Gerenciamento de bacias hidrográficas: conceitos, princípios e aplicações no Brasil**. Brasília: IBAMA, 1993.

LANNA, A.E. **Gerenciamento de bacias hidrográficas: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: IBAMA, 1995.

LANNA, A.E. **Gestão das águas**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1999.

LIMA, M.A. **Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no município de Rio Claro, SP**. Rio Claro, 1994. 264p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. In: Schiavetti, A. e CAMARGO, A.F.M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 37-65.

MENEZES, D.B. **Avaliação de aspectos metodológicos e aproveitamento de informações do meio físico em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: aplicação na bacia do rio Pardo.** Rio Claro, 2001. 235p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

ODUM, E.P. **Fundamentos de ecologia.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988.

PAVESI, A. **Ponderação dos fatores ambientais na localização de áreas irrigáveis e na cobrança do uso da água para irrigação.** São Carlos 1998. 125p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PEREIRA NETO, O.C. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas no estudo da adequação do uso do solo em bacias hidrográficas.** São José dos Campos, 1994. 127 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

PIRES, J.S. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural: abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antonio – SP.** São Carlos, 1995. 193p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. Bacias Hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, v. 19, n. 110, p. 40-45, 1995.

POLLETE, M. **Planície do Perequê /Ilha de São Sebastião, SP: diagnóstico e planejamento ambiental costeiro.** São Carlos, 1993. 194p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

ROCHA, O. et.al. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: Espíndola, E. L. G. et al. (Org.). **A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar.** São Carlos: Rima, 2000. p. 1-16.

ROSS, J.L.S.; DEL PRETTE, M.E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 12, p. 89-121, 1998.

SÃO PAULO. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Lei 9034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH). Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/Irh2000/indice_le.htm Acesso em: 30 setembro 2002.

SÃO PAULO. **Política Estadual de Recursos Hídricos**. Lei 7663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/Irh2000/indice_le.htm Acesso em: 30 setembro 2002.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A.F.M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002.

SETTI, A.A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos**. Brasília: IBAMA, 1996.

SILVA, J. dos S. V et al. Manejo integrado de ecossistemas: a importância da visão e atuação interdisciplinar. In: Espíndola, E.L.G. et al. (Org.). **A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar**. São Carlos: Rima, 2000. p. 17-35.

SILVA, S.F. da. **Avaliação de alterações ambientais na sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Piçarrão, Campinas - SP**. São Carlos, 2000. 138p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SOMLYÓDY, L.; YATES, D.; VARIS, O. Challenges to freshwater management. *Ecology & Hydrobiology*, v. 1, n. 1-2, p. 65-95, 2001.

SOUZA, A . D. G. de. **Diagnóstico ambiental integrado e subsídios ao estabelecimento de metas de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jaboatão (PE)**. São Carlos, 2002. 174p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SOUZA, P.H. **O uso do SIG na ponderação de fatores ambientais para a proposição de zoneamento para distritos industriais**. São Carlos, 1998. 183p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

STEINER, F. Landscape planning: a method applied to a growth management example. **Environmental Management**, v. 15, n. 4, p. 519-529, 1991.

TUCCI, C.M.E.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n.3, p. 31-44, 2000.

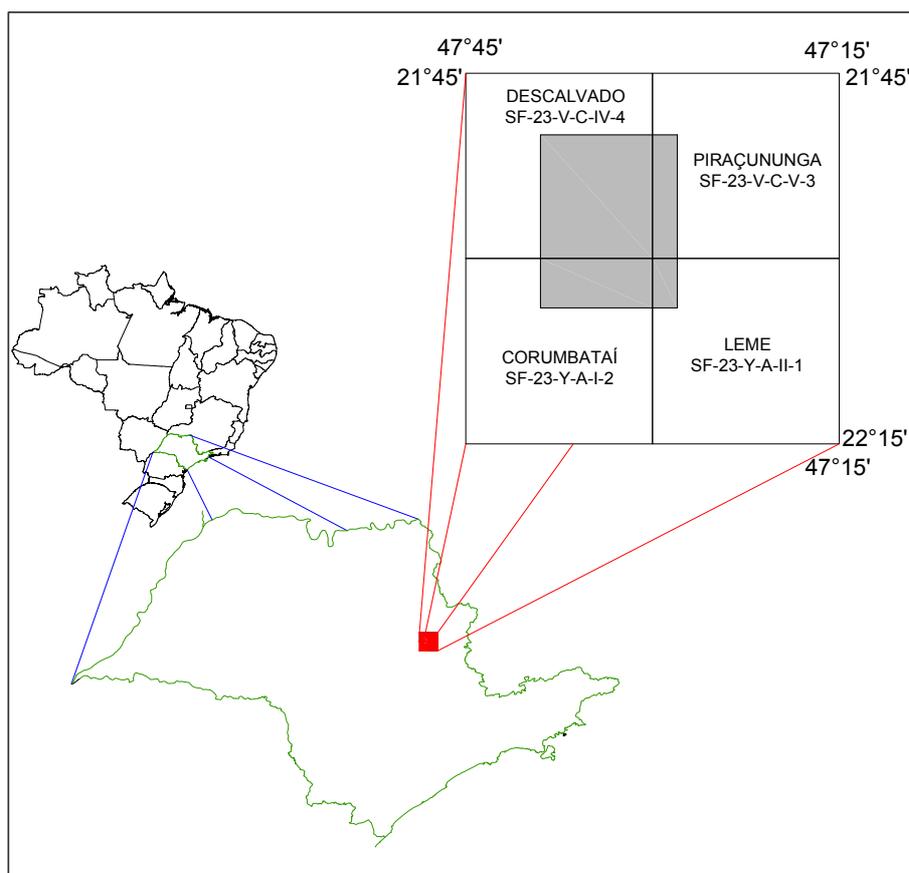
VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

CAPÍTULO 2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Área de Estudo (AE) do presente trabalho corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Bonito (BHRB), uma sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu, localizada na porção leste do município de Descalvado (SP), o qual abriga a maior parte da área dessa bacia (200 Km²) e, no município de Porto Ferreira, com uma pequena área de 23 Km², estando entre as coordenadas 21°45' - 22°15' S e 47°15' - 47°45' W (Figura 2.1).

A definição da BHRB para a realização deste estudo está fundamentada nos seguintes fatores: a BHRB está inserida no contexto da Serra Geral, uma macro feição geomorfológica de grande destaque na porção sudeste da América do Sul; o processo de urbanização ainda não ocorre de modo acelerado; a disponibilidade de trabalhos e mapeamentos anteriores para suporte e confronto dos resultados desta pesquisa.



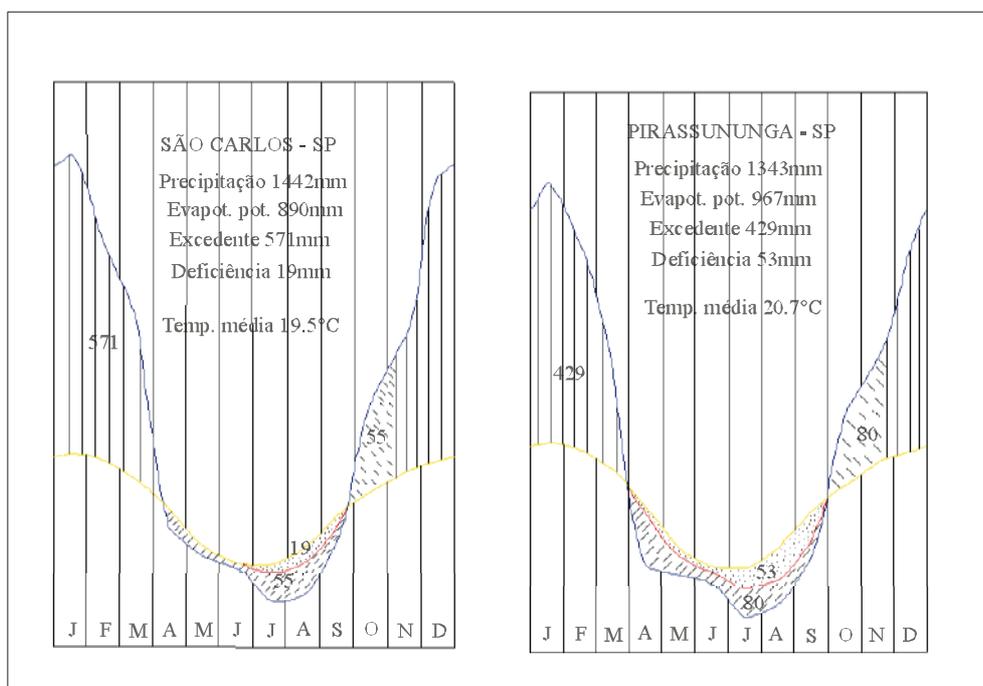
Fonte: Torezan (2000)

Figura 2.1 Localização da Área de Estudo

2.1.1 Caracterização Ambiental

De acordo com o sistema de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, isto é, clima de inverno seco e verão chuvoso, com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C. O índice pluviométrico nesse tipo climático varia entre 1100 e 1700mm anuais, sendo que a precipitação diminui de leste para oeste (Brasil. SUPLAN, 1979).

Do ponto de vista de balanço hídrico, há uma nítida distinção entre a estação seca (abril a setembro), com conseqüente deficiência hídrica e, a chuvosa (outubro a março), fazendo com que a ação intempérica deste tipo climático seja bastante intensa no desenvolvimento de formas do relevo (Figura 2.2).



Fonte: IAC (1984)

Figura 2.2 Balanço Hídrico das Quadrículas Pirassununga e São Carlos

As variações altimétricas situam-se entre 540m e 1040m, com um desnível de 500m, sendo que o ponto mais alto corresponde ao topo do Morro do Quadrão com 1042m de altitude.

As altitudes mais elevadas localizam-se na porção sudoeste da área de estudo, regredindo em direção nordeste até atingir as áreas mais baixas (540m) na várzea do Rio Mogi-Guaçu (Torezan, 2000). No município de Descalvado, a altitude do distrito sede é de 679m, enquanto a cidade de Porto Ferreira está a 559m de altitude (IBGE, 1997).

A BHRB está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, englobada pelas seguintes unidades geomorfológicas: Planalto Ocidental Paulista (Planalto Residual de São Carlos e Patamares Estruturais de Ribeirão Preto) e Depressão Periférica Paulista (Depressão Mogi-Guaçu).

O Planalto Residual de São Carlos corresponde ao reverso da cuesta no interflúvio Tietê/Mogi-Guaçu, onde predominam formas de relevo denudacionais e o modelado é composto por colinas de topos convexos e tabulares. Esta unidade morfoescultural apresenta formas de dissecação média com vales entalhados e densidade de drenagem média/alta. Nos Patamares Estruturais de Ribeirão Preto encontram-se formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se, basicamente, por colinas amplas e baixas com topos tabulares. Assim, apresenta formas de relevo pouco dissecado com vales pouco entalhados, vertentes de declividades baixas, solos argilosos e baixa densidade de drenagem (Ross e Moroz, 1997).

As formas de relevo denudacionais predominantes na Depressão Mogi-Guaçu estão representadas pelas colinas de topos tabulares amplos, com baixo padrão de dissecação, vales pouco entalhados e com baixa densidade de drenagem (Ross e Moroz, 1997). Apesar de Ross e Moroz (1997) considerarem que essas unidades geomorfológicas apresentam baixo potencial erosivo, Torezan (2000) em levantamentos de campo constatou a ocorrência de acelerado processo erosivo em algumas áreas, inclusive com a presença de voçorocas, possivelmente intensificado pelo manejo inadequado do solo.

Com relação aos dados geológicos, a área de estudo está representada pelas formações Corumbataí, Pirambóia, Botucatu, Serra Geral, Itaqueri, Santa Rita do Passa-Quatro, Pirassununga e Depósitos Recentes do Quaternário (IG, 1980, 1981, 1984a e 1984b). A Formação Serra Geral é identificada no Estado de São Paulo como pertencente à Província das Cuestas Basálticas, composta por topos aplainados com suave caimento topográfico e estrutural para oeste, e frentes escarpadas voltadas ao leste, configurando

relevos cuestiformes isolados no interior da Bacia Sedimentar.

Os mapas com as formações geológicas de superfície da BHRB - elaborados pelo Instituto Geológico em escala 1:50.000, compreendem parte das folhas Descalvado (IG, 1984a), Corumbataí (IG, 1984b), Pirassununga (IG, 1981) e Leme (IG, 1980). Verifica-se a predominância da Formação Santa Rita do Passa Quatro - genericamente denominada por Cobertura Cenozóica, onde encontram-se agrupamentos de depósitos arenosos de idade terci-quaternária com origens diversas (marinha, fluvial ou elúvio-coluvial). Segundo Ferreira (1995), esses depósitos arenosos ocorrem recobrando os sedimentos das formações Pirambóia e Corumbataí, levando alguns autores a considerá-los como simples produtos de alteração dessas unidades.

As unidades de solo da quadrícula de Descalvado identificadas por IAC (1982) e atualizadas com base em EMBRAPA (1999), em classes de 1º nível categórico, são: Areias Quartzosas (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO), Latossolo Vermelho-Amarelo (LATOSSOLO AMARELO), Latossolo Vermelho-Escuro (LATOSSOLO ESCURO), Podzólico Vermelho-Amarelo (ARGISSOLO), Solos Litólicos (NEOSSOLOS) e Solos Hidromórficos (GLEISSOLOS).

A predominância de solos arenosos, ácidos e pobres em fertilidade, associados a relevos acentuados e atividades inadequadas de manejo, condiciona a formação de erosões e voçorocas. Segundo São Paulo (1995), a mesma configuração de solos que favorece a formação de voçorocas, também fornece à região a função de recarga do Aquífero Guarani (regionalmente conhecido como Aquífero Botucatu-Pirambóia), considerado o mais importante da América do Sul.

No Estado de São Paulo as unidades hidroestratigráficas são divididas em dois grandes grupos: o aquífero sedimentar, onde a permeabilidade ocorre por porosidade granular e o aquífero fissurado, cuja permeabilidade se dá por descontinuidades rúpteis (IG, 1997).

O aquífero fissurado - composto pelo Sistema Aquífero Cristalino e Aquífero Serra Geral - caracteriza-se por sua extensão regional e pelo caráter fissurado, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico, eventualmente se comportando como aquífero livre a semi-confinado. O Aquífero Serra Geral estende-se por grande parte da Bacia Sedimentar do Paraná, sob o Grupo Bauru. As unidades geológicas que possuem espessuras que ascendem a 1000m, confinam parte do Aquífero Botucatu-Pirambóia. A circulação da água subterrânea ocorre por meio de suas descontinuidades, em função de sua composição

(rochas vulcânicas em derrames basálticos), proporcionando-lhe um caráter heterogêneo (DAEE, 1974, 1976, 1977, 1979, 1981 e 1982).

Os aquíferos sedimentares ocupam dois terços do Estado de São Paulo, sendo representados pelos sistemas aquíferos Tubarão, Botucatu (Aquífero Botucatu-Pirambóia porção livre) e Bauru e pelos aquíferos Furnas, Taubaté, São Paulo e Coberturas Cenozóicas (Lopes, 1984).

A maior e principal reserva de água do Estado corresponde ao Aquífero Botucatu-Pirambóia, englobando as formações geológicas Botucatu - constituída por depósitos arenosos eólicos e Pirambóia - constituída por depósitos arenosos fluviais. Da sua área total, 90% está confinada por derrames basálticos da Formação Serra Geral, imprimindo um caráter de artesianismo em 80% do sistema aquífero (IG, 1997).

Segundo Massoli (1981), a rede de drenagem que compõem a bacia apresenta comportamento semelhante ao encontrado nas regiões vizinhas, ou seja, a rede fluvial forma vales mais profundos na região de cabeceira e tende a formar planícies de inundação conforme se aproxima do Rio Mogi-Guaçu.

De acordo com o Mapa de Documentação da BHRB, elaborado por Torezan (2000), verifica-se que as nascentes estão situadas na Serra Grande, mais especificamente no Serrote de Descalvado e a mesma apresenta como principais tributários, os córregos: Vila Nova, Bomba, Serrinha, Rosário, Cateto, Santo Antônio, Capetinga, Paiolzinho ou Olaria, e o Ribeirão da Areia Branca. Os cursos d'água formadores da bacia apresentam uma extensão total de 205km e a bacia apresenta uma densidade de drenagem de 918m/km².

Quanto à exploração dos recursos hídricos subterrâneos, tem ocorrido de modo intenso na bacia, sendo que tanto o abastecimento das áreas urbanas quanto o das propriedades rurais tem se utilizado da perfuração de poços semi-artesianos, sem que haja um acompanhamento das condições de utilização e exploração desses recursos (Bertuga-Cerqueira, 1999).

As principais formações vegetais identificadas por Rizzini (1979) foram: cerrado e cerradão, mata mesófila e mata ciliar, sendo que a Mata Mesófila Estacional Semidecídua aparece disseminada na forma de manchas em áreas de cerrado, estando sua distribuição associada às condições edáficas. Segundo Oliveira (1995), os remanescentes dessas formações vegetais encontram-se dispersos em manchas relativamente isoladas no meio da matriz de ocupação agrícola.

Torezan (2000) ao analisar as áreas ocupadas pelos remanescentes de cerrado, cerradão e mata (mata mesófila e mata ciliar) na AE, verificou que eles ocupam cerca de 22% (49Km²) da mesma e que, apesar do valor expressivo, essas áreas ocorrem de forma bastante fragmentada, ocupando áreas de declividade acentuada, como nas encostas da Serra Grande e circundando alguns corpos d'água.

As áreas de fragmentos de vegetação nativa abrigam espécies animais raras na região, com registros de ocorrência do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), do urubu-rei (*Sarcoramphus papa*), do veado-mateiro (*Mazama americana*) e do sauá (*Callicebus pernonatus*) (Oliveira, 1995), atestando a importância e urgência de sua preservação.

2.1.2 Caracterização Sócio- Econômica

O município de Descalvado apresenta uma população de 28972hab, sendo que 24190hab (83%) residem na zona urbana e 4817hab vivem em áreas rurais (IBGE, 2000). A partir dos dados dos censos de 1980, 1991, 2000 e da contagem populacional de 1996 realizados pelo IBGE, verificou-se que houve um decréscimo na população rural e um aumento na população urbana, sendo que a taxa de urbanização para o período está em torno de 95%.

O município de Porto Ferreira possui 47.437hab, sendo que destes 96% (45.568 hab) residem em áreas urbanas e apenas 4% na zona rural (IBGE, 2000). Apresenta 244Km², dos quais 79% encontram-se antropizados pela agricultura, enquanto a área da unidade territorial de Descalvado é da ordem de 755Km², com 57% ocupada para fins agrícolas (IBGE, 1995/1996; 1999).

A BHRB encontra-se em uma das regiões mais produtivas do Estado de São Paulo. A base econômica dessa região está representada pela agropecuária, destacando-se a avicultura, os cultivos de laranja, cana-de-açúcar e a pecuária. Os estabelecimentos agropecuários existentes nos municípios de Descalvado e Porto Ferreira ocupam em torno de 59000ha e 22000ha, respectivamente (IBGE, 1995/1996).

A avicultura começou na década de 50, inicialmente com aves poedeiras e, logo em seguida, com aves de corte. Essa atividade trouxe grande progresso para Descalvado, com a instalação de fábricas de rações, pintos de um dia, abatedouros e transportadoras (Castro, 1998). Regionalmente, é conhecida como a “capital do frango de corte”, visto que a avicultura local domina todas as fases do seu processo produtivo.

A partir da década de 1980, instalou-se na região um parque industrial, composto por empresas que atuam no setor de extração de areia, produtos alimentícios e produção de álcool e açúcar. A mineração, desenvolvida até hoje, teve início com a extração de paralelepípedos para calçamento de ruas e atualmente, extrai-se areias quartzosas (Oliveira, 1995).

2.2 MATERIAIS

Produtos de Sensoriamento Remoto:

- Fotografias aéreas de agosto de 1972 - (1:25.000) - Brasil - IBC (1972).
- Imagem TM/LANDSAT 7 bandas 3, 4, 5 de abril de 2002 - INPE (2002).

Produtos Cartográficos Convencionais:

- Carta Topográfica de Pirassununga SF-23-V-C-V-3 (1:50.000) - IBGE (1971a).
- Carta Topográfica de Descalvado SF-23-V-C-IV-4 (1:50.000) - IBGE (1971b).
- Carta Topográfica de Corumbataí SF-23-Y-A-I-2 (1:50.000) - IBGE (1971c).
- Carta Topográfica de Leme SF-23-Y-A-II-1 (1:50.000) - IBGE (1971d).
- Mapa Pedológico Semidetalhado de Descalvado SF-23-V-C-IV-4 (1:100.000) - IAC (1982).
- Mapa Pedológico Semidetalhado de São Carlos SF-23-Y-A-I (1:100.000) - IAC (1981).
- Mapa de Documentação (1:50.000) - Torezan (2000).
- Carta Hipsométrica (1:50.000) - Torezan (2000).
- Carta de Formações Geológicas de Superfície (1:50.000) - Torezan (2000).
- Carta de Uso e Ocupação do Solo (1:50.000) - Torezan (2000).
- Carta de Risco Potencial à Erosão (1:50.000) - Torezan (2000).
- Carta de Potencial de Riscos Ambientais (1:50.000) - Torezan (2000).

Softwares:

- Programas *ArcView* e *AutoCad 2000*.
- Programa de digitalização *CartaLinx 1.2*.
- Sistema de Informação Geográfica (SIG) *Idrisi 32 release two*.

O programa *CartaLinx* foi criado em 1998 para promover a entrada de dados vetoriais no sistema *Idrisi*, constituindo-se num meio prático de coleta, armazenamento e

criação de dados, pois, ao criar e modificar dados vetoriais, simplifica a utilização de vetores. O SIG *Idrisi* foi desenvolvido pela Escola de Geografia da Clark University, EUA, em 1987. É um sistema de processamento de imagens e informação geográfica baseado em *grid*, onde os dados vetoriais recebidos são transformados para o formato *raster* e ajustados para o mesmo referencial espacial. Esse sistema opera através de um conjunto de módulos de programas que podem ser vinculados por um sistema de menu (Eastman, 1999).

2.3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Considerando-se que as propostas de zoneamento ambiental, freqüentemente, apresentam um componente espacial em função da necessidade de alocação das informações ambientais em relação ao espaço, as representações na forma de mapas geralmente são empregadas para a visualização e análise de tais informações.

Os métodos empregados na interpretação e avaliação dos componentes ambientais espacializados podem ser classificados em analíticos e sintéticos (Cendrero, 1989). Os métodos analíticos fundamentam-se na elaboração e sobreposição de uma série de mapas temáticos para a obtenção de mapas de diagnóstico, enquanto os métodos sintéticos partem da definição de unidades ambientais homogêneas para o estabelecimento de diretrizes para o uso do solo.

Segundo Bertrand (1971), a abordagem sintética utiliza o conceito de paisagem como o resultado da interação entre os aspectos físicos, biológicos e antrópicos distribuídos espacialmente, constituída por unidades funcionais e cuja delimitação está baseada na identificação de áreas homogêneas em relação às suas características bióticas e abióticas (Forman, 1995).

O conceito de unidades de paisagem ou unidades ambientais tem sido aplicado na diferenciação de áreas com uma certa homogeneidade interna, e diferenciáveis de outras na mesma zona. Para Becker e Egler (1997) a unidade ambiental (também denominada unidade geoambiental) de um zoneamento corresponde a “uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam à uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais”. Tal unidade ambiental deve estar georreferenciada, apresentar contigüidade espacial e pertencer a uma classificação tipológica que permita seu agrupamento em diversas ordens de grandeza, como por exemplo, as bacias hidrográficas.

Bertrand (1971) ressalta que a paisagem não pode ser encarada como o somatório

de elementos geográficos disparatados, pois resulta da combinação dinâmica dos componentes físicos, biológicos e antrópicos de uma determinada área, que transformam a paisagem em um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Atualmente, o termo paisagem tem sido utilizado sob vários aspectos, mas Polette (1999) acredita que é na Ecologia da Paisagem que o mesmo atinge sua dimensão mais ampla, contribuindo para o seu real entendimento quanto à estrutura, ao funcionamento e às mudanças ocorridas ao longo do tempo. Este mesmo autor ainda salienta que o estudo dos princípios emergentes da paisagem devem ser analisados durante o processo de planejamento e gestão ambiental, pois a partir do entendimento dos mesmos pode-se estabelecer programas para a administração dos recursos paisagísticos, mitigar problemas evidenciados, e ainda, traçar estratégias futuras para uma unidade territorial geográfica, como por exemplo, uma micro-bacia.

A abordagem sintética, adotada por diversos autores (Tagliani, 1995; Paese, 1997; Pivello et al., 1998; Henrique, 2000), permite a identificação dos aspectos ambientais mais característicos de uma área e as inter-relações entre os elementos que a compõe. Os adeptos de tal abordagem destacam que a sua grande vantagem é fornecer uma visão global do meio, de forma rápida e eficiente. Pivello et al. (1998) também ressalta que a compreensão das interações entre as paisagens ou suas unidades homogêneas permite a visão holística e sintética do território, necessária ao planejamento ambiental e, conseqüentemente, ao zoneamento ambiental.

Um exemplo clássico da utilização dessa abordagem na elaboração de zoneamentos ambientais é a metodologia proposta por Clark (1974, 1976) que caracteriza o zoneamento ambiental como uma forma de registro dos condicionantes ambientais de uma determinada área, visando sua proteção ou utilização racional. Essa metodologia baseia-se na definição de unidades geoambientais que, de acordo com o autor, são fortemente influenciadas pelas condições geológicas e geomorfológicas, cuja classificação deve seguir três tipos de classes de uso: preservação, conservação e uso múltiplo ou intensivo (desenvolvimento).

A abordagem analítica, encontrada no método da superposição de mapas temáticos, trata da confecção de mapas relativos aos fatores ambientais (embasamento geológico, tipos de solo, declividades, cobertura vegetal) para posterior sobreposição, visando a avaliação ambiental de acordo com conceitos de fragilidade - dando origem aos mapas de restrição e aptidão. Esse método tem sido muito utilizado na elaboração de propostas de zoneamento (Souza, 1990) e em estudos de avaliação de impacto ambiental (Fontes, 1997)

e diagnóstico ambiental (Andolfato, 1995).

Dentre as críticas relacionadas à metodologia analítica, destaca-se a impossibilidade de visão do conjunto do sistema ecológico, a desagregação da realidade complexa do território em diversos elementos e a não explicitação das relações entre estes (Díaz de Terán, 1988 *apud* Tagliani, 1995). Porém, Braga et al. (2002) ressaltam que com a ampliação das perspectivas oferecidas pela computação gráfica e pela tecnologia de sensoriamento remoto associada aos sistemas de informação geográfica, o método analítico vem sendo valorizado com intensidade proporcional ao desenvolvimento de tais tecnologias, visto que estas permitem a produção de mapas de restrição e potencial de uso, permanentemente atualizados. A partir de um sistema de pontuação, obtido pelo cruzamento automático e informatizado dos valores atribuídos aos fatores ambientais, pode-se identificar vários níveis de restrição ou aptidão.

Um tipo de método analítico muito aplicado na elaboração de projetos de zoneamento geoambiental é proposto por Zuquette (1987, 1993), o qual prioriza a investigação do meio físico, individualizando seus componentes. Tal método baseia-se na observação do meio natural e ocupado de diferentes regiões geográficas e nas condições técnico-sócio-econômicas vigentes, sendo muito utilizado por geólogos, dentro de um enfoque ambiental, respaldado pela Geologia Ambiental.

Outro exemplo de abordagem analítica é a clássica metodologia de MacHarg (1969), considerado o precursor do emprego dos mapeamentos associativos no processo de incorporação dos fatores do meio físico aos projetos de planejamento territorial. Sua proposta metodológica envolve o mapeamento dos fatores intrínsecos do meio ambiente, sendo que os mapas são combinados dentro de uma composição simples que indica a susceptibilidade da terra para diversos usos e, por adição, as áreas onde mais de um tipo de uso pode ser suportado.

Menezes (2001) ao avaliar procedimentos metodológicos e o uso de informações pré-existentes do meio físico em estudos de bacias hidrográficas, fez um levantamento de tipos de zoneamento e metodologias adotadas pelos autores, e concluiu que ainda não há um consenso quanto à definição de zoneamento geoambiental ou zoneamento ambiental, nem quanto às abordagens e procedimentos metodológicos, conteúdos e escalas apropriadas.

Rosa (1995) apresenta uma proposta metodológica para o zoneamento de sub-bacias baseada na identificação e caracterização de sistemas de ocupação,

instrumentalizada pelas técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica. O autor enfoca os benefícios de tais tecnologias no processo de zoneamento, porém, sem a preocupação de aprofundar sua pesquisa no campo das abordagens teóricas e metodológicas.

No presente trabalho buscou-se aplicar essas duas abordagens metodológicas (analítica e sintética), na elaboração das propostas de zoneamento ambiental para a BHRB, procurando analisar suas vantagens e desvantagens.

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDOLFATO, S.H.D. **A avaliação da qualidade ambiental e de vida como subsídio ao planejamento urbano: o caso do município de Guarapuava (PR)**. São Carlos, 1995. 63p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

BECKER, B.K.; EGLER, C.A.G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia**. Brasília: MMA/SAE, 1997.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global – esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. n. 13. 1971.

BERTUGA-CERQUEIRA, M. **Variação da comunidade de macroalgas ao longo de um trecho impactado do rio Bonito, município de Descalvado, Estado de São Paulo, e sua relação com as variáveis físicas, químicas e biológicas**. São Carlos, 1999. 114p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

BRAGA, B. et al. Avaliação de impactos ambientais. In: BRAGA, B. et al. (Org.) **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. p.252-290.

BRASIL. IBC - Instituto Brasileiro do Café. **Fotografias aéreas do projeto SP-15**. São Paulo, 1971. Escala 1:25.000. 42 fotos.

BRASIL. SUPLAN – Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. **Aptidão agrícola das terras de São Paulo. Estudos básicos para o planejamento agrícola**. Brasília: Binagri Edições, 1979. (Série Aptidão agrícola das terras, n. 20).

CASTRO, D.M. **Estudo do potencial à erosão acelerada das áreas urbana e de expansão do município de Descalvado (SP), escala 1: 10.000**. São Carlos, 1998. 150p.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

CENDRERO, A. Mapping and evaluation of costal areas for planning. **Ocean & Shoreline Management**. v. 12, p. 427-462. 1989.

CLARK, J.R. **Coastal ecosystem: ecological considerations for the management of the coastal zone**. Washington D.C.: The Conservation Foudation, 1974.

CLARK, J.R. **Coastal ecosystem management**. New York: Wiley Interscience Publications, 1976. 928p.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 6 – Ribeirão Preto**. São Paulo: DAEE, 1974, 4v.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de águas subterrâneas: regiões administrativas 7, 8 e 9 – Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba**. São Paulo: DAEE, 1976, 4v.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 3 – São José dos Campos**. São Paulo: DAEE, 1977, 4v.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de águas subterrâneas: regiões administrativas 10 e 11 – Presidente Prudente e Marília**. São Paulo: DAEE, 1979, 3v.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 5 – Campinas**. São Paulo: DAEE, 1981, 2v.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 4 – Sorocaba**. São Paulo: DAEE, 1982, 2v.

EASTMAN, J. R. (1999). **IDRISI for windows, user's guide**. Woncester, Clark University.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999.

FERREIRA, G.C. **Estudo dos mercados produtor e consumidor de areia industrial no Estado de São Paulo**. Rio Claro, 1995. 142 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

FONTES, A. T. **Aspectos do macrozoneamento utilizando SIG enquanto instrumento de gestão ambiental: diagnósticos e cenários regionais no estudo de caso da região de**

Ribeirão Preto. São Carlos, 1997. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FORMAN, R.T.T. Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**. n. 10, v. 3, p. 133-142. 1995.

HENRIQUE, W. **Zoneamento ambiental: uma abordagem geomorfológica.** Rio Claro, 2000. 133p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

IAC - Instituto Agronômico de Campinas. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo, Quadrícula São Carlos (SF-23-Y-A-I).** Campinas, 1984. Escala 1:100.000.

IAC - Instituto Agronômico de Campinas. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo, Quadrícula Descalvado (SF-23-V-C-IV-4).** Campinas, 1982. Escala 1:100.000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Descalvado (SF-23-V-C-IV-4).** São Paulo, 1971a. Escala 1:50.000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Pirassununga (SF-23-V-C-V-3).** São Paulo, 1971b. Escala 1:50.000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2).** São Paulo, 1971c. Escala 1:50.000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Leme (SF-23-Y-A-II-1).** São Paulo, 1971d. Escala 1:50.000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1995. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n.5).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário de 1995 e 1996.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Acesso em: 20 maio 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil em 1997.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Acesso em: 20 março 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cadastro de cidades e vilas do Brasil em 1999**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Acesso em: 20 março 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do universo do censo 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Acesso em: 08 agosto 2002.

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Leme (SF-23-Y-A-II-1)**. São Paulo, 1980. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Pirassununga (SF-23-V-C-V-3)**. São Paulo, 1981. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Descalvado (SF-23-V-C-IV-4)**. São Paulo, 1984a. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2)**. São Paulo, 1984b. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IG/CETESB, 1997, 2v.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem TM/LANDSAT bandas 3, 4 e 5**. São José dos Campos, 2002. 1 CD.

LOPES, M.F.C. Água subterrânea no Estado de São Paulo: síntese das condições de ocorrência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., 1984, Fortaleza. **Anais**. São Paulo: ABAS, 1984. v.1, p. 305-317.

MACHARG, I.L. **Design with nature**. New York: The Natural History Press, 1969.

MASSOLI, M. Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro (SP). **Revista do Instituto Geológico**, v.2, n.2, p. 79-89, 1981.

MENEZES, D.B. **Avaliação de aspectos metodológicos e aproveitamento de informações do meio físico em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: aplicação na bacia do rio Pardo**. Rio Claro, 2001. 235p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, H.H. **Proposta de criação e caracterização da Área de Proteção Ambiental de Descalvado, SP**. São Paulo, 1995. 140p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

PAESE, A. **Caracterização e análise ambiental do *campus* da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP.** São Carlos, 1997. 84p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

PIVELLO, V.R. et al. Proposta de zoneamento ecológico para a Reserva de Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal of Ecology.** ano 2, n. 2, p.109-119. 1998.

POLETTE, M. Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito. **Turismo – Visão e Ação.** ano 2, n. 3, p. 83-94. 1999.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil.** São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979.

ROSA, R. **O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica.** São Paulo, 1995. 214p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPES, 1997. Mapas e relatório.

SÃO PAULO (Governo do Estado de São Paulo). **Macrozoneamento das bacias dos rios Mogi Guaçu, Pardo e Médio Grande. Questões sócio-ambientais regionais.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Secretaria de Economia e Planejamento, 1995, v.1 e v.2.

SOUZA, W de. **Planejamento da rede viária e zoneamento em unidades de conservação empregando um sistema de informações geográficas.** Viçosa, 1990. 89p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

TAGLIANI, P.R.A. **Estratégia de planificação ambiental para o sistema ecológico da restinga da Lagoa dos Patos – planície costeira do Rio Grande do Sul.** São Carlos, 1995. 228p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

TOREZAN, F. (2000). **Sistema de manejo ambiental na mineração: um estudo de caso na bacia do Rio Bonito (SP).** São Carlos, 2000. 165p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras.** São Carlos, 1987. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** São Carlos, 1993. 368p. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CAPÍTULO 3 ANÁLISE DO PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BONITO FACE À LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

3.1 INTRODUÇÃO

No processo de interação com a paisagem natural, o homem promove grandes modificações. Esse espaço se materializa de diferentes formas como resultado da combinação de elementos naturais e sociais, sendo uma consequência do processo histórico. Portanto, a paisagem antrópica é extremamente dinâmica, tendo como elemento modificador, a dinâmica da sociedade com a qual interage. Assim, cada vez que esta passa por um processo de transformação, há um reflexo na paisagem, e logo esse espaço torna-se reflexo dos diferentes momentos da evolução da sociedade.

As diferentes formas de intervenção humana nesse espaço natural têm se intensificado com o tempo, visando suprir as necessidades da sociedade moderna – quer sejam agrícolas, industriais ou urbanas – através de novas tecnologias que não param de evoluir. Atualmente, o aumento de produção, necessário ao atendimento de novas demandas, tem suscitado em novas formas de plantio, criação e produção industrial, provocando um crescente aumento na geração de poluentes e na fragmentação de ecossistemas que, por sua vez, contribuem para a perda da biodiversidade.

Sabe-se que a preservação da biodiversidade é de fundamental importância para a garantia de recursos naturais às atuais e futuras gerações. Segundo Ehrlich e Ehrlich (1992), tanto os valores éticos, estéticos e de recreação quanto os valores econômicos diretos e indiretos dessa diversidade biológica devem ser considerados pelo homem, visando a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. No entanto, o que se observa cada vez mais é a conversão de áreas naturais em áreas antrópicas, acelerando o processo de fragmentação.

A Constituição Federal Brasileira estabelece que em todas as unidades da Federação devem ser definidos espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas apenas através de lei e ficando vedada qualquer utilização que possa comprometer a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção (Brasil, 2001).

Esses espaços territoriais protegidos – denominados Unidades de Conservação (UCs) – são essenciais para a preservação da biodiversidade, visto que a conservação *in*

situ, onde há a manutenção tanto das próprias espécies quanto dos seus habitats, é considerada uma das melhores formas de se preservar determinadas espécies. De acordo com Spellerberg *apud* Shida (2000), a criação de UCs no Brasil se intensificou nos últimos trinta anos. Entretanto, a devastação dos ambientes naturais tem ocorrido em uma velocidade muito maior, suscitando a urgência de se preservar as áreas que ainda mantêm suas características naturais.

Tendo como pressuposto os preceitos do desenvolvimento sustentável, Sparovek e Lepsch (1995) salientam a possibilidade de se estabelecer projetos de uso do solo que garantam não só a manutenção dos ecossistemas, mas também uma produção agrícola sustentável. E desse modo, pode-se considerar que os trabalhos voltados para o estudo do uso do solo constituem-se em importantes instrumentos para o planejamento e gestão ambiental, fornecendo subsídios às análises da evolução espacial e temporal da ocupação do solo (Criscuolo et al., 2000).

Os estudos dirigidos para a definição de classes de uso e ocupação do solo através de técnicas de sensoriamento remoto têm sido desenvolvidos a partir do uso de diversos sensores e produtos – tanto aéreos quanto orbitais, numa tentativa de selecionar os mais indicados para esse tipo de mapeamento.

Segundo Foresti e Hamburger (1991), as técnicas de sensoriamento remoto aplicadas aos estudos de uso e ocupação do solo podem utilizar como base as fotografias aéreas ou as imagens de satélite, sendo que a maior dificuldade no uso dessas últimas está no fato de que os ambientes a serem estudados normalmente apresentam uma grande heterogeneidade de alvos, mesmo em se tratando de tipos semelhantes de ocupação; enquanto a utilização de fotografias aéreas pode ser dificultada em função dos custos envolvidos na execução de um levantamento aerofotogramétrico. Dessa forma, muitas vezes, torna-se necessário o uso concomitante de dados aéreos e orbitais, visando um estudo do histórico de ocupação de uma determinada região, bem como uma previsão temporal e espacial dos atuais padrões de desenvolvimento.

3.2 APRESENTAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL CORRELATA

Apesar da evolução da legislação ambiental brasileira ser reconhecida mundialmente (Silva, 1998; Moraes, 1999; Machado, 2002), o principal instrumento legal que possibilita a identificação e delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reservas Legais (RLs) no território nacional ainda é o Código Florestal - instituído pela Lei 4711 e alterado posteriormente pelas Leis 7803/89 e 9985/2000 e pela Medida Provisória 2166-67/2001.

Segundo essa medida provisória, a Área de Preservação Permanente (APP) corresponde a toda área protegida nos termos da lei, “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”. E a Reserva Legal (RL) é definida como toda “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas” (Brasil. Medida Provisória 2166-67/2001).

O Código Florestal declara as florestas e demais formas de vegetação como bens de interesse comum da população (Brasil. Lei 4711/65), exercendo-se os direitos de propriedade em função das limitações estabelecidas em lei, e que o uso e exploração contrários às disposições legais caracterizam-se como uso nocivo da propriedade. Nesse caso, “não importa se a APP é pública ou privada, o dever de preservá-la é corolário à limitação administrativa imposta ao uso da propriedade em prol da coletividade, que tem o interesse difuso na sua conservação” (Almeida, 2001). Assim, a supressão da vegetação em APP só pode ser autorizada em casos de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando não houver alternativa técnica e locacional ao empreendimento em questão.

Em setembro de 1985, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) - através de sua Resolução 004 – apresentou as seguintes alterações ao Código Florestal: especificou os conceitos utilizados em tal código, introduziu o conceito de leito maior sazonal, alterou a largura das faixas marginais aos cursos d'água, estabeleceu as larguras das faixas de preservação em torno de lagoas, lagos e reservatórios d'água naturais ou artificiais, ampliou a APP em torno das nascentes, estabeleceu critérios para a delimitação de áreas de preservação localizadas no topo de morros e introduziu o critério de proteção à vegetação nas linhas de cumeada.

De maneira geral, os critérios estabelecidos pela Resolução 004/85 são mais restritivos que aqueles contidos no Código Florestal, excetuando-se os critérios relativos às faixas de preservação ao longo dos cursos d'água (Brasil. Resolução CONAMA 004/85). No entanto, ela foi recentemente revogada pela Resolução 303/02, que apresentou algumas modificações relacionadas aos limites das APPs em torno de lagos e lagoas naturais, em função de sua localização e tamanho (Brasil. Resolução CONAMA 303/02). Enquanto, as alterações quanto às APPs de reservatórios artificiais foram apresentadas pela Resolução 302/02 (Brasil. Resolução CONAMA 302/02).

Com relação às Reservas Legais (RLs), o Código Florestal, através de seu artigo 16, determina que a derrubada de vegetação nativa em propriedades privadas só será permitida desde que seja respeitado o limite mínimo de 20% da área, com cobertura arbórea. Esse mesmo artigo estabelece que a RL de cada propriedade, onde não é permitido o corte raso, deve ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel, ficando vedada a alteração de seu destino nos casos de transmissão, e que nas áreas de cerrado, aplica-se a RL de 20% para todos os efeitos legais (Brasil. Lei 4711/65).

Para alguns autores, apenas o cumprimento do Código Florestal não é suficiente para a efetiva proteção ambiental, visto que em função das peculiaridades regionais nem sempre se pode aplicar essa lei como única base legal para a delimitação de áreas a serem protegidas (Ogawa et al. *apud* Mello, 1998). Para outros, a delimitação de uma metragem específica não pode ser entendida como um limite além do qual as funções ecológicas deixam de operar ou simplesmente deixam de existir (Henke-Oliveira, 1996).

Porém, algumas das publicações consultadas defendem a idéia de que, em função da abrangência espacial das RLs e das APPs, o simples cumprimento da legislação poderia ter garantido a manutenção de corredores ecológicos e, assim, a conservação da biodiversidade nas diversas regiões do Brasil (Libório, 1994; Mello, 1998; Moraes et al., 2000).

Mello (1998) salienta que ainda se encontram poucos trabalhos relatando a experiência com mapeamentos do Código Florestal Brasileiro em bacias hidrográficas, tampouco sobre a quantificação das áreas em que incidem os critérios estabelecidos por essa lei. Esse autor defende que representação espacial das leis ambientais fornece informações importantes e úteis para a elaboração de zoneamentos do uso do solo em bacias, bem como indica os locais em que devem ser implantados projetos de recomposição da cobertura vegetal.

A Área de Proteção Ambiental (APA) é definida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) 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 básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso e dos recursos naturais” (Brasil. Lei 9985/2000). Essa UC foi estabelecida no Brasil pela Lei 6902/81, podendo ser criada pela União, Estado ou Município (Machado, 2002). De acordo com o art. 9º da referida lei, o poder executivo estabelecerá para cada APA, normas limitando ou proibindo exercício das possíveis atividades.

A APA Municipal de Descalvado, criada em junho de 1996 através da Lei 1600, foi proposta por Oliveira (1995) e apresenta parte de seu perímetro na Bacia Hidrográfica do Rio Bonito, objeto de estudo do presente trabalho (Descalvado. Lei 1600/96).

O artigo 19 do Decreto Estadual 32955/91 trata do estabelecimento de Áreas de Proteção em torno dos aquíferos (depósitos naturais de águas subterrâneas), as quais poderão ser propostas sempre que se fizer necessário restringir a captação e o uso das águas em função de interesses de manutenção do equilíbrio natural das águas subterrâneas (São Paulo. Decreto 32955/91).

Em 1988, o Conselho de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - através da Deliberação 18 - declarou como Área de Proteção Máxima (APM) “a região compreendida pelo afloramento do Aquífero Botucatu-Pirambóia e as áreas limítrofes com no mínimo 1Km de largura - contadas a partir da área de afloramento - que se localizam nos compartimentos Médio Mogi Superior e Médio Pardo Superior...” (São Paulo. Deliberação CRH 18/98).

Dentre os instrumentos legais que tratam da conservação dos recursos hídricos no Brasil, destaca-se a Resolução 20 do CONAMA de 1986, que estabelece que as águas doces são divididas em classe especial, 1, 2, 3 e 4 (Brasil. Resolução CONAMA 20/86), e para cada uma delas estão listados os fins a que se destinam e os respectivos limites dos elementos constituintes (São Paulo. CETESB, 1998). Segundo Reis e Mendonça (1998), desde a implementação da Resolução 20/86, esta passou a ser adotada como a principal norma destinada ao controle da poluição hídrica no Brasil, apesar de despertar críticas em diversos de seus aspectos (Von Sperling, 1998; Souza, 2002).

No Estado de São Paulo, o enquadramento dos corpos d'água foi definido pelo Decreto 10755/77 (São Paulo, 1990) e realizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Apesar das críticas que incidem sobre a elaboração do mesmo, acredita-se que a espacialização do enquadramento dos corpos d'água pode contribuir no estabelecimento de programas de monitoramento e recuperação da qualidade das águas.

Diante do exposto, este capítulo tem o objetivo de apresentar a distribuição espacial das áreas protegidas na BHRB, analisar a dinâmica do uso e ocupação do solo no período de 1972 a 1999, bem como a degradação dos recursos naturais decorrente dessa ocupação, considerando as restrições legais que incidem sobre a mesma.

3.3 METODOLOGIA

O mapeamento do uso e ocupação do solo para 1972 foi obtido através do método visual de interpretação das fotografias aéreas em escala 1:25.000 (Brasil. IBC, 1972), utilizando-se um estereoscópio de bolso e considerando a textura, a forma, a cor e o tamanho dos polígonos, de acordo com o proposto em Novo (1992). As classes identificadas com o auxílio de chaves de interpretação foram copiadas em *overlay*, digitalizadas no programa *ArcView* e importadas para o SIG *Idrisi*, onde foram analisadas espacialmente.

No processo de digitalização utilizou-se como base cartográfica o Mapa de Documentação da BHRB elaborado por Torezan (2000), que por sua vez atualizou e georreferenciou as informações contidas nas cartas topográficas, escala 1:50.000, de Descalvado (folha SF-23-V-C-IV-4), Pirassununga (folha SF-23-V-C-V-3), Corumbataí (folha SF-23-Y-A-I-2) e Leme (folha SF-23-Y-A-II-1) de Brasil - IBGE (1971a, 1971b, 1971c e 1971d).

O mapeamento do uso e ocupação do solo para o ano de 1999 foi realizado por Torezan (2000) a partir da classificação supervisionada de uma composição colorida TM/LANDSAT, bandas 3, 4 e 5 de setembro de 1999, a qual foi georreferenciada com base no Mapa de Documentação da BHRB.

Na elaboração da Carta de Legislação Ambiental utilizou-se o Mapa de Documentação, a Carta de Declividades, Formações Geológicas de Superfície e Uso e Ocupação do Solo em 1999 (Torezan, 2000), conforme o esquema metodológico apresentado na figura 3.1.

A Carta de Declividades foi gerada no *Idrisi* utilizando-se o Modelo Digital do Terreno elaborado por Torezan (2000) e dividida nos seguintes intervalos de declividade: 0 - 17°, 17 - 25°, 25 - 45° e acima de 45°, em função de sua aplicabilidade na análise da efetividade da legislação ambiental para a proteção dos recursos naturais da bacia.

Para a determinação do grau de antropização da cobertura vegetal, as classes de uso do solo foram enquadradas em 4 categorias: alto (uso do solo em atividades exclusivamente antrópicas), médio (vegetação arbustiva), baixo (vegetação arbórea) e outros (campos naturais e/ou antrópicos e corpos d'água), pela dúvida quanto ao tipo de ocupação que representam. Essas categorias indicam o grau de alteração da cobertura do solo encontrado em 1999 em relação a 1972.

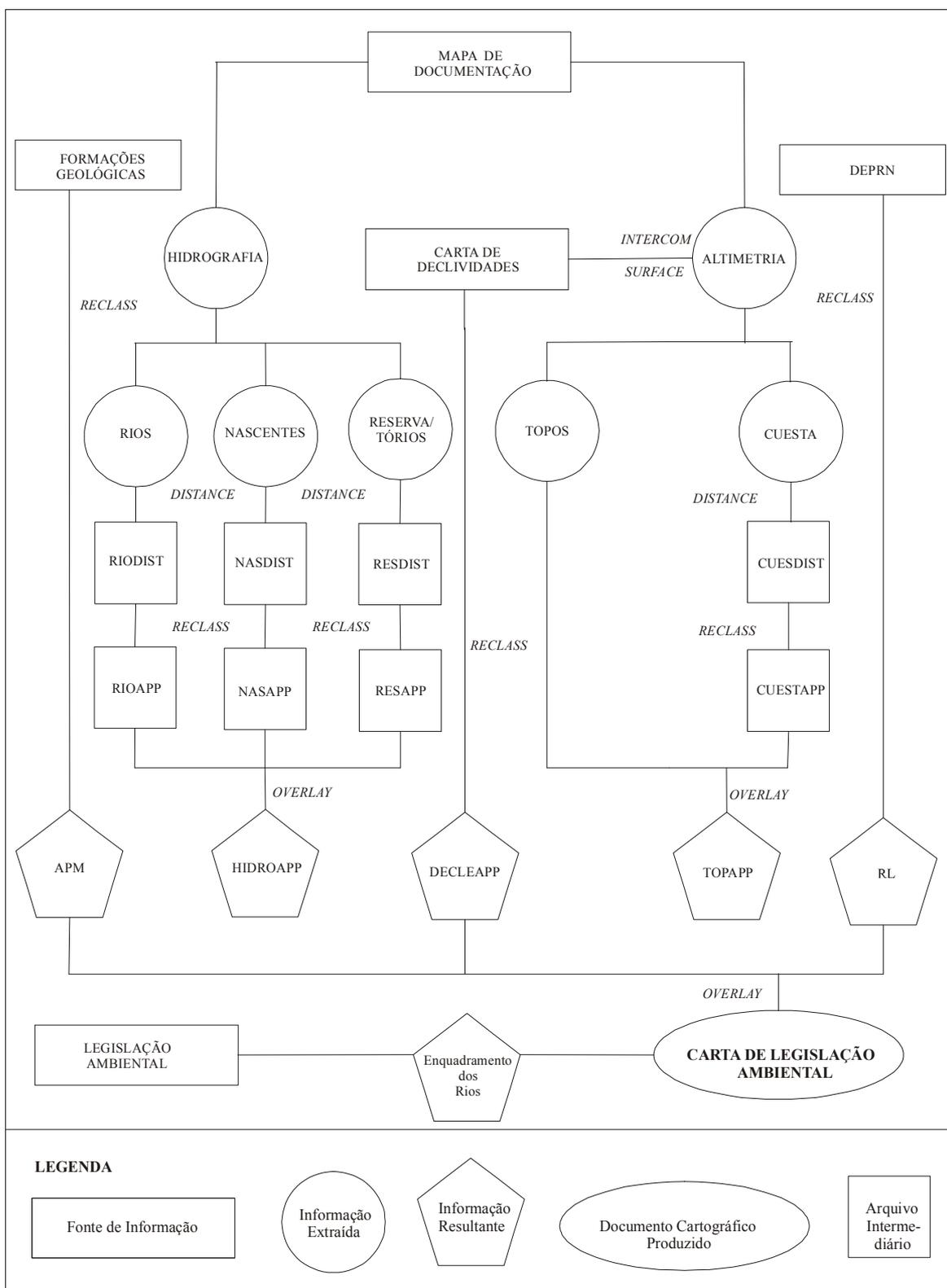


Figura 3.1 Esquema do processo de elaboração da Carta de Legislação Ambiental

Para a delimitação espacial das APPs foram adotados os critérios mais restritivos quanto ao nível de preservação apresentados pelo Código Florestal e pelas Resoluções 302/02 e 303/02. Esses critérios também foram selecionados em função de sua aplicabilidade na AE (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 Critérios adotados para a confecção da Carta de Legislação Ambiental

ÁREAS PROTEGIDAS	REFERÊNCIA	CRITÉRIO
Áreas marginais ao Rio Mogi-Guaçu	Código Florestal	Faixa de 100m
Áreas marginais aos demais rios	Código Florestal	Faixa de 30m
Áreas marginais aos lagos e lagoas	Resolução CONAMA	Faixa de 50m
Áreas marginais aos reservatórios	Resolução CONAMA	Faixa de 15m
Áreas marginais às nascentes	Resolução CONAMA	Faixa de 50m
Áreas de topo	Código Florestal	Topo de morros
Áreas em declive acentuado	Código Florestal	Declive > 45°
Áreas marginais às bordas da cuesta	Código Florestal	Faixa de 100m
Áreas de Reserva Legal	Código Florestal	20% da vegetação
APA de Descalvado	Lei Municipal	APA na BHRB
Áreas com potencialidade de recarga de aquífero profundo	Decreto Estadual	Área de Proteção Máxima

Para a espacialização das RLs, foram consideradas as áreas averbadas no Cartório de Registro de Imóveis de Descalvado até dezembro de 1999, informações essas levantadas por Monteiro (2000) junto à equipe técnica de São Carlos do DEPRN. Tais áreas foram identificadas em trabalho de campo, com base no nome dos respectivos imóveis, com o uso do programa de navegação *Track Maker Pro-3.3.5*, sendo plotadas

sobre os fragmentos de vegetação nativa extraídos da Carta de Uso e Ocupação do Solo em 1999.

A delimitação da área da APA foi extraída do Mapa de Limites da Área de Proteção Ambiental Municipal de Descalvado, elaborado por Oliveira (1995).

As APMs (áreas com potencialidade de recarga do Aquífero Botucatu-Pirambóia) foram delimitadas com base nas informações da Carta de Formações Geológicas de Superfície em escala 1:50.000 (Torezan, 2000). A análise dos resultados foi feita no *Idrisi* através dos módulos *overlay*, *crosstab*, *reclass* e *area* e apresentada na forma de tabelas, gráficos e mapas.

Para o estabelecimento do enquadramento dos corpos d'água, adotou-se o Decreto 10755/77 que enquadra o Rio Bonito, da nascente até a confluência com o Córrego do Rosário, como pertencente à classe 2 e desse ponto até a confluência com o Rio Mogi-Guaçu, como pertencente à classe 3 (São Paulo, 1990). Assim, os corpos d'água da BHRB receberam identificadores diferentes durante a sua digitalização, em função de sua classificação.

Visando a comparação entre o enquadramento proposto por esse decreto com os padrões de qualidade da Resolução 20/86, utilizou-se os dados de qualidade das águas superficiais coletados por Fonseca (2002), entre setembro de 2000 e dezembro de 2001, em 6 pontos ao longo do Rio Bonito, desde sua nascente até a divisa com o município de Porto Ferreira.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Análise do processo de ocupação da BHRB face à legislação ambiental

Os resultados da classificação do uso e ocupação do solo são apresentados na tabela 3.1. Aproximadamente 98% da BHRB apresenta declividades pouco acentuadas (0-17°) e menos de 2% apresenta declividades superiores a 17°. Esses valores demonstram o elevado grau de homogeneidade do relevo da bacia, com exceção para as feições tabulares típicas da frente de cuesta, localiza ao sul da cidade de Descalvado, nas terras pertencentes à Formação Serra Geral. Os terrenos de mais baixa declividade correspondem principalmente às colinas e planícies de inundação, bem como aos topos de morros.

No mapeamento de 1999 (Anexo IV), as áreas com declives acima de 45° (APPs) estão cobertas apenas por campos ou vegetação arbustiva, além de uma represa de 2,52ha; sendo que em uma pequena área que apresentava solo exposto em 1972, a vegetação encontra-se em processo de regeneração.

Porém, observa-se um significativo avanço da atividade antrópica sobre as áreas com declives entre 25 e 45°, apesar do artigo 10 do Código Florestal coibir o corte raso nessas áreas. Monteiro (2000) acredita que, apesar do Código Florestal vedar o corte raso, ele deixa uma lacuna na proteção dessas áreas ao tolerar a exploração racional dos recursos florestais. A mesma autora considera que as declividades acima de 25° são muito acentuadas para ficarem sem cobertura arbórea, e entende que para o licenciamento florestal nessa faixa de declividade, deve-se considerar fatores como vulnerabilidade do solo, rede de drenagem e a situação florestal da área de entorno.

De acordo com o mapeamento do uso e ocupação do solo em 1972 (Anexo III), aproximadamente 18,8% da bacia era coberta por vegetação arbustiva (cerrado e capoeira) e 16,8% por formações florestais (cerradão, mata mesófila e mata ciliar); 17% correspondia às áreas de cultivos agrícolas e 43% aos campos naturais e/ou antrópicos. Torezan (2000) identificou para o mapeamento de 1999, 12 classes entre áreas naturais e áreas de atividades antrópicas, sendo 16% da bacia ocupada por formações florestais e apenas 6% por vegetação arbustiva, ou seja, um decréscimo de 13% para um período de 27 anos e um aumento de 11% nas áreas agrícolas.

Tabela 3.1 – Áreas estimadas (ha) para os diferentes tipos de uso do solo na BHRB nos anos 1972 e 1999 por classes de declividade (graus)

USO DO SOLO	1972					1999				
	0 -17	17 - 25	25 -45	> 45	TOTAL*	0 -17	17 - 25	25 -45	> 45	TOTAL*
solo exposto	542.31	12.42	4.95	0.73	560.41	3134.45	20.52	1.98	0	3156.95
café	39.52	0	0	0	39.52	0	0	0	0	0
laranja	334.34	1.44	0	0	335.78	1803.38	32.13	11.97	0	1847.48
cana	0	0	0	0	0	3479.39	36.28	3.15	0	3518.82
outras culturas	3346.05	57.21	6.71	0	3409.97	803.48	13.23	2.52	0	819.23
reflorestamento	196.24	0.71	0	0	196.95	879.82	20.43	4.51	0	904.76
campos	9394.02	211.42	52.32	1.09	9658.85	5888.21	117.2	23.49	0.09	6028.99
vegetação arbustiva	3992.01	44.63	17.51	2.26	4056.41	1308.11	50.77	15.31	1.53	1375.72
vegetação arbórea	3642.01	92.01	34.41	0.11	3768.54	3406.11	129.81	53.01	0	3588.93
corpos d'água	8.01	0	0	0	8.01	56.81	0.09	0	2.52	59.42
área urbana	180.01	0.63	0	0	180.64	750.55	0.81	0	0	751.36
mineração	82.19	0.41	0	0	82.6	246.28	0	0	0	246.28
TOTAL*	21756.7	420.88	115.9	4.19	22297.68	21756.6	421.27	115.94	4.14	22297.94

* A diferença encontrada para os valores totais decorre de possíveis erros acumulados durante o processo de elaboração das cartas de uso e ocupação do solo e do material utilizado, fotografias aéreas no mapeamento de 1972 e imagem de satélite no mapeamento de 1999.

Apesar da intensidade do desmatamento observado na AE, acredita-se que este poderia ter sido maior. As modificações conferidas ao Código Florestal através de leis posteriores, lhe renderam uma redação mais ecológica e compatível com a Constituição Brasileira de 1988 (Silva, 1998; Moraes et al., 2000). No enunciado do artigo 19 do Código Florestal original, por exemplo, fica claro que o rendimento econômico era considerado como fator primordial, visto que autorizava o corte raso, estimulando o proprietário a substituir a floresta nativa por reflorestamentos.

Mesmo estando isolados por atividades agrícolas, a importância da manutenção dos fragmentos florestais deve ser evidenciada. Áreas em situação semelhante têm sido reconhecidas pela sua função na manutenção da diversidade local e na regulamentação dos sistemas naturais (O'Connell e Noss, 1992).

Na tabela 3.2 apresenta-se a relação do grau de antropização da BHRB com suas classes de declividade. A análise desses dados mostra que 16% da bacia pode ser considerada como pouco alterada, enquanto 50% encontra-se altamente antropizada, sendo que a maior proporção de cobertura do solo intensamente alterada ocorre nos terrenos mais planos. O padrão de ocupação da AE demonstra que as atividades humanas têm se concentrado nas planícies, parte das colinas e nos patamares dos morros mais baixos (morrotes), enquanto nas áreas menos acessíveis ou de manejo mais difícil, observa-se a manutenção e/ou regeneração da vegetação nativa.

Tabela 3.2 – Áreas estimadas (ha) para as classes de declividade da BHRB em função do grau de antropização calculado para o período de 1972 a 1999

CLASSES DE DECLIVIDADE	GRAU DE ANTROPIZAÇÃO				TOTAL
	ALTO	MÉDIO	BAIXO	OUTROS	
0 -17	11097.35	1308.11	3406.11	5945.01	21756.58
17 -25	123.59	50.77	129.8	117.29	421.45
25 - 45	24.12	15.3	53.02	23.49	115.93
> 45	0	0	4.05	0.09	4.14
ÁREA TOTAL	11245.06	1374.18	3592.98	6085.88	22298.1
ÁREA RELATIVA	50.43%	6.16%	16.11%	27.30%	100.00%

De acordo com a figura 3.2, existe uma proporção entre as porcentagens (11%) das áreas que não apresentaram nenhuma alteração em termos de cobertura vegetal e aquelas cuja vegetação encontra-se em processo de regeneração, enquanto que mais do dobro dessa

área foi desmatada (24%) num período de 27 anos. Desse total, mais de 3500ha eram ocupados por cerrado até 1972 (Figura 3.3).

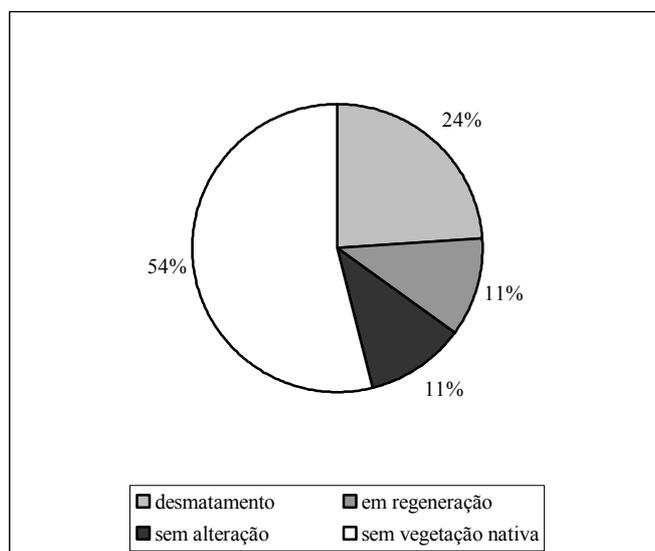


Figura 3.2 Alteração da vegetação da BHRB entre 1972 e 1999

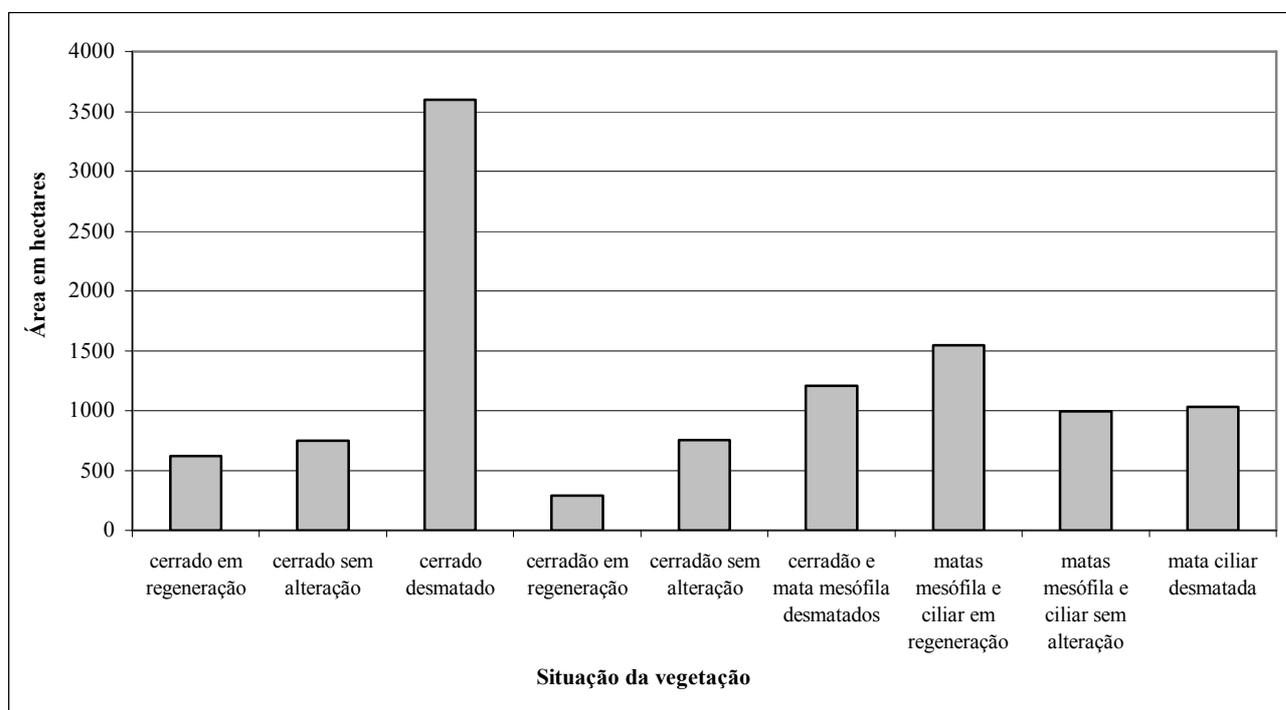


Figura 3.3 Áreas estimadas para a vegetação nativa da BHRB em função da alteração ocorrida no período de 1972 a 1999

Historicamente, a expansão agro-pastoril no cerrado brasileiro tem se caracterizado por um modelo predatório, o qual tem trazido graves conseqüências para a proteção de seus recursos naturais. Um dos mais sérios problemas está na impossibilidade de utilização do solo, devido à sua compactação e erosão decorrentes de técnicas de manejo inadequadas que deixam o solo desprotegido durante épocas de chuvas torrenciais (Klink *et al.*, 1993).

O cerrado - uma das fisionomias mais ameaçadas do Brasil e do Estado de São Paulo - representa o principal bioma da AE e está desaparecendo, apesar do reconhecimento científico de sua importância para a manutenção da diversidade biológica. Segundo a Conservation International (2000), tanto o cerrado quanto a floresta estacional semi-decidual são biomas definidos como *hotspots* de biodiversidade, ou seja, são áreas com alto grau de diversidade biológica em termos de endemismo e extremamente ameaçadas. Entretanto, não existe legislação federal específica para a sua preservação e o Código Florestal considera que até 80% da sua área é passível de autorização para corte raso.

Para o Estado de São Paulo, o Decreto 49141/67, que dispõe sobre a exploração do cerrado, também não apresenta critérios mais restritivos. Atualmente, o licenciamento para o corte raso nessas áreas tem se respaldado no Decreto 42838/98 (São Paulo, 1998), que declara as espécies silvestres ameaçadas de extinção, para tentar evitar maiores prejuízos ambientais.

Segundo a Base de Dados Tropicais da Fundação André Tosello¹, além de incorporar técnicas mais modernas de conservação, os programas agrícolas para áreas de cerrado devem reter uma parte da área com sua vegetação nativa e buscar a implementação de Unidades de Conservação (Ucs).

O Brasil possui cerca de 3,7% de seu território legalmente protegido sob a forma de UCs, colocando-o acima da média mundial de 3,1% (excluindo-se a Antártica), mas abaixo da média sul-americana de 4,5%. Considerando-se que o país detém 2% das espécies existentes no planeta, esse valor pode ser considerado ainda muito baixo, especialmente se comparado com alguns países em desenvolvimento: Indonésia (16%), Venezuela (11%) e Costa Rica (8%) (São Paulo, 1997).

¹ Base de Dados Tropicais da Fundação André Tosello. Disponível em: <http://www.bdt.fat.org.br>

A carência de UCs na região do cerrado torna-se evidente quando se analisa cada bioma em relação à área destinada para sua conservação. De acordo com dados publicados por IBAMA², apenas 2,09% desse bioma encontra-se protegido sob a forma de UCs, sendo 0,75% pelas unidades de uso sustentável e 1,34% pelas unidades de proteção integral.

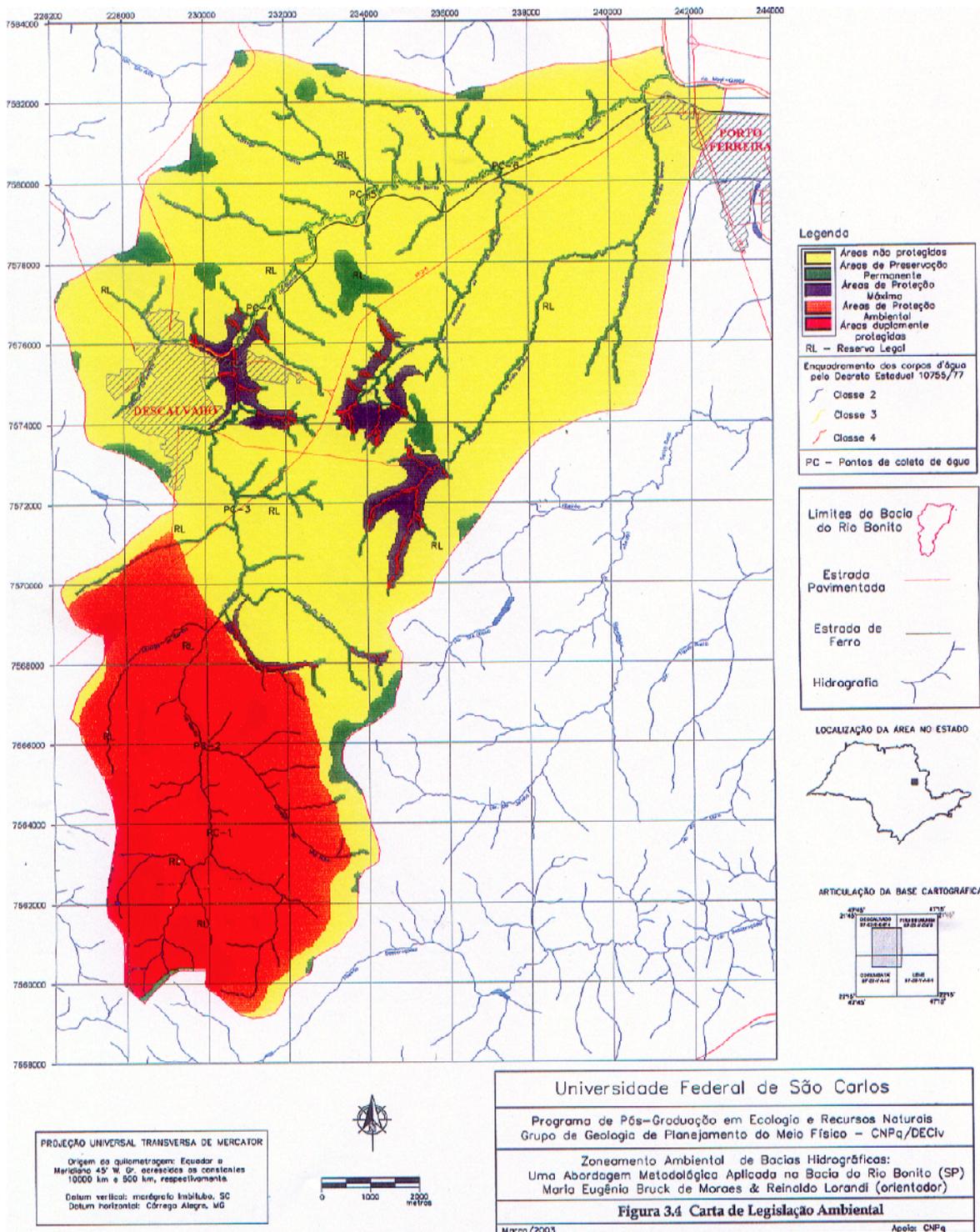
A análise da Carta de Legislação Ambiental (Figura 3.4) mostra que de um total de 223Km², mais de 48% da bacia encontra-se protegida pela legislação ambiental, sendo 14% APP, 6% APM, 5% RL e 23% APA. Porém, os dados da figura 3.3, apontam para o descumprimento da legislação vigente, visto que, além do significativo desmatamento do cerrado, também comprovam o desmatamento de 1000ha de mata ciliar e em torno de 1200ha de formações florestais como o cerradão e a mata mesófila.

Segundo Oliveira (1999), uma das razões da destruição das matas ciliares é sua transformação em áreas de pastagem, já que a maior umidade das várzeas permite melhor desenvolvimento de pastos na estação seca. No entanto, sabe-se que um dos fatores dependentes da preservação das matas ciliares é a manutenção do equilíbrio ecológico pelos remanescentes florestais, pois a proximidade de florestas nativas favorece o controle de pragas nas lavouras e criações.

A mata ciliar é uma formação vegetal que está associada aos cursos d'água, cuja ocorrência está relacionada com a maior umidade do solo, sendo de fundamental importância para o gerenciamento ambiental, pois, além de contribuir para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, funciona como corredor ecológico entre as áreas agrícolas, o qual corresponde a um mosaico de usos da terra capazes de conectar fragmentos de vegetação nativa através da paisagem, facilitando o fluxo genético entre populações, aumentando as chances de sobrevivência a longo prazo das comunidades biológicas e suas espécies, e garantindo a manutenção em grande escala dos processos ecológicos e evolutivos (Lindenmayer e Nix, 1993; Naiman et al., 1993).

Em 1972, 22% das APPs não apresentavam cobertura arbórea/arbustiva, isto é, ou a vegetação já havia sido derrubada ou essas APPs estavam cobertas por vegetação rasteira (campos naturais). Por outro lado, havia 72% de vegetação de porte arbóreo e/ou arbustivo, identificados como APPs pelo Código Florestal (Figura 3.5).

² IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: http://www2.ibama.gov.br/unidades/geraluc/encarte_federal/encarte_federal.pdf



Identificou-se também que 30% das APPs não foram alteradas, 6% estão em processo de recomposição da vegetação e 42% foram desmatadas até 1999 (Figura 3.5), o que representa uma perda de 1291ha de vegetação nativa, entre cerrado e mata, em áreas ditas protegidas pela legislação federal. Vale salientar que a APP, além de fornecer como corredor ecológico, permite ao proprietário diminuir os problemas de erosão do solo,

manter o volume e a qualidade da água dos rios e lagos de sua propriedade, bem como favorecer a sustentação das nascentes durante a estação seca.

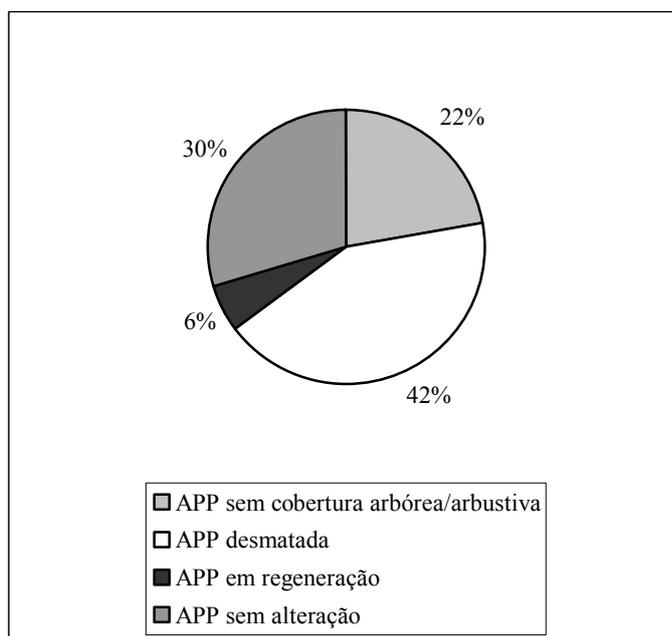


Figura 3.5 Áreas estimadas para as Áreas de Preservação Permanente da BHRB em função da alteração de sua cobertura vegetal no período de 1972 a 1999

De acordo com os dados da distribuição das RLs averbadas, a BHRB possui um total de 13 RLs, ocupando uma área de 1238,89ha e distribuídas principalmente ao sul da cidade de Descalvado, protegendo remanescentes de cerrado, cerradão, mata mesófila de encosta e mata ciliar (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Distribuição por tamanho (ha) das Reservas Legais da BHRB averbadas e registradas no município de Descalvado até dezembro de 1999

Classe (ha)	Quantidade de RLs	Porcentagem de RLs	Área protegida (ha)	Área protegida (%)
0.1 - 5.0	1	7.69	4.56	0.37
5.1 - 20.0	5	38.46	53.16	4.29
20.1 - 100.0	5	38.46	244.39	19.73
> 100.0	2	15.39	936.78	75.61
TOTAL	13	100	1238.89	100

Com relação ao tamanho das RLs, pode-se verificar que cerca de 46% das averbações constituem-se de pequenos fragmentos com até 20ha, protegendo uma extensão de menos de 5% da área total averbada. Entre as RLs de tamanho médio (com áreas de 20 a 100ha), verificou-se que elas protegem quase 20% da cobertura vegetal averbada. E, finalmente, constatou-se que quase 76% da área protegida é constituída por grandes RLs

com mais de 100ha, constando de apenas 2 processos de averbação. Assim, pode-se inferir que, decorrentes da regularização de propriedades com mais de 500ha.

Acredita-se que o levantamento da situação legal dos fragmentos florestais é uma informação importante do ponto de vista das pressões que possam vir a sofrer futuramente, visto que aqueles já averbados são imunes ao corte raso. Quanto aos fragmentos não averbados, além das pressões do entorno, deve-se acrescentar a possibilidade de serem licenciados para o corte raso em até 80% quando localizados em terrenos com até 25° de declividade.

Oliveira (1995) avaliou para o município de Descalvado que, dos 1971ha de áreas em melhor estado de conservação, em torno de 1500ha correspondiam às RLs averbadas, confirmando o exposto e ressaltando a contribuição das RLs para a proteção ambiental. Recomenda-se que na demarcação da RL, o proprietário rural tenha o cuidado para que a mesma permaneça interligada por corredor ecológico com as APPs, em especial, aquelas que margeiam os cursos d'água, assim, é possível estabelecer conexão com as APPs e RLs das propriedades vizinhas.

A APP não faz parte da área de RL, e os proprietários rurais devem declará-las separadamente, de acordo com a legislação vigente. O órgão ambiental competente poderá admitir o cômputo das áreas relativas à vegetação nativa existente em APP no cálculo percentual de RL; desde que não implique em conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo, e quando a soma da vegetação nativa em APP e RL exceder a 50% da propriedade (Brasil. Lei 4711/65).

Segundo Monteiro (2000), apesar da obrigatoriedade legal, a maioria das RLs somente são averbadas quando o proprietário procura o DEPRN para requerer autorização de desmatamento ou quando autuado, para cumprir requisito do Ministério Público.

Essa mesma autora também ressalta a discussão a respeito da gratuidade dessa obrigação, para Machado (2002) essa é uma obrigação sem direito à indenização, enquanto para Moraes (1999) o proprietário deve ser indenizado pelas despesas relativas à averbação da RL. A legislação garante a averbação gratuita para pequenas propriedades ou posse rural familiar, no entanto, acredita-se que a mesma deveria ser assegurada para todos os proprietários, independente do tamanho da sua propriedade.

Os resultados da distribuição do uso e ocupação do solo em APM são apresentados na figura 3.6. Em 1972, aproximadamente 1200ha dessas áreas eram cobertos por vegetação natural sobre APM, enquanto apenas 52ha apresentavam solo exposto. A mesma

figura também mostra que não existia ocupação urbana sobre APM, assim como áreas de mineração. Para 1999 a situação é um pouco diferenciada, visto que as áreas de vegetação natural diminuíram em 23% em relação a 1972, aquelas com solo exposto aumentaram 25% e as APM passaram a ser ocupadas tanto por atividades urbanas, quanto mineradoras.

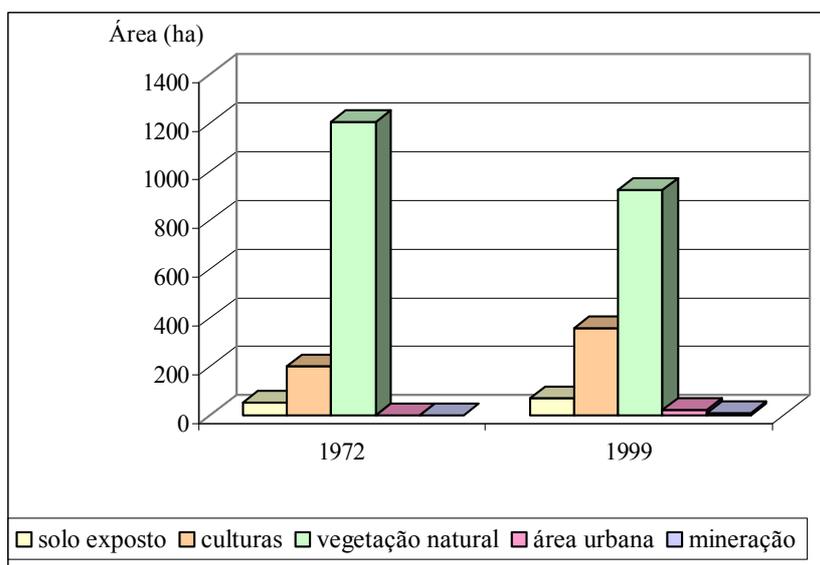


Figura 3. 6 Áreas estimadas para os diferentes tipos de uso do solo sobre Áreas de Proteção Máxima, identificados nos mapeamentos de 1972 e 1999

A BHRB aloja duas das três maiores jazidas de areia industrial do Estado de São Paulo, exploradas pela Mineração Jundu e Mineração Descalvado e, a magnitude destas jazidas e o grande potencial de exploração mineral, representado pelas formações geológicas ocorrentes na bacia, denotam uma série de riscos de desencadeamento de impactos ambientais associados a essa atividade (Torezan e Lorandi, 2000).

A análise da distribuição das áreas de mineração existentes na bacia no período de 1972 a 1999 em função dos tipos de formação geológica (Figura 3.7) demonstra que, entre as áreas de mineração sem alteração durante o período estudado, 80% encontram-se sobre a Formação Santa Rita do Passa Quatro, unidade estratigráfica predominante na bacia, ocupando 55% de sua área total.

Quanto à atividade mineradora sobre terrenos do Quaternário, percebe-se um aumento de quase 30%, apesar desta unidade geológica não estar entre aquelas consideradas como de grande potencial para serem exploradas pela mineração de areia, que de acordo com Cançado et al. (no prelo) são as formações Santa Rita do Passa Quatro, Pirassununga, Botucatu e Pirambóia. Dentre as áreas de mineração novas também constatou-se o surgimento de uma área de 9ha localizada sobre APM, portanto protegida pela legislação e que não deveria estar sendo explorada, de acordo com o que determinam o Decreto Estadual 32955/91 e a Deliberação 18/98 do Conselho de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.

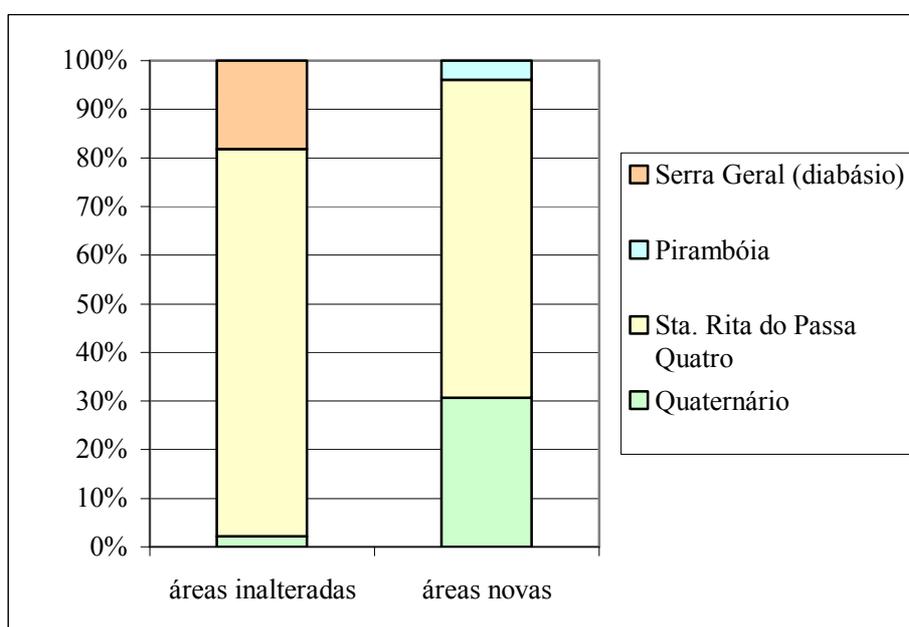


Figura 3.7 Distribuição das áreas de mineração existentes na BHRB no período de 1972 a 1999 em função da formação geológica

Sabe-se que a proteção dos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos requer uma atenção especial devido ao seu papel vital no funcionamento dos ecossistemas e na consolidação do desenvolvimento sustentável (Meybeck et al., 1989; Smith, 1992).

Souza (2002) afirma que o processo de enquadramento dos corpos d'água tem papel relevante no contexto da gestão preconizada pela Política Nacional do Meio Ambiente e pela Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo o elo de ligação entre a gestão da quantidade e da qualidade da água, pois fornece subsídios ao licenciamento ambiental, outorga, cobrança e execução do plano da bacia hidrográfica.

Na figura 3.4 observa-se a espacialização do enquadramento dos cursos d'água da BHRB de acordo com o estabelecido pelo Decreto 10755/77. Tal decreto define como classe 2 todos os corpos d'água da bacia, exceto o Rio Bonito, no trecho que vai da confluência com o Córrego do Rosário até a confluência com o Rio Mogi-Guaçu no município de Porto Ferreira, que é enquadrado dentro da classe 3; e o Córrego do Rosário, a jusante da captação de água para abastecimento até a confluência com o Rio Bonito no município de Descalvado, enquadrado como classe 4.

A principal fonte de matéria orgânica na bacia é a descarga de esgoto doméstico da cidade de Descalvado, a análise de sólidos, principalmente sólidos suspensos totais, realizada por Fonseca (2002) demonstra que a ação depredadora das mineradoras está diretamente relacionada com a degradação do ambiente, e o impacto da erosão do solo tem provocado o assoreamento dos rios, diminuindo consideravelmente a altura da lâmina d'água.

A tabela 3.4 apresenta uma comparação entre o enquadramento de 6 pontos do Rio Bonito realizado pelo governo estadual na década de 70 e os valores-padrão da Resolução 20/86. De acordo com os parâmetros indicadores de qualidade das águas apresentados por essa resolução, a qualidade das águas dos pontos PC1, PC2 e PC3 são compatíveis com a classe 3 e não com a classe 2 como define o Decreto 10755/77. Da mesma forma, a qualidade das águas dos pontos PC4, PC5 e PC6 não estão totalmente compatíveis com a classe 3. Assim, pode-se considerar que houve uma queda na qualidade da água do Rio Bonito e que, possivelmente, o mesmo esteja ocorrendo com os demais rios e córregos da bacia.

Tabela 3.4 Qualidade de água de 6 pontos do Rio Bonito (São Paulo) comparada com os padrões da Resolução CONAMA 20/86

PARÂMETROS	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5	PC-6	Padrão p/ classe 2	Padrão p/ classe 3
Cor aparente (uC)	169	149	310	443	380	336	75	75
Sólido dissolvidos (mg/l)	150	230	160	210	180	160	500	500
Turbidez (uT)	43	25	101	126	147	127	100	100
DBO (mg/l)	5	8.8	8.5	9.5	8.9	6.9	5	10
Oxigênio dissolvido (mg/l)	4.4	4.1	3.6	2	7.4	6.8	> ou = 5.0	> ou = 4.0
Potencial hidrogeniônico	7.3	7.4	7	6.1	7	7.2	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0
Coliformes totais (NMP)	4000	4000	900000	5000000	400000	400000	5000	20000
Coliformes fecais (NMP)	900	400	900	210000	40000	40000	1000	4000
Enquadramento Decreto 10755/77	2	2	2	3	3	3		

Esse fato traz sérias implicações quanto ao uso preponderante que se faz dessas águas, visto que aquelas enquadradas na classe 2 se destinam, além do abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e frutíferas e à aquicultura; diferentemente das águas de classe 3 que, apesar do abastecimento doméstico ser permitido, deve exigir um tratamento mais severo. Essas águas também podem ser destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessedentação de animais. Enquanto aquelas enquadradas na classe 4 se destinam apenas à navegação e outros usos menos exigentes. Dessa forma, pode haver o comprometimento dos usos para a classe 3, trazendo prejuízos para a comunidade local.

Atualmente, a produtividade agrícola e a qualidade de vida têm sido amplamente associadas à conservação do meio ambiente e utilização racional dos recursos naturais (Falkenmark e Suprato, 1992), desta forma, a concepção de APA apresentada em IUCN (1983), vai ao encontro dessa busca pelo desenvolvimento sustentável.

A APA Municipal de Descalvado, com cerca de 40000ha, foi criada através da Lei 1600/96 com perímetro muito próximo daquele proposto por Oliveira (1995); tendo sido alterado principalmente nas áreas de cerrado e a BHRB foi incluída nas áreas de abrangência das nascentes e do curso médio de seu rio principal, perfazendo um total de 13%.

A criação dessa UC representa uma contribuição significativa à proteção de áreas representativas da Serra Geral e atualmente, existe um decreto municipal solicitando à esfera estadual sua incorporação à APA Estadual Corumbataí (São Paulo. Decreto 20960/83). As propostas de englobar a região de Descalvado na APA Corumbataí são apresentadas e discutidas em São Paulo (1998) e Cabral e Souza (2002).

A implementação da APA de Descalvado teve início com a elaboração do seu zoneamento, que divide a mesma em: áreas de uso agropecuário e áreas de proteção ambiental, subdividida em áreas de conservação, recuperação e áreas em conflito (cujo uso não é compatível com as normas de proteção ambiental estabelecidas por lei). Sua importância para a proteção ambiental da BHRB deve ser considerada, porém ainda não foi possível avaliar sua real participação nesse processo.

Apesar dos dados apontarem que os fragmentos de vegetação nativa em melhor estado de conservação são aqueles inseridos na APA (Oliveira, 1999; Monteiro, 2000), assim como os pontos de coleta de água que apresentaram os melhores resultados (PC1 e PC2), seria prematuro afirmar que este fato está relacionada à existência da mesma, pois a sua delimitação, em 1996, foi estabelecida exatamente em função dessas condições e o tempo transcorrido ainda não foi significativo para que sua implantação pudesse estar contribuindo para a melhora das condições ambientais locais.

3.4.2 Considerações sobre a metodologia utilizada e suas implicações nos resultados obtidos

Acredita-se que a Carta de Legislação Ambiental é um importante instrumento para a gestão da BHRB, e deveria ser usada para direcionar as atividades antrópicas e assegurar a integridade das áreas protegidas pela legislação, principalmente daquelas formadas por remanescentes de vegetação nativa. E, o confronto entre essa carta e o uso do solo, serve para apontar as áreas mais críticas em relação à degradação dos recursos naturais.

A proposta de representação espacial das leis ambientais através de um SIG foi considerada muito positiva e, o Código Florestal, o principal instrumento legal para a identificação e delimitação das áreas sob proteção federal. Apenas, as áreas protegidas a partir da linha de cumeada não puderam ser representadas, em função da dificuldade que se encontrou em interpretar o artigo que trata da proteção dessas áreas.

No processo de delimitação das áreas protegidas, merecem destaque as ferramentas do SIG *Idrisi*: *distance* e *buffer*, que viabilizaram de modo rápido e preciso, a delimitação das áreas situadas em torno dos corpos d'água.

Quanto ao enquadramento dos corpos d'água, deve-se salientar que o enquadramento vigente (Decreto 10755/77) tem sido motivo de críticas por parte de alguns pesquisadores, que alegam que o mesmo não foi realizado com o rigor necessário, e

portanto, apresenta equívocos. Diante de tal fato, esse enquadramento, mesmo sendo o instrumento legal vigente, foi adotado com algumas ressalvas, visto que também está desatualizado.

Com relação à Carta de Uso e Ocupação do Solo em 1972, deve-se ressaltar que a mesma apresentou alguns erros que foram corrigidos posteriormente. Mesmo assim, é possível que essa carta ainda apresente algum equívoco, em virtude da falta de experiência da pesquisadora com os procedimentos de fotointerpretação. Também é preciso lembrar que a Carta de Uso e Ocupação do Solo em 1999, elaborada por Torezan (2000), apresenta um erro relacionado à área ocupada pelas pastagens, pois como o próprio autor coloca, parte da área classificada como pasto corresponde na realidade às terras preparadas para o plantio da cana-de-açúcar. No entanto, pode-se afirmar que essas pequenas diferenças não comprometem os resultados apresentados.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.C.C. de. Invasão de “sem-teto”. Ocupação, desmatamento e queimada de área de preservação permanente a margem de rio. **Revista de Direito Ambiental**, ano 6, n. 24, p. 627-630.24, out./dez. 2001.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2001.

BRASIL. IBC – Instituto Brasileiro do Café. **Fotografias aéreas do projeto SP-15**. São Paulo, 1972. Escala 1:25.000. 42 fotos.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Descalvado (SF-23-V-C-IV-4)**. São Paulo, 1971a. Escala 1:50.000.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Pirassununga (SF-23-V-C-V-3)**. São Paulo, 1971b. Escala 1:50.000.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2)**. São Paulo, 1971c. Escala 1:50.000.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica - folha de Leme (SF-23-Y-A-II-1)**. São Paulo, 1971d. Escala 1:50.000.

BRASIL. **Medida Provisória 2166-67, de 24 de agosto de 2001**. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei 4711, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei 9393, de 19 de dezembro de 1966, que dispõe sobre o Imposto sobre Propriedade Territorial Rural – ITR, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm Acesso em: 26 maio 2002.

BRASIL. **Novo Código Florestal**. Lei 4711, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4711.htm Acesso em: 26 maio 2002.

BRASIL. **Resolução CNRH 12, de 19 de julho de 2000**. Estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/resolucoes/Index.htm> Acesso em: 14 outubro 2002.

BRASIL. Resolução CONAMA 004, de 18 de setembro de 1985. Transforma em reservas ecológicas as formações florísticas e as florestas de preservação permanente do artigo 18 da Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. **Coletânea de Legislação Ambiental Federal e Estadual**. Curitiba: Coordenadoria de Estudos e Defesa do Meio Ambiente, 1990. p. 297-299.

BRASIL. **Resolução CONAMA 20, de 18 de junho de 1986**. Revoga a Portaria GM 013 do Ministério do Interior e estabelece uma nova classificação às águas doces, salobras e salinas do país, fixando os limites correspondentes ao nível de qualidade. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios_informacoes.htm Acesso em: 14 outubro 2002.

BRASIL. **Resolução CONAMA 302, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em: 22 outubro 2002.

BRASIL. **Resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em: 22 outubro 2002.

BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC**. Lei 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o SNUC e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.ibama.gov.br/unidades/geralucs/legislacao/coletanea/lei9985.htm> Acesso em: 26 maio 2002.

CABRAL. N.R.J.; SOUZA, M.P. **Áreas de Proteção Ambiental: planejamento e gestão de paisagens protegidas**. São Carlos: Rima.

CANÇADO, C.J.; TORESSAN, F.E.; MORAES, M.E.B.; LORANDI, R.; FERES, R. Instrumentos para avaliação do meio físico para a gestão de bacias hidrográficas. In: Santos, J.E.; Pires, J.S.R.; Cavalheiro, F. (Org.). **Planejamento e gestão ambiental**. São Carlos: Rima. (no prelo).

CONSERVATION INTERNATIONAL. **Hotspots and wilderness areas**. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/hotspots/index.html> Acesso em: 26 setembro 2000.

CRISCUOLO, C.; VASCONCELOS, C.H.; SILVA, J. dos S.V. da. Uso e ocupação da terra em 1965 e 1998. In: Espíndola, E.L.G. (Org.). **A bacia hidrográfica do rio Monjolino: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar**. São Carlos: Rima, 2000.

DESCALVADO. Prefeitura Municipal. **APA Municipal de Descalvado**. Lei 1600, de junho de 1996. Estabelece a criação da Área de Proteção Ambiental Municipal de Descalvado.

EHRICH, P.R.; EHRLICH, A.H. The value of biodiversity. **Ambio**, v. 21, n. 3, p. 219-226, 1992.

FALKENMARK, M.; SUPRATO, R.A. Population-landscape interactions in development: a water perspective to environmental sustainability. **Ambio**, v. 21, n. 1, p. 31-36, 1992.

FONSECA, H.S. **Qualidade das águas superficiais de uma bacia hidrográfica sujeita a processos erosivos – estudo de caso do rio bonito, em Descalvado, SP**. São Carlos, 2002. 193p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

FORESTI, C.; HAMBURGER, D.S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano. In: Tauk, S.M. (Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP/FAPESP, 1991.

HENKE-OLIVEIRA, C. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. São Carlos, 1996. 181p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

IUCN. Categories, objectives and criteria for protected areas. **Environmental Conservation**, v. 10, n. 1, p. 73-84, 1983.

KLINK, C.A.; MOREIRA, A.G.; SOLBRIG, O.T. Ecological impact of agricultural development in the Brazilian Cerrado. In: Young, M.D.; Solbrig, O.T. (Ed.). **The world's savannas**. UK: UNESCO/The Patheron Publications, 1983.

LIBÓRIO, M.G.C. **Código florestal brasileiro: um estudo sobre as relações entre sua eficácia e a valorização da paisagem florestal no sudoeste paulista**. Rio Claro, 1994. 142p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

LINDENMAYER, D.V.; NIX, H.A. Ecological principles for the design of wildlife corridors. **Conservation Biology**, v. 7, n. 3, p. 627-630, 1993.

MACHADO, P.A.L. **Direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2002.

MELLO, L.P. **Percepção da paisagem e conservação ambiental no Banhado Grande do Rio Gravataí (RS)**. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. v. 1, cap. 4, p. 105-127.

MEYBECK, M.; CHAPMAN, P.; RICHARD, H. **A global freshwater quality: a first assessment**. Cambridge: Blackwel, 1989.

MONTEIRO, I. da S.L. **A abordagem ecossistêmica aplicada ao licenciamento de vegetação natural: o caso do município de Descalvado, SP**. São Paulo, 2000. 101p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

MORAES, L.C.S. **Código florestal comentado**. São Paulo: Atlas, 1999.

MORAES, M.E.B.; SCHIAVETTI, A.; FORESTI, C. Análise da efetividade da legislação ambiental no processo de ocupação urbana de uma estância hidromineral paulista. **Revista de Direito Ambiental**, ano 5, n. 20, p. 177-187, out./dez. 2000.

NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H.; POLLOCK, M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. **Ecological Applications**, v.3, n. 2, p. 209-212, 1993.

NOVO, E.M.L.M. (1992). **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blüncher.

O'CONNELL, M.A.; NOSS, R.F. Private land management for biodiversity conservation. **Environmental Conservation**, v. 16, n. 4, p. 423-433, 1992.

OLIVEIRA, H.H. **Proposta de criação e caracterização da Área de Proteção Ambiental de Descalvado, SP**. São Paulo, 1995. 140p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

REIS, J.A.T.; MENDONÇA, A.S.F. Análise dos padrões para compostos amoniacais segundo a resolução CONAMA 20/86. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, n. 3/4, p. 146-154, 1998.

SÃO PAULO (Governo do Estado de São Paulo). **Fauna ameaçada no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. (Série PROBIO/SP).

SÃO PAULO (Governo do Estado de São Paulo). **Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1997. (Série PROBIO/SP).

SÃO PAULO (Governo do Estado de São Paulo). **Macrozoneamento das bacias dos rios Mogi Guaçu, Pardo e Médio Grande. Questões sócio-ambientais regionais**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Secretaria de Economia e Planejamento, 1995, v. 1 e v. 2.

SÃO PAULO (Governo do Estado de São Paulo). **Legislação estadual: controle de poluição ambiental**. São Paulo: CETESB/Secretaria do Meio Ambiente, 1990. (Série Documentos).

SÃO PAULO. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Legislação federal: controle de poluição ambiental**. São Paulo: CETESB, 1998.

SÃO PAULO. Decreto 10755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto 8468 de 08 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. **Legislação Estadual: controle de poluição ambiental**. São Paulo: CETESB, 1990. p. 67-77.

SÃO PAULO. **Decreto 20960, de 08 de junho de 1983**. Declara área de proteção ambiental as regiões situadas em diversos municípios, dentre os quais Botucatu, Tejuπά e Corumbataí. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/apas/20960.htm> Acesso em: outubro 2002.

SÃO PAULO. **Decreto 32955, de 7 de fevereiro de 1991**. Regulamenta a Lei 6134, de 02 de junho de 1988 que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, e dá outras providências. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/leis_internet/outras_leis/legis_outras.htm Acesso em: outubro 2002.

SÃO PAULO. **Deliberação CRH 18, de 08 de abril de 1998**. Aprova a declaração de Áreas de Proteção nos termos do disposto no inciso I do art. 20 do Decreto Estadual 32955 de 07.02.98 e na minuta do decreto do macrozoneamento do Mogi-Pardo-Médio-Grande. Disponível em: http://www.recursoshidricos.sp.gov.br/Legisl_CRH/CRH_18.htm Acesso em: 30 agosto 2002.

SHIDA, C.N. **Levantamento da distribuição espacial e temporal dos elementos da paisagem e de seus determinantes, na região dos municípios de Luiz Antonio e Santa Rita do Passa Quatro (SP), como subsídios ao planejamento ambiental**. São Paulo, 2000. 114p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo.

SILVA, J.A. **Direito ambiental constitucional**. São Paulo: Malheiros Editores, 1998.

SMITH, L.G. **Impact assessment and sustainable resource management**. Londres, Longman, 1992.

SOUZA, A.D.G. de. **Diagnóstico ambiental integrado e subsídios ao estabelecimento de metas de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jaboatão (PE)**. São Carlos, 2002. 174p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

SPAROVEK, G.; LEPSCH, I.F. Diagnóstico de uso e aptidão das terras agrícolas de Piracicaba. In: Queiroz, T.A (Org.). **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro: Fundação Salim Farah Maluf/CEA-UNESP, 1995.

TOREZAN, F. **Sistema de manejo ambiental na mineração: um estudo de caso na bacia do Rio Bonito (SP)**. São Carlos, 2000. 165p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

TOREZAN, F.; LORANDI, R. Análise de restrições ambientais para o planejamento de áreas de mineração por meio da aplicação de geoprocessamento. **Geociências**, v. 19, n. 2, p. 291-302, 2000.

VON SPERLING, E. Qualidade da água. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8, 1998, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1998. v. 3, p. 748-751.

CAPÍTULO 4 APLICAÇÃO DA ABORDAGEM SINTÉTICA NA ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BONITO

4.1 INTRODUÇÃO

O zoneamento ambiental visa a ordenação do território segundo suas características bióticas e abióticas. Um zoneamento pode ser elaborado através do agrupamento de áreas cujos conjuntos formam unidades relativamente homogêneas, buscando o conhecimento das individualidades de cada unidade e a compreensão da dinâmica de funcionamento destas unidades em conjunto. Assim, a Política Nacional do Meio Ambiente reafirma o zoneamento como um importante instrumento de planejamento ambiental, contribuindo para disciplinar o uso do solo, organizar o espaço e solucionar conflitos de uso (Brasil. Lei 6938/81 alterada por Brasil. Lei 7804/89).

Durante o processo de zoneamento são identificadas as áreas de maior fragilidade e são tomadas as decisões a respeito daquelas mais relevantes para a conservação e das áreas que necessitam ser recuperadas. Para tanto, torna-se necessário o conhecimento da composição, estrutura e dinâmica dos ecossistemas.

Pivello et al. (1998) acreditam que os conceitos estabelecidos pela ecologia da paisagem fornecem uma das melhores bases para se trabalhar integralmente os componentes do meio.

A “ecologia da paisagem” é um termo introduzido pelo geógrafo alemão Carl Troll, em 1938, que a considerava como o resultado da integração entre a geografia (paisagem) e a biologia (ecologia), e que posteriormente também utilizou a denominação geoecologia. Na visão do geógrafo alemão, a ecologia da paisagem também deveria abranger as paisagens culturais e os aspectos socioeconômicos, além das paisagens naturais. Assim sendo, ele visualizava a aplicação da ecologia da paisagem aos propósitos humanos, como o desenvolvimento das terras e o planejamento urbano-regional (Christofolletti, 1999). Maiores detalhes a cerca da origem da ecologia da paisagem podem ser encontrados em Polette (1999), Troppmair (2001) e Lorini e Persson (2001).

Para Vink (1983), a ecologia da paisagem é a disciplina que tem a paisagem como o fundamento chave do meio ambiente, para as comunidades vegetais, animais e humanas. Desse modo, a paisagem - incluindo seus fenômenos e processos - pode ser vista como um suporte aos ecossistemas. Lorini e Persson (2001) acreditam que a concepção desta

disciplina abrange os relacionamentos verticais que ocorrem dentro de cada unidade espacial, bem como os horizontais, que tomam lugar entre as unidades espaciais.

A paisagem aqui é entendida como uma porção de terra heterogênea, na sua forma ou no uso, que contém um grupo de ecossistemas ou unidades homogêneas que se repetem e interagem (Forman, 1995).

A princípio, o conceito de ecologia da paisagem pode ser confundido com o conceito de geossistema, muito utilizado por geógrafos, proposto pelo russo Sotchava em 1962 com a preocupação de estabelecer uma tipologia que fosse aplicável aos fenômenos geográficos. Entretanto, o conceito de geossistema enfoca os aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial qualquer, em detrimento dos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas.

Tanto a concepção de geossistema, introduzida na França por Bertrand (1968) *apud* Christofolletti (1999), a estruturação da ecologia da paisagem difundida por Naveh e Lieberman (1984) e Forman e Godron (1986), quanto as proposições relacionadas com a ecodinâmica e a ecogeografia apresentadas por Tricart (1977) e Tricart e Kiewiet (1992), enquadram-se no contexto da abordagem holística para o estudo de sistemas ambientais. Mais recentemente, tal abordagem tem sido encontrada nos trabalhos apresentados por Menegat et al. (1998), Espíndola (2000) e Santos e Pires (2000).

Tchackway e Olsson (1999) salientam que a possibilidade de se utilizar uma visão holística na análise dos processos de uso e ocupação do solo pode ser facilitada pelo emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), devendo ser explorada para o planejamento ambiental em escala regional ou da paisagem. Assim, Carter et al. (1999) colocam que o principal passo em direção ao manejo dos recursos naturais é o delineamento das unidades de paisagem.

Agar et al. (1995) afirmam que a análise espacial advinda das interações entre os elementos da paisagem permite a divisão de um território em unidades que refletem diferentes possibilidades de uso do solo, graus de fragilidade ou vulnerabilidade das atividades antrópicas. E a cartografia digital pode colaborar nesta análise como uma ferramenta importante para a identificação da variabilidade espacial dos elementos da paisagem em diferentes escalas.

Para Back et al. (1998), a utilização das técnicas de sensoriamento remoto tem facilitado a quantificação dos padrões da paisagem, permitindo a elaboração de uma base

de dados georreferenciados, considerando-se uma ampla gama de características da paisagem e suas inter-relações.

Diante do exposto, este capítulo tem por objetivo delimitar e caracterizar as unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Bonito, bem como apresentar uma proposta de zoneamento ambiental para a mesma baseada nos princípios da ecologia da paisagem e na abordagem sintética.

4.2 METODOLOGIA

Para a caracterização da Área de Estudo (AE) foi utilizada uma base cartográfica digital, composta pelos seguintes Planos de Informação (PIs): formações geológicas de superfície, formas do relevo e uso e ocupação atual do solo.

4.2.1 Carta de Formações Geológicas de Superfície

Os Mapas de Formações Geológicas de Superfície correspondentes à AE abrangem parte das folhas Descalvado (IG, 1984a), Corumbataí (IG, 1984b), Pirassununga (IG, 1981) e Leme (IG, 1980), todos em escala 1:50.000. Utilizando uma mesa digitalizadora e o software *CartaLinx 1.2*, Torezan (2000) digitalizou os limites das unidades estratigráficas e outras feições geológicas como falhas, diques de diabásio e voçorocas.

Os vetores correspondentes às feições digitalizadas foram exportados para o SIG *Idrisi 2.0* e através do módulo *reformat* → *raster/vector conversion* foi gerada uma imagem matricial, representando a superfície das diversas unidades estratigráficas ocorrentes na área, e obtendo-se como resultado um mapa geológico digital que abrange a BHRB.

As formações geológicas existentes na BHRB, previamente enumeradas na descrição da AE, de acordo com IG (1980, 1981, 1984a; 1984b), são:

- Depósitos do Quaternário: correspondem às planícies aluvionares bem desenvolvidas, ocorrendo ao longo dos rios Mogi-Guaçu, Bonito e Claro e em parte dos cursos d'água de menor expressão da quadrícula de Descalvado. Esses depósitos, de várzeas e terraços, são constituídos de areias, argilas e cascalhos;
- Formação Santa Rita do Passa Quatro: formação geológica predominante na BHRB, pode ser designada genericamente como Cobertura Cenozóica, onde estão agrupados depósitos arenosos de idade terci-quatérnia;

- Formação Pirassununga: também constituída durante o período Terciário, é composta por sedimentos arenosos inconsolidados, não estratificados e sem estrutura. Verticalmente homogêneos e sobrepostos, indiferentemente, às formações mais antigas, em cuja base têm sido encontradas, por vezes, linhas de seixos subangulares e arredondados;
- Formação Itaqueri: decorrente dos períodos Cretáceo e Terciário, ocorre em mancha irregular no reverso da cuesta basáltica, representando suas partes mais elevadas, testemunhos da antiga extensão do Planalto Ocidental;
- Formação Serra Geral: formada durante o Jura-Cretáceo, compreende o conjunto de derrames de lavas basálticas e intrusivas associadas, bastante comuns na área;
- Formação Botucatu: também teve origem durante o Jura-Cretáceo e é constituída por arenitos róseos, avermelhados e esbranquiçados, finos a médios; e também muito finos e friáveis, com grãos arredondados e foscos;
- Formação Pirambóia: com origem no período Triássico, constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados e róseos, médios a muito finos, ocasionalmente grosseiros, com grãos subarredondados e intercalações de siltitos e argilitos. Mais raramente, se observa ainda arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo e também de argila, com matriz areno-argilosa. Na seção inferior os arenitos tornam-se finos, ocorrendo ainda fácies bastante argilosas durante a fase de transição;
- Formação Corumbataí: essa formação é originária do período Permiano e, constituída na sua seção inferior, de um pacote de argilitos, folhelhos e siltitos. Na seção superior da formação ocorre uma seqüência de argilitos e arenitos finos, argilosos, esverdeados, arroxeados e avermelhados.

4.2.2 Carta de Formas do Relevo

As formas do relevo da BHRB foram definidas a partir da interpretação de fotografias aéreas de agosto de 1972, fornecidas pela Casa da Agricultura de Descalvado, utilizando-se como documentos auxiliares o Mapa de Documentação, a Carta Hipsométrica e a Carta de Declividades - classificada em porcentagem, todos elaborados por Torezan (2000).

O relevo da AE foi compartimentado com base nas principais feições geomorfológicas, individualizando-se os padrões de relevo segundo as propostas metodológicas de IPT (1986) e IBGE (1995). Assim, o estabelecimento das formas do relevo foi feito de acordo com a análise da declividade, amplitude e linhas de drenagem,

sendo copiadas em *overlay*, digitalizadas no programa *CartaLinx* e importadas para o *Idrisi 32*, onde foram rasterizadas e analisadas espacialmente.

O padrão da forma do relevo representa a predominância de determinadas faixas de amplitudes e declividades, e ainda, a densidade e característica das linhas de drenagem. Porém, isto não impede que num dado padrão possam ocorrer trechos com características de outro padrão, mesmo que em áreas pouco expressivas. Assim, as classes de relevo identificadas para a AE e, definidas a seguir, são:

- Planície de inundação: corresponde aos terrenos baixos e planos (várzeas) junto às margens do Rio MogiGuaçu, sujeitos periodicamente à inundações;
- Planícies: nesta categoria estão contempladas tanto as planícies aluviais que são áreas planas em que predominam os processos de sedimentação fluvial, quanto as planícies de topo, formas de relevo de topo plano e vales incipientes e que ocupam áreas mais altas;
- Colinas: relevo suavizado com encostas levemente sulcadas por linhas de drenagem, topos amplos e arredondados e vales abertos com planícies aluviais restritas;
- Morrotes: relevo ondulado, cujas encostas apresentam densidade de linhas de drenagem variável, sendo maior nas encostas mais íngremes, os topos são relativamente arredondados e localmente achatados com exposições locais de rocha e os vales são fechados com planícies aluviais restritas;
- Morros Altos: relevo ondulado com encostas entalhadas apresentando cabeceiras de drenagem, topos estreitos e alongados e vales fechados;
- Frente de Cuesta: forma de relevo alongada resultante da interceptação de vertentes de acentuada declividade, seguindo a direção do alinhamento principal do relevo, interrompida perpendicular ou obliquamente por selas e colos.

4.2.3 Carta de Uso e Ocupação do Solo em 2002

O mapeamento do uso e ocupação do solo para o ano de 2002 foi realizado no *Idrisi* pelo pesquisador Claudio Cançado³, a partir da classificação supervisionada de uma composição colorida TM/LANDSAT, bandas 3, 4 e 5 de abril de 2002, a qual foi georreferenciada com base no Mapa de Documentação da BHRB (Torezan, 2000) e do

³ O mapeamento do uso e ocupação do solo para o ano de 2002 faz parte do projeto de pesquisa Zoneamento de risco potencial de inundações como ferramenta do planejamento ambiental em bacias hidrográficas – Estudo de caso: Bacia do Rio Bonito (SP) cadastrado na FAPESP sob o n° 99/0381-3.

trabalho de campo realizado com o auxílio do programa de navegação *Track Maker Pro* - 3.3.5 que possibilitou a identificação e confirmação das principais classes de uso do solo, descritas a seguir:

- Solo exposto: áreas onde o solo aparece desprovido de vegetação ou algum outro tipo de ocupação, incluindo áreas de preparo do solo para cultivos, principalmente cana-de-açúcar, e loteamentos sem cobertura vegetal;
- Solo semi-exposto: áreas que apresentam culturas em estágio inicial de desenvolvimento, o que dificulta a sua identificação;
- Cana-de-açúcar: áreas que apresentam o cultivo de cana-de-açúcar;
- Laranja: áreas que apresentam o cultivo de laranja;
- Pastagem: corresponde às áreas de pastagem natural e cultivada;
- Reflorestamento: áreas de cultivo de espécies de reflorestamento, onde predominam variedades de *Eucalyptus* e, em menor proporção, variedades de *Pinus*;
- Outras culturas: incluindo cultivos de milho, sorgo, mandioca, café, algodão, entre outros tipos de cultivo que também ocorrem na bacia, apesar da baixa representatividade;
- Cerrado: refere-se aos remanescentes de cerrado *stricto sensu* e aos remanescentes da sua forma florestal, com vegetação mais alta e densa, conhecida como cerradão;
- Mata: nesta classe foram agrupadas as áreas cobertas pela Mata Mesófila Estacional Semidecídua e pela mata ciliar, em função das mesmas apresentarem valores de reflectância muito semelhantes, dificultando a sua classificação em classes distintas;
- Corpos d'água: incluindo lagos, represas e rios;
- Área urbana: núcleo urbano de Descalvado e pequena parte do núcleo urbano de Porto Ferreira;
- Mineração: refere-se às áreas de exploração de areia e diabásio.

Para cada PI abordado, foram calculadas no *Idrisi*, as porcentagens das diferentes classes em relação à área total da bacia. E, a partir dos cruzamentos das cartas de formas do relevo, formações geológicas de superfície e uso e ocupação atual do solo com a carta de declividades, foram obtidas as proporções que cada categoria de relevo, geologia e uso do solo apresentam nas classes de declividade, também utilizando os recursos do *Idrisi*.

4.2.4 Carta de Unidades de Paisagem

Para a identificação das Unidades de Paisagem (UPs) foram realizados os cruzamentos da Carta de Formas do Relevo e da Carta de Formações Geológicas de Superfície com a Carta de Cobertura Vegetal, gerada a partir da reclassificação da Carta de Uso e Ocupação do Solo em 2002, conforme o esquema da figura 4.1. E, a partir desses cruzamentos, obteve-se as proporções dos tipos de cobertura vegetal existentes em cada forma do relevo e feição geológica, o que auxiliou no delineamento das UPs.

O cruzamento das cartas com as informações do relevo, geologia e vegetação permitiu a distinção de 8 unidades homogêneas. São elas:

- U P I: terrenos baixos sobre os depósitos recentes do Quaternário;
- U P II: relevo suavizado coberto por vegetação nativa;
- U P III: relevo suavizado com vegetação antrópica;
- U P IV: relevo suavizado sem cobertura vegetal;
- U P V: relevo ondulado sobre a Formação Serra Geral;
- U P VI: áreas com potencial de recarga do Aquífero Botucatu-Pirambóia;
- U P VII: frente de cuesta com vegetação nativa;
- U P VIII: frente de cuesta com vegetação antrópica;

No quadro 4.1, estão os critérios considerados na delimitação dessas unidades.

Quadro 4.1 Critérios adotados para a confecção da Carta de Unidades de Paisagem

UNIDADE DE PAISAGEM	UNIDADE GEOLÓGICA	UNIDADE DE RELEVO	COBERTURA VEGETAL
UP I	Quaternário	Planícies	Com ou sem cobertura vegetal
UP II	Stª Rita do Passa Quatro Pirassununga	Planícies Colinas	Vegetação nativa
UP III	Stª Rita do Passa Quatro Pirassununga	Planícies Colinas	Vegetação antrópica
UP IV	Stª Rita do Passa Quatro Pirassununga	Planícies Colinas	Sem cobertura vegetal
UP V	Serra Geral (diabásio e basalto)	Planícies Colinas Morrotes Morros altos	Com ou sem cobertura vegetal
UP VI	Pirambóia Corumbataí	Planícies Colinas	Com ou sem cobertura vegetal
UP VII	Stª Rita do Passa Quatro Serra Geral (basalto) Itaqueri Botucatu	Frente da Cuesta	Vegetação nativa
UP VIII	Stª Rita do Passa Quatro Serra Geral (basalto) Itaqueri Botucatu	Frente de Cuesta	Vegetação antrópica

Ao se estabelecer as UPs na AE, foi calculada a porcentagem da área correspondente a cada unidade e também, verificada a predominância dos elementos geomorfológicos, geológicos e da cobertura vegetal em cada unidade.

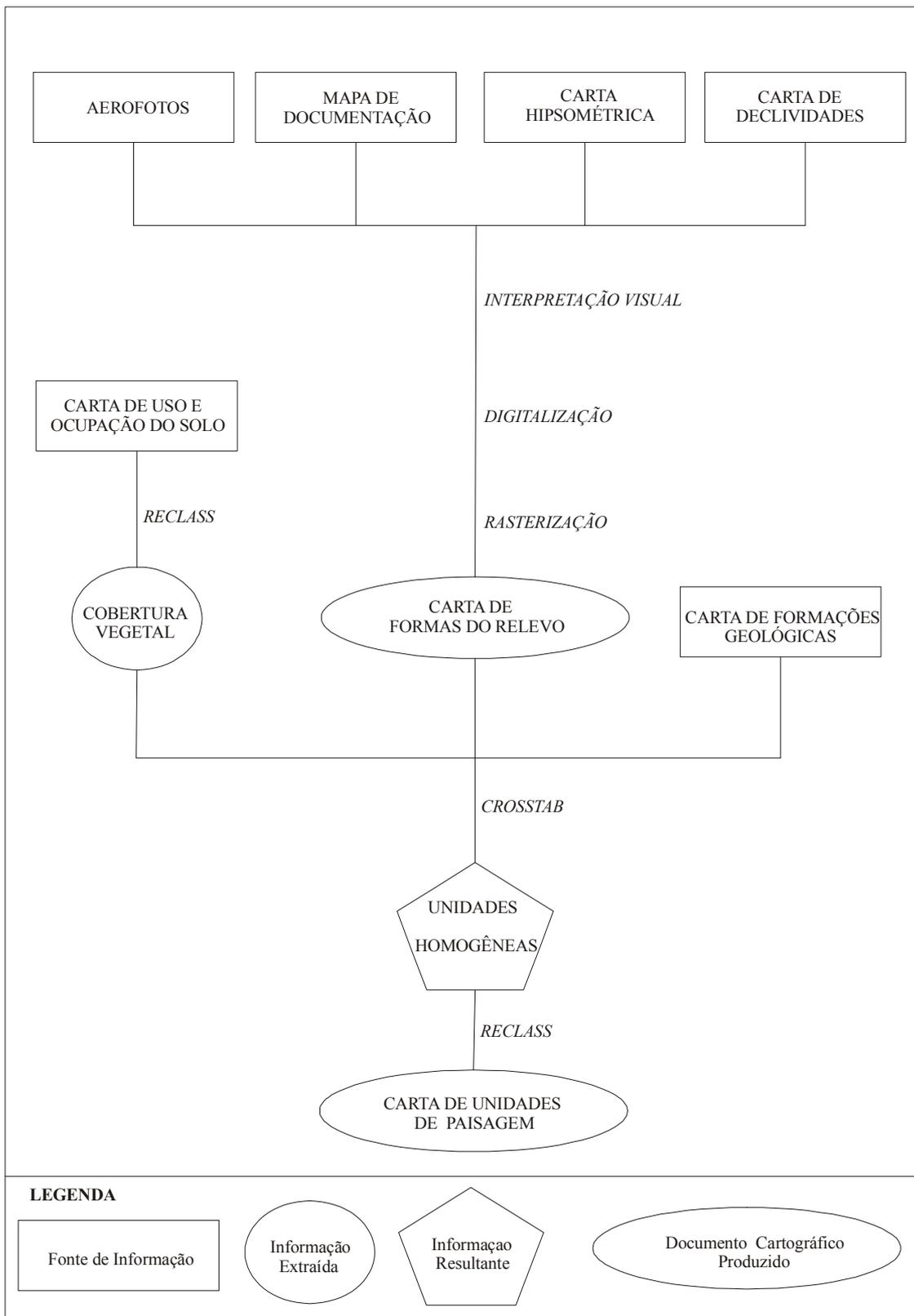


Figura 4.1 Esquema do processo de elaboração da Carta de Unidades de Paisagem

4.2.5 Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Sintética

O zoneamento ambiental proposto para a BHRB baseou-se no estabelecimento das unidades homogêneas da paisagem que foram confrontadas com informações relativas à legislação ambiental e aos riscos ambientais.

Através das técnicas de sobreposição de PIs do *Idrisi*, procedeu-se o cruzamento das seguintes cartas: Carta de Unidades de Paisagem, Carta de Legislação Ambiental apresentada no capítulo 3 (Figura 3.4) e Carta de Riscos Ambientais (Torezan, 2000), em anexo. Os critérios para a confecção dessa carta estão relacionados no quadro 4.2.

As classes que compreendem tal carta são: zona de preservação ambiental, zona de conservação ambiental, zona de recuperação ambiental e zona de uso múltiplo.

Ao se identificar as zonas ambientais na BHRB, foi calculada a porcentagem da área correspondente a cada zona, bem como foi verificada a predominância das UPs, das leis ambientais e dos principais riscos ambientais em cada uma das zonas estabelecidas.

Quadro 4.2 Critérios adotados para a confecção da Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Sintética

ZONAS	UNIDADE DA PAISAGEM	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	RISCO AMBIENTAL
PRESERVAÇÃO AMBIENTAL	UP I UP II UP VI UP VII	Áreas protegidas	8 / 9 / 10
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL	UP I UP II UP VI	Áreas não protegidas	4 / 5
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	UP III UP V UP VIII	Áreas protegidas	6 / 7
USO MÚLTIPLO	UP III UP IV UP V	Áreas não protegidas	1 / 2 / 3

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Análise da distribuição espacial dos determinantes da paisagem na BHRB

As formas do relevo exercem um papel fundamental no estudo da paisagem, pois exercem influência direta sobre as condições ecológicas locais, criando condições hidrológicas e topoclimáticas específicas. Assim, Rosa (1995) coloca que as variações de relevo ocasionam uma série de variações ecológicas responsáveis por delimitações marcantes no mosaico da paisagem.

A BHRB possui um relevo suavemente ondulado com algumas áreas mais inclinadas, sendo que a altitude do terreno varia de 540 a 1040m, com declividades que variam entre 0 e mais de 45°.

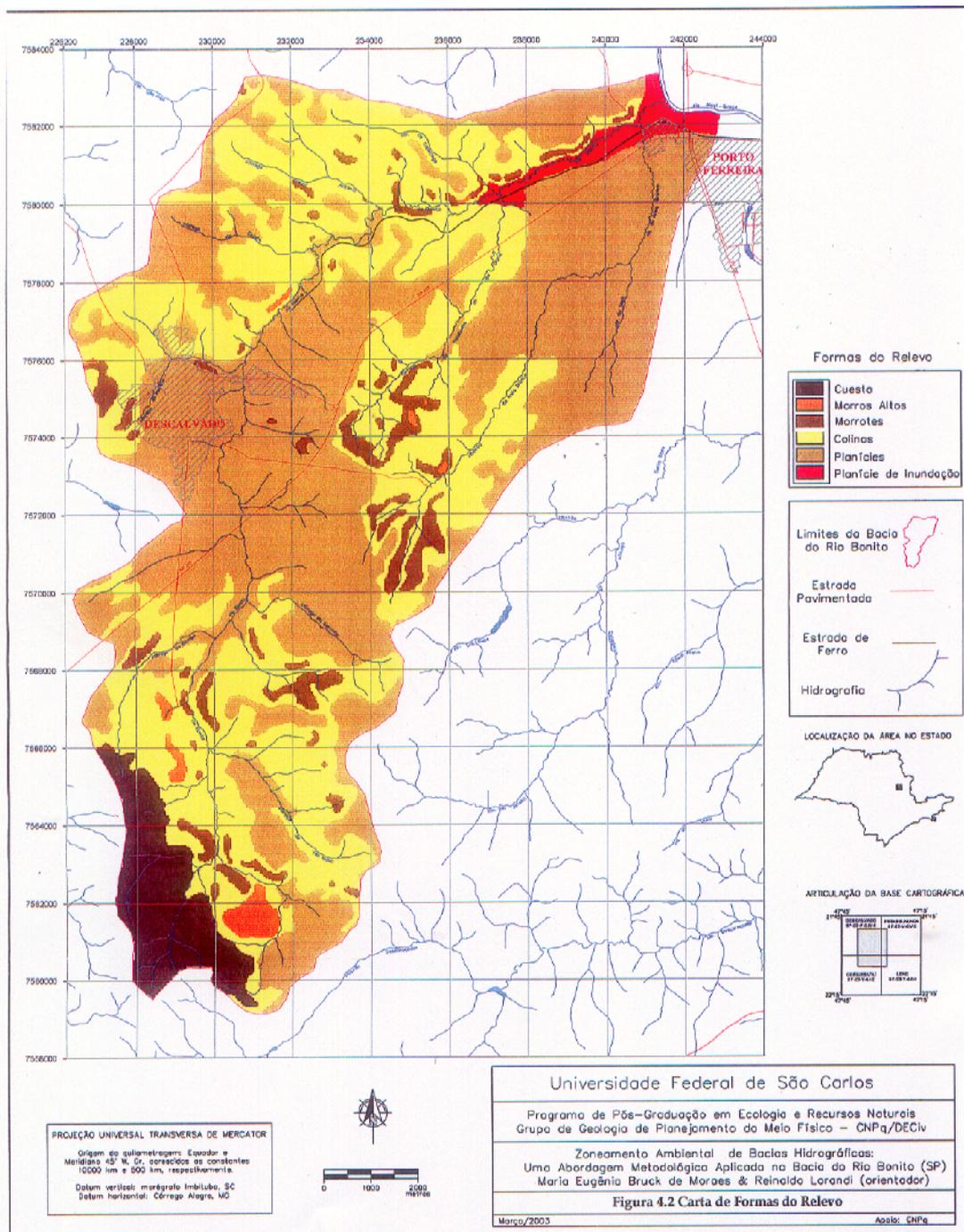
As áreas estimadas em hectares (ha) para as diferentes formas do relevo identificadas na BHRB e as porcentagens de cada classe em relação à área total da bacia são apresentadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1 Áreas estimadas (ha) para as diferentes formas do relevo e porcentagem de cada classe em relação à área total da BHRB

FORMAS DO RELEVO	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
planícies	11362,63	50,96
colinas	8606,16	38,60
morrotes	1026,18	4,60
morros altos	215,23	0,96
cuesta	1086,31	4,88

O relevo da AE é composto principalmente por colinas que ocupam uma área em torno de 38% e pelas planícies que cobrem quase 51%, dos quais 1,73% corresponde à planície de inundação localizada às margens do Rio Mogi-Guaçu (Figura 4.2), demonstrando o elevado grau de homogeneidade do relevo da bacia.

As planícies caracterizam-se pela predominância de amplitudes entre 40 e 60m e declividades geralmente inferiores a 5%, sendo que as planícies aluviais correspondem aos terrenos baixos e planos junto aos cursos d'água (IBGE, 1995) e apresentam uma relação direta com a ocorrência de sedimentos aluvionares (IPT, 1986), assim, sempre que possível devem ser avaliados de forma integrada.



As colinas formam um relevo suavizado, caracterizado pela predominância de amplitudes da ordem de 40m que podem atingir 80m e as declividades de encostas predominantes são de até 20%. As encostas são levemente sulcadas por linhas de drenagem e os vales são abertos, enquanto os topos das elevações são amplos e arredondados. Segundo IPT (1986), os problemas de erosão nesse tipo de relevo se limitam basicamente às áreas em que o solo de alteração encontra-se exposto, em função de corte ou aterro, entretanto, a confrontação entre a Carta de Formas do Relevo e a Carta de Risco Potencial à Erosão, mostra a existência de colinas que apresentam uma considerável susceptibilidade à erosão, inclusive na presença de cobertura vegetal.

Os morros mais altos e a frente de cuesta, abrangendo uma área de 215ha e 1086ha respectivamente, ocupam os terrenos com declives mais acentuados (**Figura 4.3**).

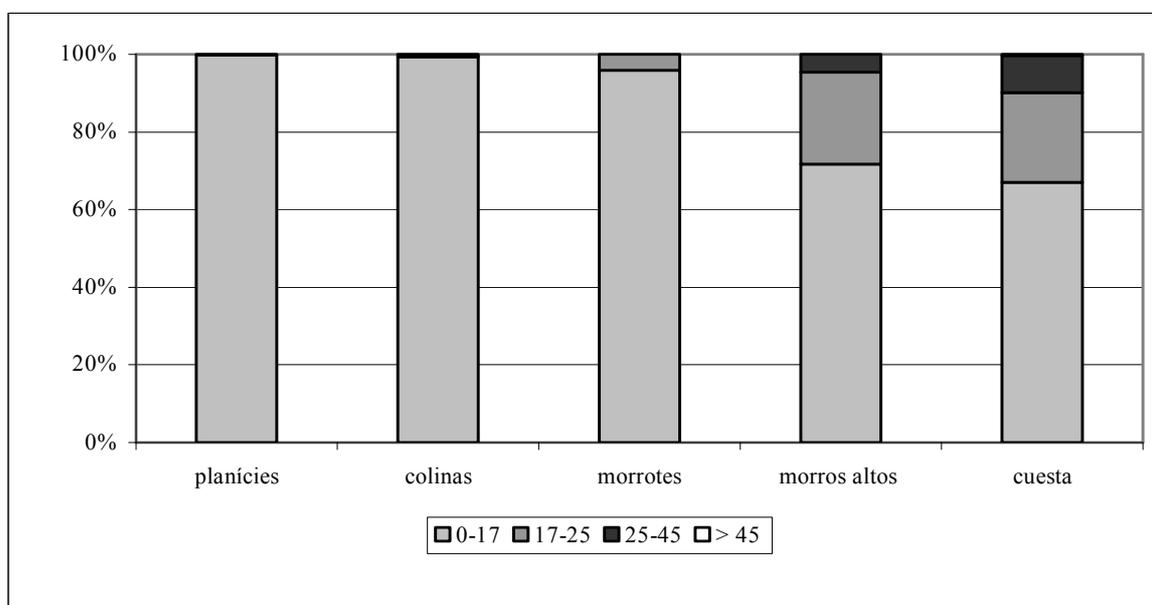


Figura 4.3 Proporção das formas do relevo sobre as categorias de declividade em graus

Ponçano et al. (1981) diferenciam os morros dos morrotes em função das amplitudes locais. Os morrotes identificados na AE formam um relevo ondulado com amplitudes que variam entre 60 e 120m e declividades de encosta de até 30%, enquanto os morros altos apresentam amplitudes que podem chegar a 200m e declives acima de 30%.

A frente da cuesta corresponde à borda formada pelo recuo erosivo de camadas sedimentares homoclinais de resistências diferentes em planalto assimétrico, constituído de frente escarpada e, reverso com fraca declividade (IBGE, 1995).

Na AE, as feições tabulares típicas da frente de cuesta podem ser observadas no município de Descalvado, na porção sul da BHRB e concentra a maior proporção de terras com altas declividades (mais de 45%) e amplitudes que variam entre 200 e 320m. A ocorrência da frente de cuesta nessa bacia está diretamente associada à Formação Serra Geral, bem como às formações Botucatu, Pirambóia e Itaqueri.

A Carta de Formações Geológicas de Superfície encontra-se em anexo (Anexo II) e as porcentagens de cada formação geológica da AE são apresentadas na tabela 4.2.

Tabela 4.2. Áreas estimadas (ha) para as diferentes formações geológicas de superfície e porcentagem de cada classe em relação à área total da BHRB

As formações geológicas de superfície que predominam na AE são a Formação

FORMAÇÕES GEOLÓGICAS	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Quaternário	790,52	3,54
Sta. Rita do Passa Quatro	12369,00	55,60
Pirassununga	3881,30	17,40
Itaqueri	214,51	0,96
Serra Geral	2929,92	13,04
Botucatu	401,38	1,80
Pirambóia	1055,08	4,73
Corumbataí	656,39	2,93

Santa Rita do Passa Quatro que ocorre em grande parte da bacia (55,6%), com exceção para a sua região de nascentes e a Formação Pirassununga (17,4%).

A Formação Pirambóia, base da seqüência Botucatu/Serra Geral (Oliveira, 1995), limita-se a uma estreita faixa ao longo dos rios Bonito, Paiolzinho e Água Branca e, apesar da pequena participação em extensão (em torno de 1000ha), é de grande importância ambiental em função do seu potencial de recarga do Aquífero Botucatu-Pirambóia.

O substrato arenítico da Formação Botucatu, ocupando apenas 1,8% da AE, ocorre nas áreas de declividade mais acentuada e cobre uma porção isolada ao sul da bacia, assim como a Formação Itaqueri, com apenas 0,96% da AE. Enquanto, os depósitos recentes do Quaternário - perfazendo um total de 3,5% - se encontram nas áreas mais planas com declives de até 17°, onde se localizam as planícies aluviais (Figura 4.4).

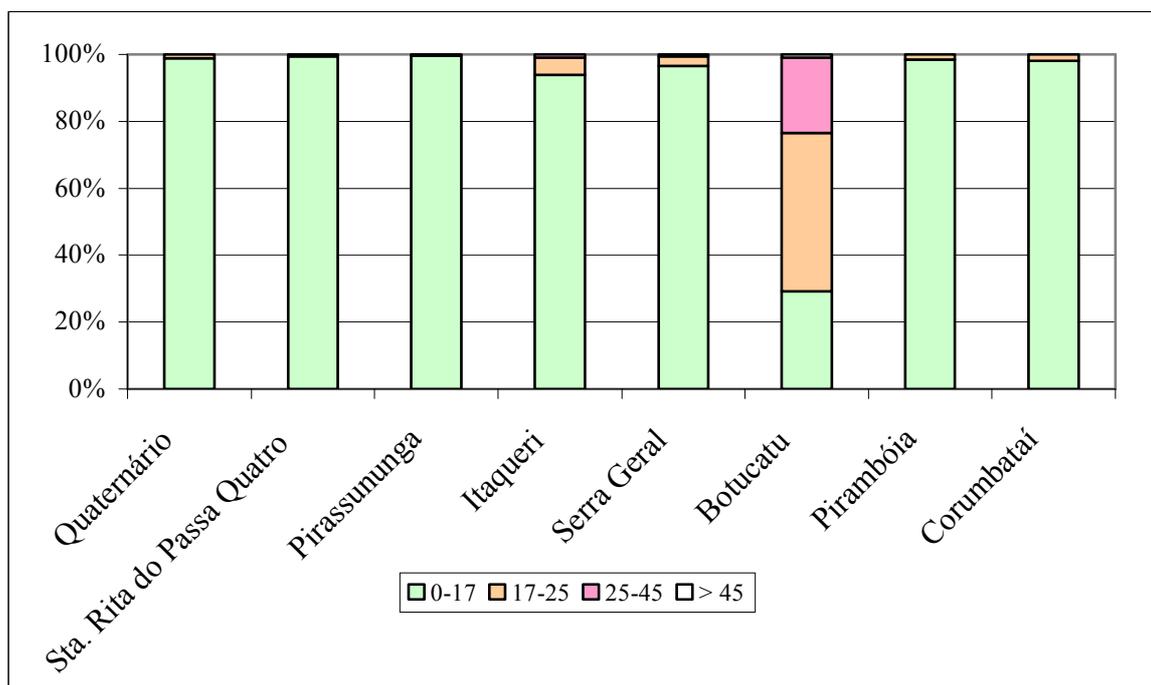


Figura 4.4 Proporção das formações geológicas de superfície sobre as categorias de declividade em graus

A Formação Serra Geral (basaltos), cobrindo cerca de 13% da AE (Tabela 4.2) também estendem-se pela porção sul da bacia em associação com a Formação Botucatu. As Rochas Intrusivas Básicas representam os corpos menores que se distribuem de maneira descontínua, principalmente nas porções norte e central da bacia.

De acordo com Torezan e Lorandi (2000), as unidades geológicas com potencial de serem exploradas pela mineração de areia são as formações Santa Rita do Passa Quatro, Pirassununga, Botucatu e Pirambóia que juntas ocupam 80% da área total da bacia, fato que tem contribuído com o aumento da pressão para que novas áreas sejam exploradas. No entanto, para a substituição de um determinado tipo de uso do solo por uma outra atividade como a mineração, deve-se realizar estudos de análise de restrições ambientais, os quais podem ser agilizados com as informações apresentadas na presente pesquisa.

Quanto ao mapeamento do uso e ocupação atual do solo, inicialmente foram identificadas 12 classes (Anexo V), que posteriormente foram agrupadas em apenas 3 classes (vegetação nativa, vegetação antrópica e áreas sem cobertura vegetal), visando facilitar a delimitação das UPs existentes na bacia (Figura 4.5). A porcentagem que cada uma dessas classes ocupa na AE é apresentada na tabela 4.3.

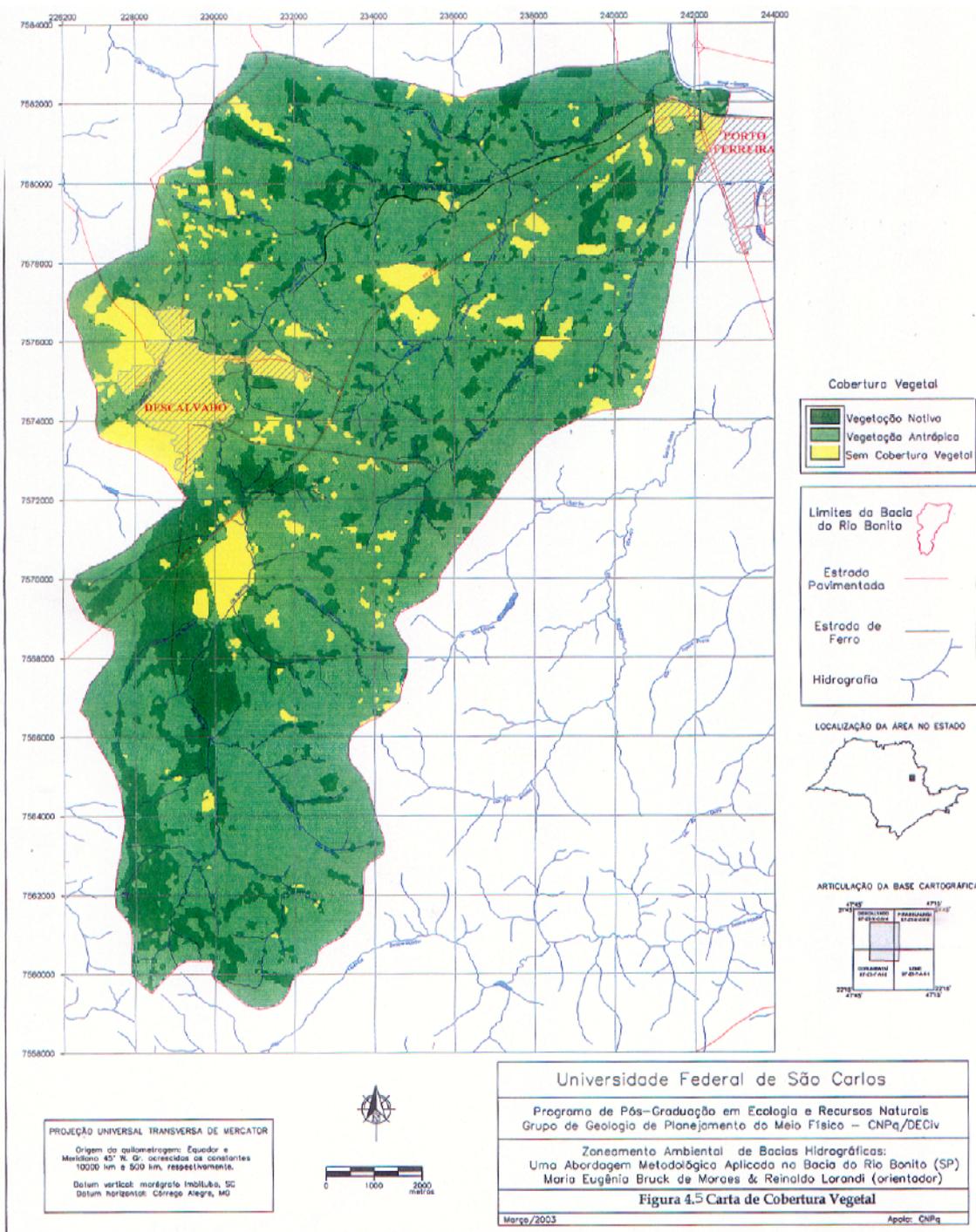


Tabela 4.3 Áreas estimadas (ha) para as diferentes formas de cobertura vegetal e porcentagem de cada classe em relação à área total da BHRB

COBERTURA VEGETAL	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
vegetação nativa	4650,13	20,85
vegetação antrópica	15391,21	69,00
sem cobertura vegetal	2256,79	10,12

A atividade antrópica - identificada na BHRB em 2002 - corresponde cerca de 79% da AE (Tabela 4.3), sendo composta por atividades agropecuárias que abrangem a agricultura permanente e temporária e as áreas de pastagem; atividades de silvicultura que compreendem os reflorestamentos de *Eucalyptus* e *Pinus*, atividades industriais (mineração) e atividades urbanas.

Os remanescentes de vegetação nativa existentes em 2002 ocupam 20,85% da AE (Tabela 4.3) e encontram-se imersos em uma matriz de uso antrópico, formada principalmente pela cultura da cana-de-açúcar e por pastagens. Entre a vegetação natural, os fragmentos de mata mesófila e mata ciliar possuem a maior proporção em relação à área total da bacia.

Relacionando-se o tipo de cobertura vegetal com as diferentes classes de declividade constata-se que o uso antrópico é predominante sobre os terrenos com declives de até 17 graus e, embora ocorra em menores extensões de terra, ele também está presente em áreas com declives que vão dos 17 aos 45 graus. Enquanto nas áreas acima de 45 graus, ainda é predominante a presença da vegetação nativa (Figura 4.6).

As áreas sem cobertura vegetal, compostas pelas categorias: solo exposto, corpos d'água, área urbana e mineração, correspondem a pouco mais de 2200ha (Tabela 4.3) e concentram-se principalmente sobre os terrenos com até 17° de declividade, apesar de uma pequena área de 2,7ha apresentar declives que chegam a atingir 25° (Figura 4.6).

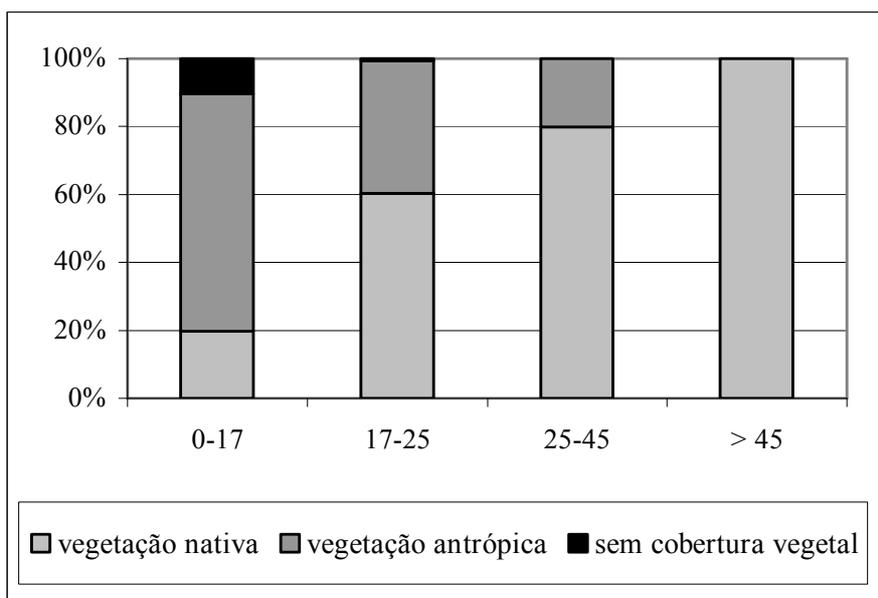


Figura 4.6 Proporção dos tipos de cobertura vegetal da BHRB sobre as classes de declividade em graus

4.3.2 Caracterização das Unidades de Paisagem identificadas na BHRB

A Carta de Unidades de Paisagem é apresentada na figura 4.7 e as UPs identificadas na BHRB e suas respectivas áreas relativas estão apresentadas na figura 4.8. Já as áreas ocupadas pelos diferentes tipos de relevo, formação geológica e cobertura vegetal ocupam em cada uma das UPs identificadas são apresentadas nas tabelas 4.4, 4.5 e 4.6, respectivamente.

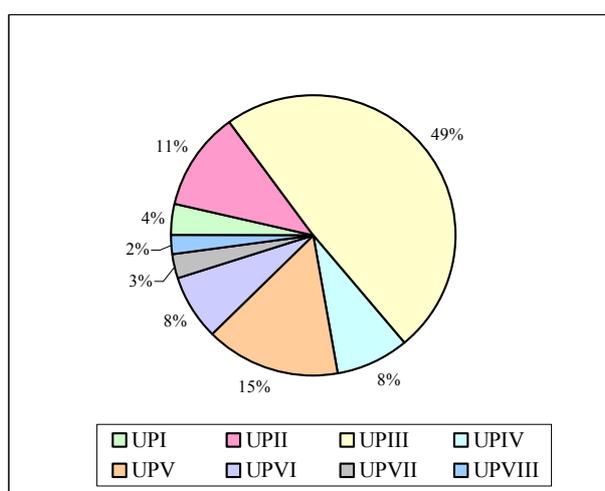


Figura 4.8 Área relativa das unidades de paisagem identificadas na BHRB

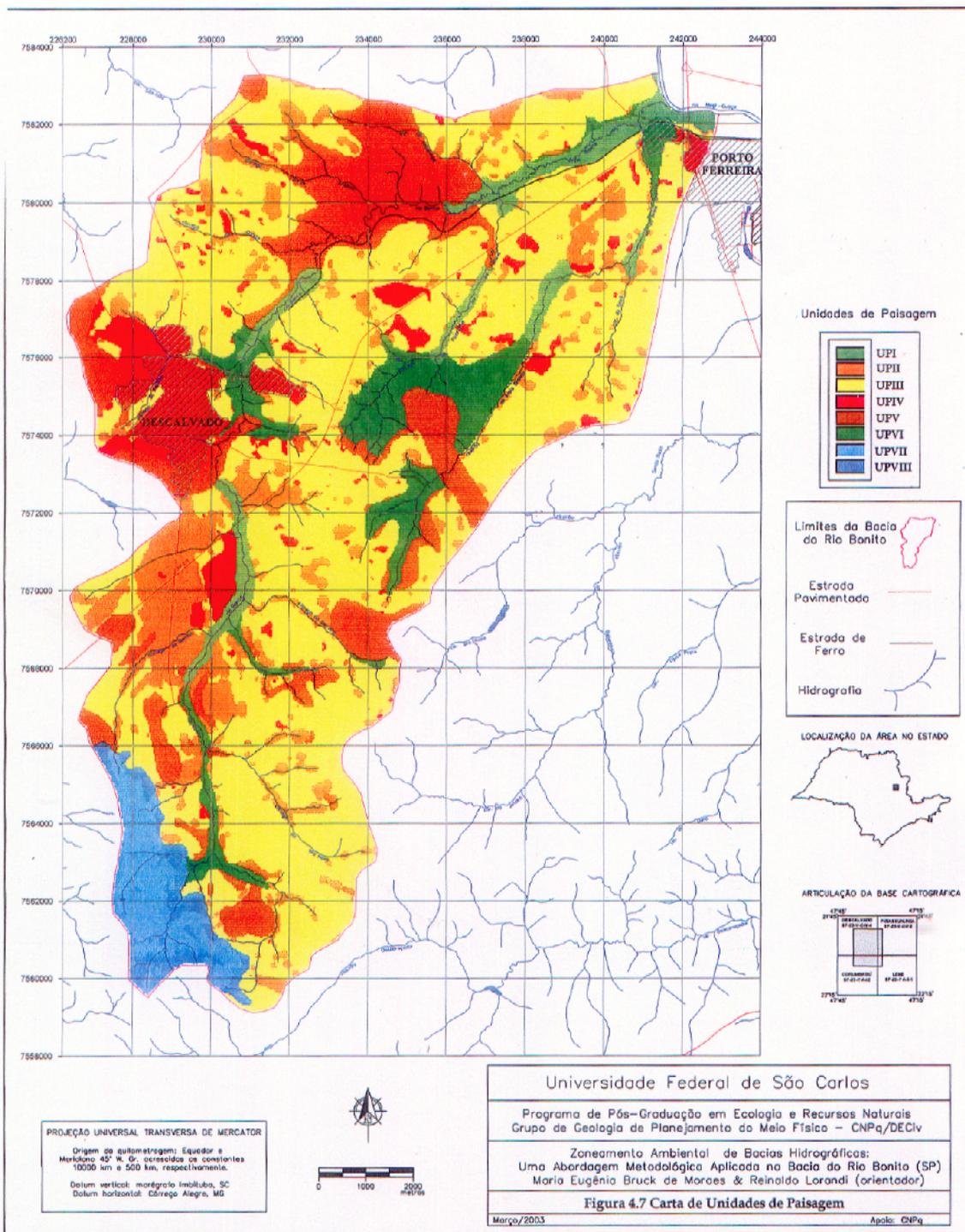


Tabela 4.4 Distribuição em porcentagem das formas do relevo nas unidades de paisagem identificadas na BHRB

Formas do Relevo	UP I	UP II	UP III	UP IV	UP V	UP VI	UP VII	UP VIII
planícies	84,83	57,22	60,61	72,64	22,17	31,08	0,00	0,00
colinas	14,55	42,77	39,38	27,38	49,49	53,32	0,00	0,00
morrotes	0,58	0,00	0,00	0,00	22,13	15,43	0,00	0,00
morros altos	0,03	0,00	0,00	0,00	6,20	0,13	0,00	0,00
cuesta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	100,00	100,00

Tabela 4.5 Distribuição em porcentagem das formações geológicas nas unidades de paisagem identificadas na BHRB

Formações Geológicas	UP I	UP II	UP III	UP IV	UP V	UP VI	UP VII	UP VIII
Quaternário	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sta. Rita do Passa Quatro	0,00	80,41	72,09	82,57	19,17	0,04	12,38	43,09
Pirassununga	0,00	19,59	27,91	17,43	0,52	0,00	0,00	0,00
Itaqueri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	25,49
Serra Geral	0,00	0,00	0,00	0,00	80,31	0,00	19,65	11,75
Botucatu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	61,40	52,56	18,15
Pirambóia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,56	0,41	1,52
Corumbataí	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 4.6 Distribuição em porcentagem da cobertura vegetal nas unidades de paisagem identificadas na BHRB

Cobertura Vegetal	UP I	UP II	UP III	UP IV	UP V	UP VI	UP VII	UP VIII
vegetação nativa	31,14	100,00	0,00	0,00	22,70	28,86	100,00	0,00
vegetação antrópica	57,57	0,00	100,00	0,00	70,85	65,05	0,00	100,00
sem cobertura vegetal	11,29	0,00	0,00	100,00	6,45	6,09	0,00	0,00

A primeira unidade identificada na AE (UPI) abrange, no domínio das planícies, cerca de 4% da bacia sobre as menores elevações do terreno existentes nos depósitos recentes do Quaternário, e cujos declives são bastante suavizados (menor de 17°). Esta unidade é coberta por vegetação nativa em sua maior parte e cerca de 455ha de vegetação antrópica.

A UP II, ocupando 11% da área foi distinta das unidades UP III, com 49% e da UP IV (8%), em função do tipo de cobertura vegetal, já que as últimas são formadas pela parte rebaixada da bacia, onde predominam colinas e planícies situadas sobre as formações

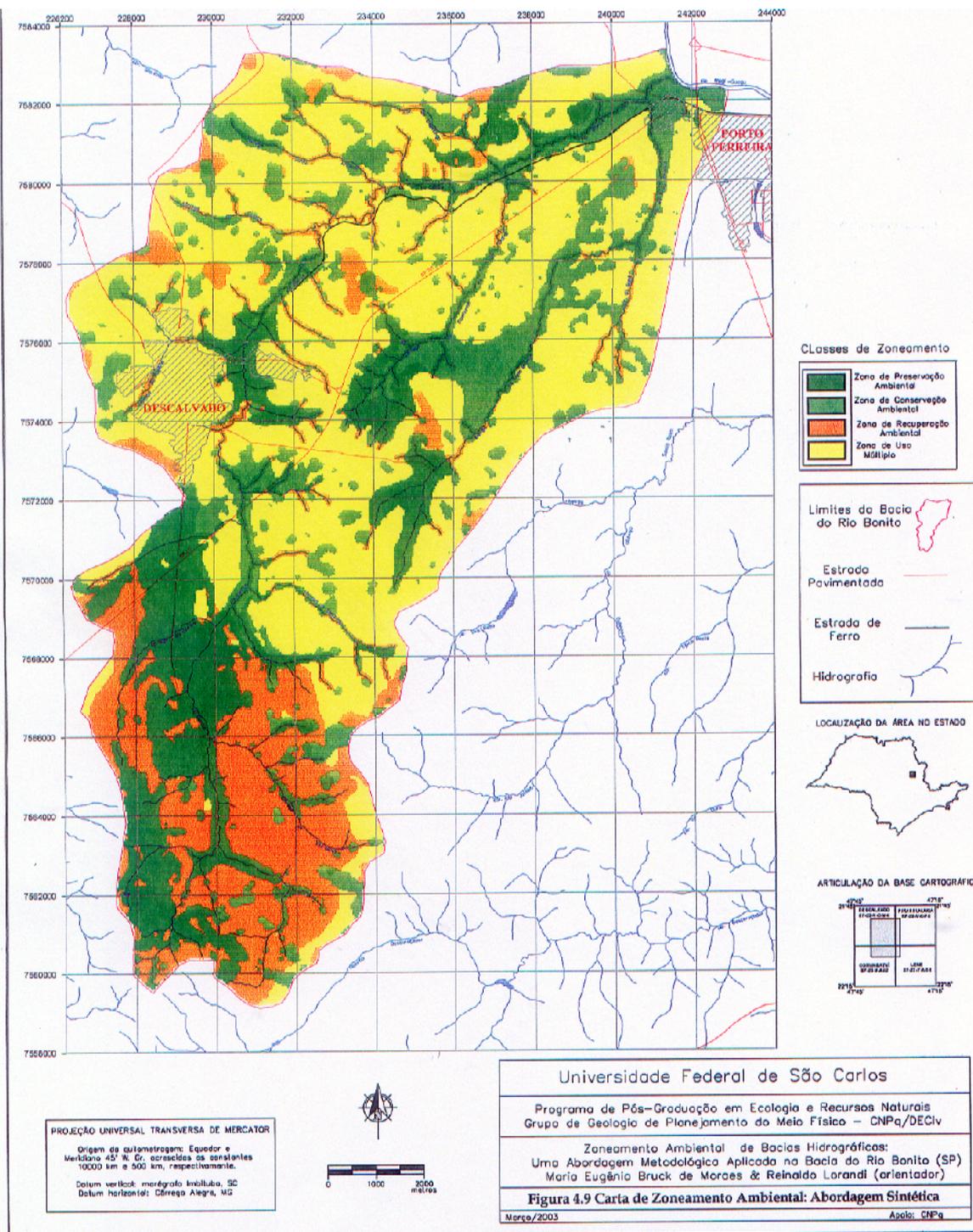
Santa Rita do Passa Quatro e Pirassununga. Enquanto, a UP II está coberta por vegetação nativa, as unidades UP III e UP IV apresentam vegetação antrópica e solo exposto, respectivamente.

De acordo com os dados apresentados na tabela 4.4, observa-se que tanto a UP V quanto a UP VI apresentam relevo ondulado, composto por colinas (em torno de 50%) e planícies e morrotes em menor extensão. A principal diferença entre ambas refere-se à formação geológica de superfície, visto que 80% da UP V está sobre a Formação Serra Geral e a UP VI é composta pelas formações Botucatu e Pirambóia, portanto apresenta áreas com potencial de recarga de aquífero profundo, de grande importância ambiental e discutidas no capítulo 3.

As unidades UP VII, com 3% da AE e UP VIII, com apenas 2%, compreendem a frente de cuesta e se diferenciam pela cobertura vegetal, sendo que na UP VIII predomina a vegetação antrópica e a UP VI ainda apresenta fragmentos de vegetação nativa.

4.3.3 Proposta de zoneamento ambiental para a BHRB baseada na abordagem sintética

A proposta de zoneamento ambiental com o uso recomendado para a BHRB representa o produto final da metodologia sintética empregada na presente pesquisa. A Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Sintética (Figura 4.9) foi elaborada com base nos conceitos da Ecologia de Paisagem, sendo que os produtos cartográficos disponíveis e os dados de fotografias aéreas e imagens de satélite foram integrados por meio do SIG *Idrisi*.



Em síntese, o zoneamento aqui proposto trata da compartimentação da BHRB em zonas destinadas à proteção ambiental, recuperação de áreas degradadas e aquelas onde as atividades agropecuárias, industriais e urbanas ficam permitidas. Assim, com base nas características da AE, propõe-se a divisão da bacia em 4 zonas.

Nas figuras 4.10 e 4.11 apresenta-se a área relativa que cada uma das zonas ocupa na BHRB e a contribuição das UPs para tais zonas, respectivamente. E na tabela 4.7, observa-se a distribuição do uso do solo em relação ao zoneamento proposto.

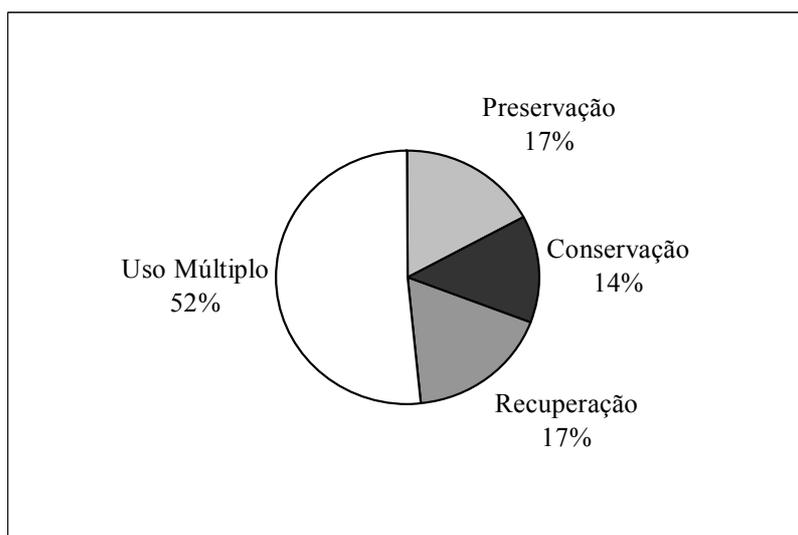


Figura 4.10 Área relativa das zonas ambientais propostas para a BHRB

A Zona de Preservação Ambiental (ZPA), com 17% da área, é composta principalmente pelas unidades UP I, UP VI e UP VII, que representam áreas de expressivo significado ecológico. Atualmente, tais áreas estão cobertas por fragmentos de cerrado e cerradão (34,5%) e matas mesófila e ciliar (34,7%). Além da vegetação nativa, 16% da ZPA é ocupada pela atividade agrícola e 10% corresponde às áreas de pastagem.

A ZPA também possui 3500ha de áreas protegidas pela legislação ambiental, entre elas as Áreas de Preservação Permanente (APPs), as Áreas de Proteção Máxima (APM) e a Área de Proteção Ambiental (APA) de Descalvado, analisadas no capítulo 3.

A partir da tabulação cruzada entre a Carta de Riscos Ambientais (Anexo VII) e a Carta de Zoneamento Ambiental aqui proposta, pode-se constatar que 32% dessa zona apresenta um alto potencial de risco à erosão e à perda de fragmentos de áreas naturais.

Logo, sugere-se que as áreas que compõem a mesma fiquem isentas de qualquer atividade que possa prejudicar o equilíbrio de seus ecossistemas.

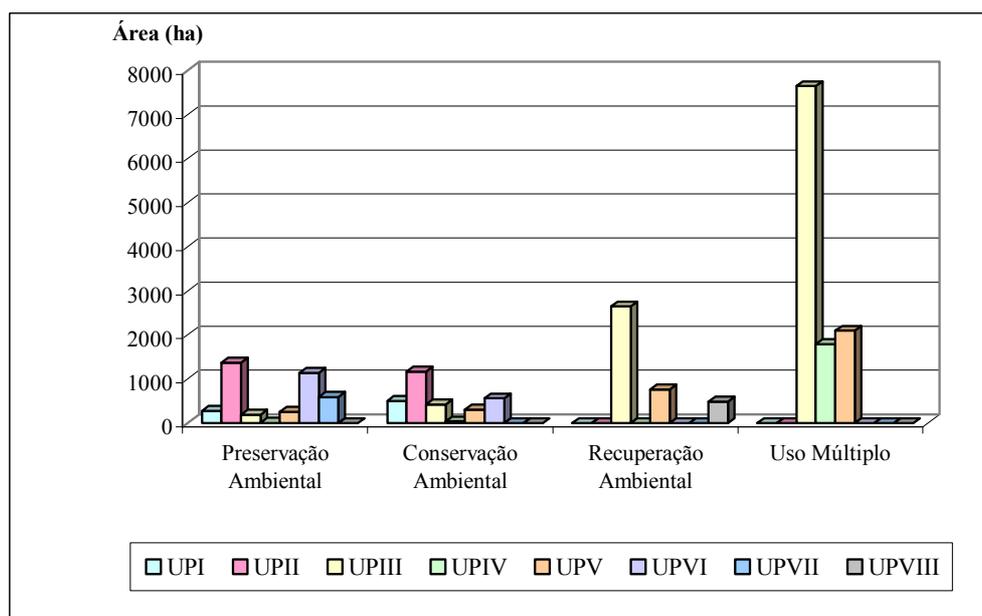


Figura 4.11 Contribuição das diferentes unidades de paisagem para as classes de zoneamento ambiental propostas para a BHRB

Tabela 4.7 Área absoluta (ha) e relativa (%) dos diferentes tipos de uso do solo na BHRB em 2002 por zonas ambientais

Uso e Ocupação do Solo em 2002	Preservação Ambiental		Conservação Ambiental		Recuperação Ambiental		Uso Múltiplo	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
solo exposto	25,03	0,65	48,34	1,61	2,07	0,05	738,67	6,49
solo semi-exposto	2,25	0,06	9,01	0,30	0,27	0,00	69,41	0,61
cana	165,36	4,32	342,15	11,33	1303,52	33,19	3853,76	33,89
laranja	390,04	10,16	630,74	20,88	1110,79	28,68	2537,19	22,31
pastagem	442,61	11,35	292,91	9,70	1022,49	26,28	2582,47	22,71
reflorestamento	35,82	0,94	35,11	1,16	133,76	3,44	120,35	1,06
outras culturas	55,36	1,44	14,49	0,48	104,78	2,69	134,84	1,18
cerrado	1327,01	34,58	449,72	14,90	53,74	1,38	35,64	0,31
mata	1331,69	34,72	1069,29	35,41	118,11	3,03	264,82	2,32
corpos d'água	1,89	0,05	0,63	0,02	0,00	0,00	7,74	0,06
área urbana	25,56	0,67	79,39	2,63	49,33	1,26	1027,26	9,00
mineração	34,03	0,88	47,98	1,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	3836,65	100,00	3019,76	100,00	3898,86	100,00	11372,15	100,00

As UPs que mais contribuem, em termos de extensão de área, com a zona de Conservação Ambiental (ZCA), com 14% da AE, são UP I, UP II, UP III, UP V e UP VI. Essas unidades juntas apresentam mais de 1000ha de mata, além dos fragmentos de cerrado (450ha). O uso do solo, como acontece com a ZPA, também corresponde às atividades agropecuárias, principalmente laranja (630ha) e cana-de-açúcar (342ha).

Portanto, a principal diferença entre a ZPA e a ZCA está no fato da primeira encontrar-se quase que totalmente protegida pela legislação ambiental brasileira (92%), enquanto a segunda possui apenas 176ha de áreas protegidas, o que corresponde a menos de 6% da sua área total.

Com relação aos possíveis riscos ambientais de perda de fragmentos florestais e erosão do solo, apesar deles não serem tão altos como acontece com a ZPA, numa escala de 1 a 10, a ZCA apresenta um potencial de risco ambiental que vai de 1 a 6, considerado de nível médio. Assim, considera-se que nessa zona possam ser desenvolvidas, desde que sob controle, determinadas atividades que não prejudiquem o meio ambiente, de forma a permitir a sustentabilidade dos processos ecológicos.

A Zona de Recuperação Ambiental (ZRA) possui 17% da área total da bacia e foi delimitada em função da necessidade do restabelecimento das áreas já degradadas e daquelas que se encontram em processo de degradação. É formada pelas unidades UP III, UP V e UP VIII.

Quanto ao uso e ocupação do solo, a ZRA apresenta 65% da sua área coberta por cultivos agrícolas, na sua maioria cana e laranja, 26% por pastos e apenas 4% por remanescente de vegetação nativa. No entanto, 25% da sua área está protegida pela legislação na forma de APPs, cuja vegetação foi derrubada e, portanto necessita de projetos de reflorestamento. Na ZRA, também se encontra 64% da APA Municipal de Descalvado que merece atenção especial por parte da administração pública em função da importância regional de suas características ambientais.

A Zona de Uso Múltiplo (ZUM) corresponde a 52% da área e é composta pelas unidades UP III que ocupa quase 8000ha, UP IV e UP VI.

Essa zona recebeu a denominação de uso múltiplo por apresentar as maiores áreas destinadas às atividades agropecuárias (9000ha) e urbanas (1000ha) e também, pelo baixo potencial de risco à erosão e perda de fragmentos de áreas naturais, logo, as áreas que compreendem a ZUM requerem medidas menos restritivas de controle ambiental para o desenvolvimento das atividades antrópicas atuais e futuras.

4.3.4 Considerações sobre a metodologia utilizada e suas implicações nos resultados obtidos

A utilização da abordagem sintética como embasamento metodológico para a análise e interpretação das informações, destacou-se como uma característica positiva na

elaboração do zoneamento proposto, apesar da subjetividade intrínseca ao método, principalmente, na fase de ponderação dos fatores ambientais.

A geração do cenário ambiental da BHRB - obtido a partir da espacialização das unidades de paisagem que a compõem – pôde ser realizada de forma suficientemente rápida e precisa. Porém, deve-se ressaltar que a delimitação dessas unidades só foi possível após um conhecimento prévio das características da bacia e um aprofundamento nos conceitos e métodos relativos à Ecologia da Paisagem.

Com relação ao material cartográfico produzido, cabem algumas considerações a respeito da Carta de Formas do Relevo, que apresentou alguns erros, necessitando de vários ajustes, feitos após algumas saídas de campo. Mesmo assim, é possível que a mesma ainda apresente alguns equívocos que, no entanto, não inviabilizaram sua utilização.

Quanto à Carta de Zoneamento Ambiental, vale lembrar que se trata de uma proposta voltada à proteção dos recursos naturais da AE, sendo que essa preocupação com sua proteção ambiental decorre do diagnóstico apresentado no capítulo 3.

Também é preciso lembrar que como todo projeto de zoneamento, essa proposta não deve ser estanque, e sim, acompanhar as futuras mudanças no cenário atual. Daí, a necessidade da metodologia ser aplicada em conjunto com os SIGs, que permitem o armazenamento e processamento de um grande número de dados.

Entre as ferramentas de manipulação de dados do SIG *Idrisi*, destaca-se a tabulação cruzada - disponível no módulo *crossstab*, visto que a mesma mostrou-se muito interessante quando utilizada dentro de uma abordagem sintética, por permitir a participação direta do pesquisador no processo de classificação dos dados.

4.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAR, P.M.; PABLO, C.L.; PINEDA, F.D. Mapping the ecological structure of a territory: a case study in Madrid (Central Spain). **Environmental Management**, v. 19, n. 3, p. 345-357, 1995.

BACK, A.E. et al. Land use history at multiple scales: implications for conservation planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 43, p. 49-63, 1998.

BRASIL. Lei 7804, de 18 de julho de 1989. Altera a Lei 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei 7735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei 6803, de 02 de julho de 1980, a Lei 6902, de 21 de abril de 1981, e dá outras providências. **Legislação brasileira de resíduos sólidos e ambiental correlata**. Brasília: Senado Federal – Gabinete do Senador Bernardo Cabral, 1999. p. 347-352.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L938org.htm Acesso em: 26 maio 2002.

CARTER, R.E.; MacKENZIE, M.D.; GJERSTAD, D.H. Ecological land classification in the Southern Loam Hills of South Alabama. **Forest Ecology and Management**, n. 114, p. 395-404, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1999.

ESPÍNDOLA, E.L.G. (org.). **A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar**. São Carlos: Rima, 2000.

FORMAN, R.T.T. Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 3, p. 133-142, 1995.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. USA: John Wiley & Sons, Inc, 1986.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 5).

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Leme (SF-23-Y-A-II-1)**. São Paulo, 1980. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Pirassununga (SF-23-V-C-V-3)**. São Paulo, 1981. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Descalvado (SF-23-V-C-IV-4)**. São Paulo, 1984a. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Formações geológicas de superfície - folha geológica de Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2)**. São Paulo, 1984b. Escala 1:50.000.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento na grande São Paulo. Guia de utilização. Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (1:50.000)**. São Paulo: IPT/EMPLASA, 1986.

LORINI, M.L.; PERSSON, V.G. A paisagem: um conceito diagonal entre as ciências geográficas e biológicas e um instrumento para a ciência transdisciplinar da biodiversidade. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 3, n. 2-3, p. 5-19, 2001.

MENEGAT, R.; PORTO, M.L.; CARRARO, C.C.; FERNANDES, L.D. (Ed.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre/ UFRGS/ INPE, 1998.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape ecology: theory and application**. Berlim, Springer Verlag, 1984.

OLIVEIRA, H.H. **Proposta de criação e caracterização da Área de Proteção Ambiental de Descalvado, SP**. São Paulo, 1995. 140p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

PIVELLO, V.R. et al. Proposta de zoneamento ecológico para a Reserva de Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal Ecology**, n. 2, p. 108-118, 1998.

PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - 1:1.000.000**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. (Série Monografias, n. 5).

POLLETE, M. Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito. **Turismo - Visão e Ação**, ano 2, n. 3, p. 83-94, 1999.

ROSA, R. **O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica**. São Paulo, 1995. 214p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SANTOS, J.E.; PIRES, J.S.R. (ed.). **Estudos integrados em ecossistemas. Estação Ecológica de Jataí**. São Carlos: Rima, 2000. v. 1 e 2.

THACKWAY, R.; OLSSON, K. Public/private partnerships and protected areas: selected Australian case studies. **Landscape and Urban Planning**, v. 44, p. 87-97, 1999.

TOREZAN, F. **Sistema de manejo ambiental na mineração: um estudo de caso na bacia do Rio Bonito (SP)**. São Carlos, 2000. 165p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

TOREZAN, F.; LORANDI, R. Análise de restrições ambientais para o planejamento de áreas de mineração por meio da aplicação de geoprocessamento. **Geociências**. v. 19, n. 2. p. 291-302, 2000.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1977.

TRICART, J.; KIEWIET, J.C. **Ecogeography and rural management**. Harlow: Longman Group, 1992.

TROPMAIR, H. Ecologia da paisagem: da geografia para ciência interdisciplinar. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 3, n. 1, p. 80-85, 2001.

VINK, A.P.A. **Landscape ecology and land use**. Harlow: Longman Group, 1983.

CAPÍTULO 5 APLICAÇÃO DA ABORDAGEM ANALÍTICA NA ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BONITO

5.1 INTRODUÇÃO

O campo de pesquisa definido como “análise ambiental” tem se mostrado bastante útil à investigação ambiental perante a degradação imposta à superfície terrestre pela contínua, acelerada e, muitas vezes, desordenada ocupação humana.

A análise ambiental compreende as relações entre os componentes do meio físico, biótico e geográfico (Zuquette, 1987) e se processa através da utilização de técnicas de apoio, que consideram a atuação de tais componentes na solução dos problemas que afetam o meio ambiente. Entre essas técnicas destacam-se os mapeamentos associativos e os mapas de sensibilidade e adequação (Silva e Souza, 1987), úteis ao zoneamento de uma determinada unidade de planejamento.

Os mapeamentos associativos consistem na elaboração de mapas compostos, a partir da combinação de outros, que retratam um único parâmetro ou fenômeno ambiental complexo. Já os mapas de sensibilidade e adequação correspondem ao quadro das limitações e potencialidades do ambiente perante uma ação antrópica, da sua fragilidade diante de uma catástrofe natural ou, ainda, da alteração lenta das suas condições naturais (Silva e Souza, 1987).

O zoneamento ambiental ou geoambiental, segundo proposta metodológica apresentada por Zuquette (1987) está baseado nas observações do meio físico e nas condições técnicas e socioeconômicas regionais. No contexto da avaliação global das potencialidades do meio físico, a carta de zoneamento ambiental ou geoambiental deve ser elaborada em função dos componentes do meio, representando o resultado da análise dos documentos cartográficos elaborados anteriormente (Zuquette, 1993). Para tanto, o autor defende a investigação analítica que considera o conjunto a partir da individualização das partes, em detrimento da abordagem sintética que trabalha com a apreensão do conjunto a partir de um resultado único.

A importância da análise dos fatores físicos para estudos de zoneamento ambiental se deve ao inter-relacionamento dos mesmos com as atividades humanas, que ocorre de diferentes formas: fatores climáticos influem de modo especial na distribuição dos elementos bióticos e na morfologia do terreno; a geologia e a geomorfologia têm grande

influência nas construções urbanas e elementos como textura, estrutura, porosidade e permeabilidade do solo são fundamentais na determinação dos tipos de cultivo mais adequados. De modo geral, os fatores comumente levantados no processo de mapeamento dizem respeito aos componentes hidrográfico, hidrogeológico, geomorfológico, geológico, pedológico, climático, biológico e antrópico.

As informações obtidas nas análises individuais são manipuladas por meio de processos de seleção, generalização, adição e transformação, de modo a serem representadas espacialmente e, posteriormente, correlacionadas e interpretadas. Assim, as cartas derivadas e os mapas de zoneamento representam as relações funcionais e espaciais dos fatores que definem as unidades homogêneas da área em estudo.

Diante do exposto, o presente capítulo identifica e analisa as potencialidades de uso agrícola e urbano da BHRB, bem como apresenta uma proposta de zoneamento ambiental de abordagem analítica para a mesma.

5.2 METODOLOGIA

5.2.1 Carta de Solos

A Carta de Solos da BHRB, elaborada em escala 1:50.000, foi digitalizada e rasterizada nos programas *Cartalinx*, *Autocad 2000* e *Idrisi*, com base nas informações contidas no Levantamento Pedológico Semidetalhado (escala 1:100.000) das quadriculas de Descalvado (IAC, 1982) e São Carlos (IAC, 1981) e através de controle de campo e de análise fotogramétrica.

5.2.2 Carta de Aptidão Agrícola das Terras

A Carta de Aptidão Agrícola das Terras foi confeccionada de acordo com a metodologia de Ramalho Filho et al. (1978), que classifica as terras em 4 classes: boa, regular, restrita e inapta, segundo 3 níveis de manejo e 4 tipos de uso (quadro 5.1).

Quadro 5.1 Classes de aptidão agrícola e níveis de manejo

	TIPO DE USO DA TERRA					
	Lavoura			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem natural
APTIDÃO AGRÍCOLA	Nível de Manejo A	Nível de Manejo B	Nível de Manejo C	Nível de Manejo B	Nível de Manejo B	Nível de Manejo A
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Fonte: Ramalho Filho et al. (1978)

Sabe-se pela prática que os solos apresentam limitações naturais ao cultivo. Seguindo proposta metodológica de Rosa (1995), foram estabelecidos, a partir do solo hipoteticamente ideal, diferentes graus de limitação quanto à fertilidade natural, deficiência de água e oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização: nulo (5), ligeiro (4), moderado (3), forte (2) e muito forte (1).

As informações de deficiência de água foram geradas a partir dos dados de precipitação apresentados em Fonseca (2002), as de suscetibilidade à erosão extraídas da Carta de Solos e da Carta de Risco Potencial à Erosão e as de impedimento à mecanização extraídas da Carta de Formas do Relevo, da Carta de Solos e da Carta de Declividades - esta classificada de acordo com os intervalos propostos por Lepsch et al. (1983).

Posteriormente, os dados foram cruzados por meio dos módulos *overlay* (multiplicação) e *reclass* do *Idrisi*, com o intuito de determinar a aptidão agrícola das terras para o nível de manejo C (alto nível tecnológico) - uma vez que, na AE, atividades agrícolas utilizando os níveis de manejo A (baixo nível tecnológico) e B (nível tecnológico médio) são praticamente inexistentes.

Os resultados do cruzamento dos dados de diferentes graus de limitação propostos por Rosa (1995) foram adaptados às classes de aptidão agrícola estabelecidas por Ramalho Filho et al. (1978), conforme apresentados no quadro 5.2.

Quadro 5.2 Critérios adotados na confecção da Carta de Aptidão Agrícola das Terras

Classes	Deficiência Fertilidade	Deficiência Água	Excesso Água	Suscetibilidade Erosão	Impedimento Mecanização	Declividade Terreno
I	ligeiro moderado	ligeiro moderado	Nulo	moderado	ligeiro nulo	ligeiro nulo
II	moderado	moderado	Nulo	moderado	ligeiro nulo	moderado
III	moderado forte	moderado forte	Nulo	moderado	nulo	moderado
IV	Forte	forte nulo	ligeiro forte	ligeiro forte	muito forte	forte muito forte

Fonte: adaptado de Rosa (1995)

As classes de aptidão agrícola, estabelecidas a partir da análise do quadro, são:

- Classe I – terras com aptidão regular para lavoura;
- Classe II – terras com aptidão restrita para lavoura e aptidão boa para pastagem plantada;
- Classe III – terras com aptidão boa para silvicultura e pastagem natural;
- Classe IV – terras sem aptidão agrícola.

5.2.3 Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano

A Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano foi confeccionada a partir da sobreposição das Cartas de Formas do Relevo e Formações Geológicas de Superfície, de acordo com a metodologia proposta por IPT (1986). Assim, a partir da integração no *Idrisi* dos dados de relevo e litologia, foram identificadas e delimitadas as áreas que apresentam comportamento semelhante em termos de dinâmica do meio físico frente às necessidades impostas pelas práticas de urbanização.

A análise das características do meio permitiu a definição de 4 classes de aptidão ao assentamento urbano: áreas favoráveis, moderadas, severas e restritivas (Quadro 5.3).

Quadro 5.3 Critérios adotados para a confecção da Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano

CLASSES DE APTIDÃO FÍSICA	FORMAS DO RELEVO	FORMAÇÃO GEOLÓGICA (LITOLOGIA)
FAVORÁVEL	Planícies	Serra Geral (basalto e diabásio)
MODERADA	Colinas	Corumbataí (siltito e argilito) Stª Rita do Passa Quatro e Pirassununga (arenito)
SEVERA	Morrotes Morros Altos	Serra Geral (basalto e diabásio) Itaqueri (arenito)
RESTRITIVA	Frente da Cuesta Planície de Inundação	Quaternário (arenito e argilito) Botucatu e Pirambóia (arenito)

5.2.4 Carta de Potencial à Expansão Urbana

A partir do cruzamento, em ambiente *Idrisi*, dos mapeamentos da ocupação urbana na BHRB em 1971 e 2002, extraídos das Cartas de Uso e Ocupação do Solo, foi elaborado um produto cartográfico indicativo da expansão urbana ocorrida num período de 30 anos.

A Carta de Expansão Urbana 1972 – 2002, classificada em área urbana construída e área não urbana conforme sugerido por Pereira, Kurkdjian e Foresti (1989) e Foresti e Hamburger (1991), foi integrada à Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano, resultando na Carta de Potencial à Expansão Urbana, classificada em quatro níveis: muito baixo, baixo, médio e alto.

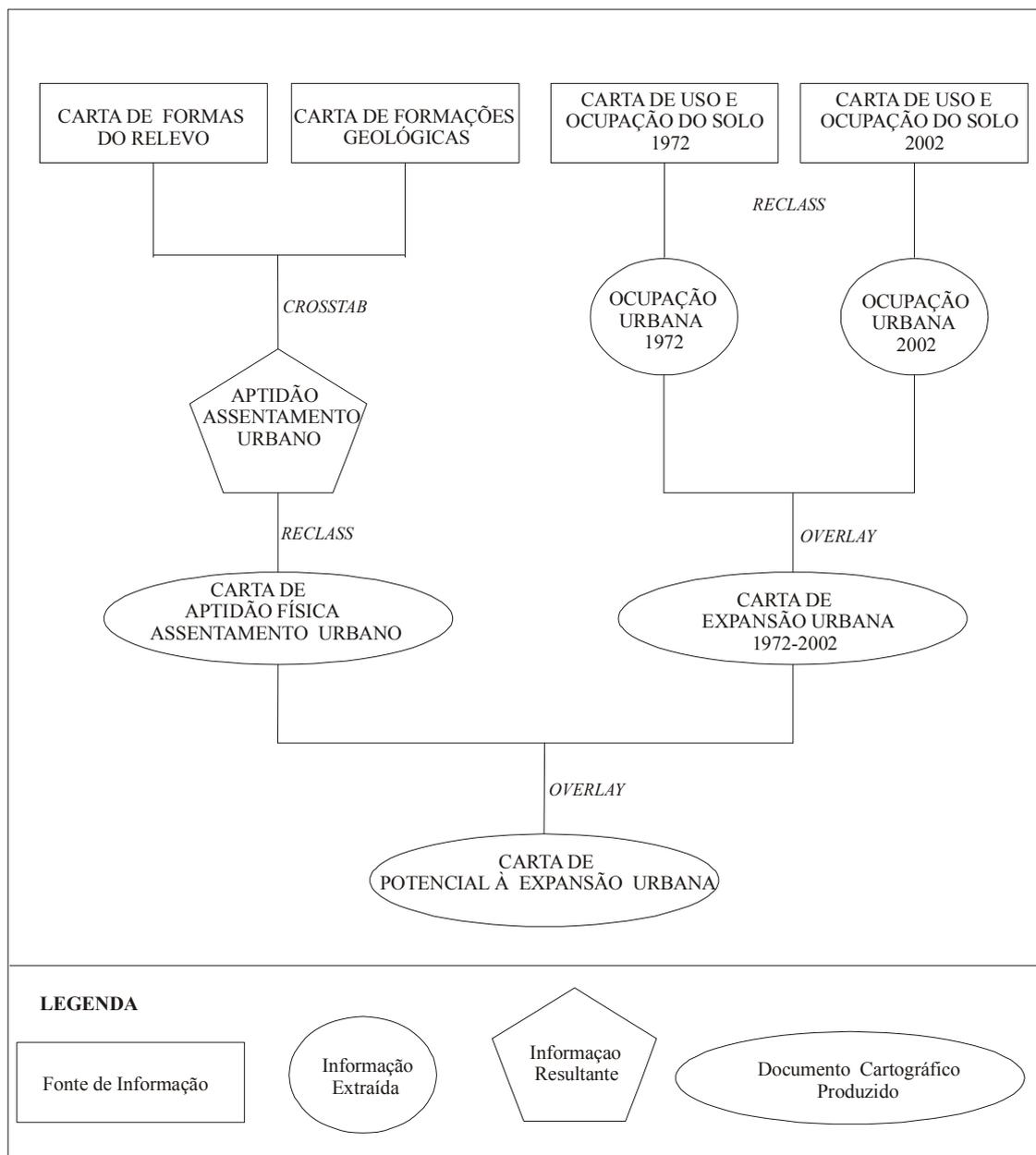


Figura 5.1 Esquema metodológico adotado no processo de elaboração da Carta de Potencial à Expansão Urbana

5.2.4 Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Analítica

Para a proposta de zoneamento ambiental da BHRB foram utilizados os seguintes documentos cartográficos: Carta de Aptidão Agrícola das Terras, Carta de Expansão Urbana 1972-2002, Carta de Legislação Ambiental e Carta de Risco Potencial à Erosão.

Esses documentos foram sobrepostos através de ferramentas disponíveis no módulo *overlay* do SIG *Idrisi*, possibilitando a produção da Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Analítica, a qual foi compartimentada em 4 zonas, de acordo com os critérios apresentados no quadro 5.3.

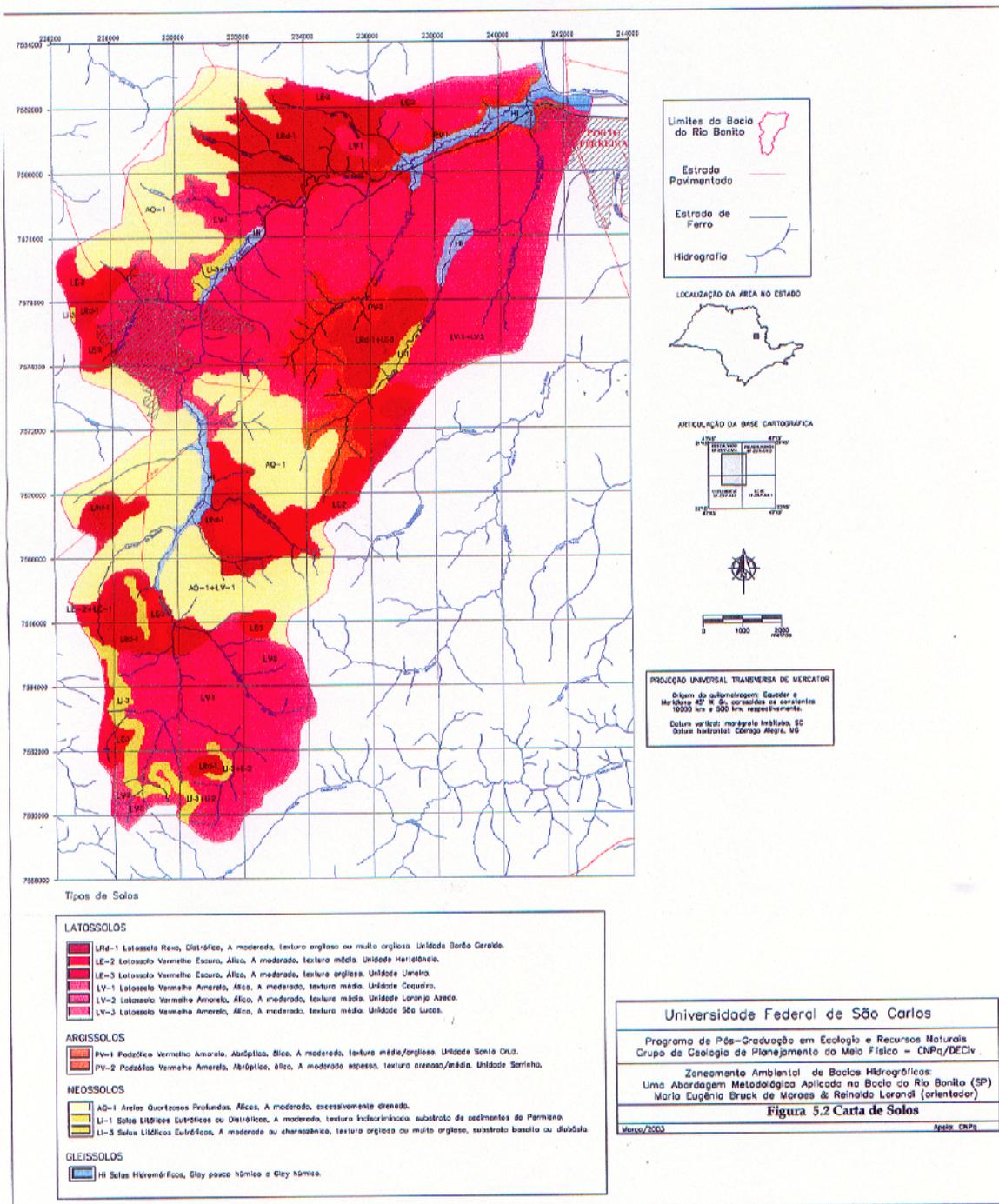
Quadro 5.3 Critérios adotados para a confecção da Carta de Zoneamento Ambiental: Abordagem Analítica

ZONAS	APTIDÃO AGRÍCOLA	POTENCIAL EXPANSÃO URBANA	RISCO POTENCIAL EROSÃO	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL
ATIVIDADES URBANAS	Classe IV	Alto/ Médio	1 - 6	Áreas não protegidas
PRODUÇÃO INDUSTRIAL E OUTROS USOS	Classe IV	Médio	1 - 3	Áreas não protegidas
PRODUÇÃO AGROSSILVIPASTORIL	Classes I, II e III	Médio/ Baixo	1 - 6	Áreas não protegidas
PROTEÇÃO AMBIENTAL	Classes I, II, III ou IV	Muito baixo	1 - 8	Áreas protegidas

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Caracterização dos solos da BHRB

A formação dos solos depende de fatores como as condições climáticas, o material de origem, os organismos vivos, o relevo e o tempo de exposição dos materiais aos processos de intemperismo (Brady, 1984). A combinação desses fatores condicionou, para a maior parte da Região dos Cerrados, a formação de solos bastante intemperizados, nos quais os minerais primários foram completamente alterados e lixiviados do perfil (Adámoli et al., 1985). Os tipos de solo encontrados na BHRB são LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, NEOSSOLOS e GLEISSOLOS (Figura 5.2).



Tipos de Solos

- LATOSSOLOS**
- LE-1 Latossolo Vermelho, Distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa. Unidade Barão Ceratão.
 - LE-2 Latossolo Vermelho Escuro, Aliso, A moderado, textura média. Unidade Henriqueta.
 - LE-3 Latossolo Vermelho Escuro, Aliso, A moderado, textura argilosa. Unidade Limeta.
 - LV-1 Latossolo Vermelho Amarelo, Aliso, A moderado, textura média. Unidade Cocoró.
 - LV-2 Latossolo Vermelho Amarelo, Aliso, A moderado, textura média. Unidade Laranjo Azedo.
 - LV-3 Latossolo Vermelho Amarelo, Aliso, A moderado, textura média. Unidade São Lucas.
- ARGISSOLOS**
- Pv-1 Podzólio Vermelho Amarelo, Abrupto, Aliso, A moderado, textura média/argilosa. Unidade Santo Cruz.
 - Pv-2 Podzólio Vermelho Amarelo, Não-árido, Aliso, A moderado espesso, textura arenosa/média. Unidade Sarrieta.
- NEOSSOLOS**
- AQ-1 Arenas Quartzosas Proclínicas, Aliso, A moderado, excessivamente drenado.
 - LI-1 Solos Litólicos Litóclínicos ou Distrólicos, A moderado, textura indistintada, substrato de sedimentos do Permiano.
 - LI-3 Solos Litólicos Eutróficos, A moderado ou charcoante, textura argilosa ou muito argilosa, substrato basáltico ou diabásico.
- GLEISSOLOS**
- H Solos Híemórficos, Clay pouco hímico e Clay hímico.

Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais
Grupo de Ecologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECIV

Zonamento Ambiental de Bacias Hidrográficas:
Uma Abordagem Metodológica Aplicada na Bacia do Rio Bonito (SP)
Mário Eugênio Bruck de Moraes & Reinaldo Loraná (orientador)

Figura 5.2 Carta de Solos

Marcos/2003 Apaga CNPq

Na figura 5.3, apresenta-se a área relativa que esses solos ocupam na AE.

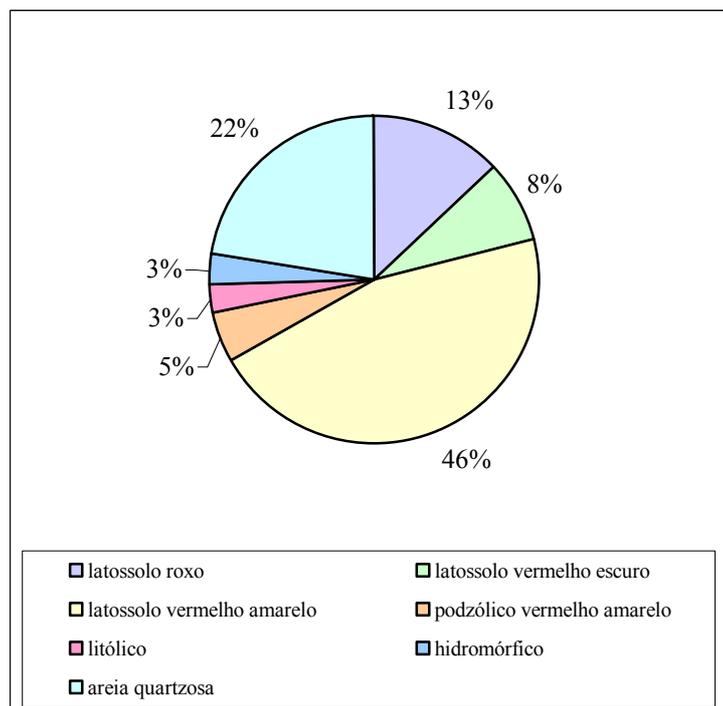


Figura 5.3 Área relativa dos tipos de solo encontrados na BHRB

Os LATOSSOLOS correspondem a 67% dos solos da bacia e se subdividem de acordo com o teor e tipo de óxido de ferro predominante em: Latossolo Roxo (13%), Latossolo Vermelho Escuro (46%) e Latossolo Vermelho Amarelo (8%) (Figura 5.3). São solos bem drenados, com profundidade do manto de intemperismo de até 14m e teor de argila entre 15 e 90% (Pereira, 1994). Esses solos se distribuem na BHRB conforme as classes de declividade apresentadas na Tabela 5.1.

O Latossolo Roxo é originado de rochas basálticas ou diabásios, associado à Formação Serra Geral, e se concentra principalmente em terrenos com declive entre 2 e 15%.

O Latossolo Vermelho Escuro constitui, segundo Oliveira et al. (1992), uma das mais importantes classes de solos do ponto de vista agrônomo, porque responde bem à aplicação de fertilizantes e corretivos, além da boa drenagem interna. Concentra-se em terrenos com 0 a 45% de declive.

O Latossolo Vermelho Amarelo tem na baixa fertilidade sua principal limitação ao aproveitamento agrônomo. Quando de textura média, se aproxima das Areias Quartzosas, e, devido à grande concentração de areia, se torna muito suscetível à erosão, além da elevada taxa de infiltração. Necessita, portanto, de adequado manejo conservacionista (Oliveira et al., 1992). O Latossolo Vermelho Amarelo se concentra principalmente entre os declives de 2 a 10%.

Tabela 5.1 Distribuição em hectares dos tipos de solo da BHRB sobre as classes de declividade apresentadas em porcentagem

Tipos de Solo	Classes de Declividade					
	0-2%	2-5%	5-10%	10-15%	15-45%	> 45%
Latossolo Roxo	312,44	529,56	1186,41	627,23	268,07	
Latossolo Vermelho-Escuro	116,93	437,65	819,95	300,74	90,46	
Latossolo Vermelho-Amarelo	1664,57	3001,94	3800,65	1205,40	496,17	3,33
Podzólico Vermelho-Amarelo	89,11	117,56	367,71	328,74	200,19	
Litólico (basalto)	5,40	4,50	13,23	42,21	379,32	98,03
Litólico (arenito)	27,63	26,19	40,24	6,39	1,08	
Hidromórfico	545,58	76,06	46,36	17,19	10,62	
Areia Quartzosa	734,08	1731,09	2010,14	433,96	83,89	

Os ARGISSOLOS correspondem a 5% da AE e se subdividem em Podzólico Vermelho Amarelo de textura argilosa e Podzólico Vermelho Amarelo de textura arenosa. Apresentam, em geral, erosão moderada à forte, conforme o relevo e posição na paisagem (Pereira, 1994), e ocupam na BHRB, áreas com declives entre 5 e 45%, ou até mais. Por isso, suas principais limitações para o uso agrícola se relacionam, além da baixa fertilidade, à suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Os NEOSSOLOS correspondem a 25% da AE e são representados pelos Solos Litólicos (3%) e as Areias Quartzosas Profundas (22%). Os Solos Litólicos são originados do substrato arenítico da Formação Botucatu, de Rochas Intrusivas Básicas e do substrato diabásico da Formação Serra Geral, e se concentram, no geral, em faixas estreitas por toda a bacia, nas áreas de relevo mais acidentado. De modo geral, são mais indicados para preservação da fauna e flora, devido a sua pequena espessura e presença de cascalhos e pedras, que normalmente restringem o uso de implementos agrícolas.

Diferentemente, as Areias Quartzosas Profundas dominam grandes extensões de terra contínua. Este tipo de solo é formado a partir da decomposição da Formação Santa Rita do Passa Quatro e, devido à grande quantidade de areia, apresenta séria limitação à capacidade de armazenamento de água disponível. Assim, é mais recomendado ao reflorestamento, apesar de Oliveira et al. (1992) ressaltar que extensas áreas de Areias Quartzosas no Estado de São Paulo têm sido ocupadas para a cultura da cana-de-açúcar.

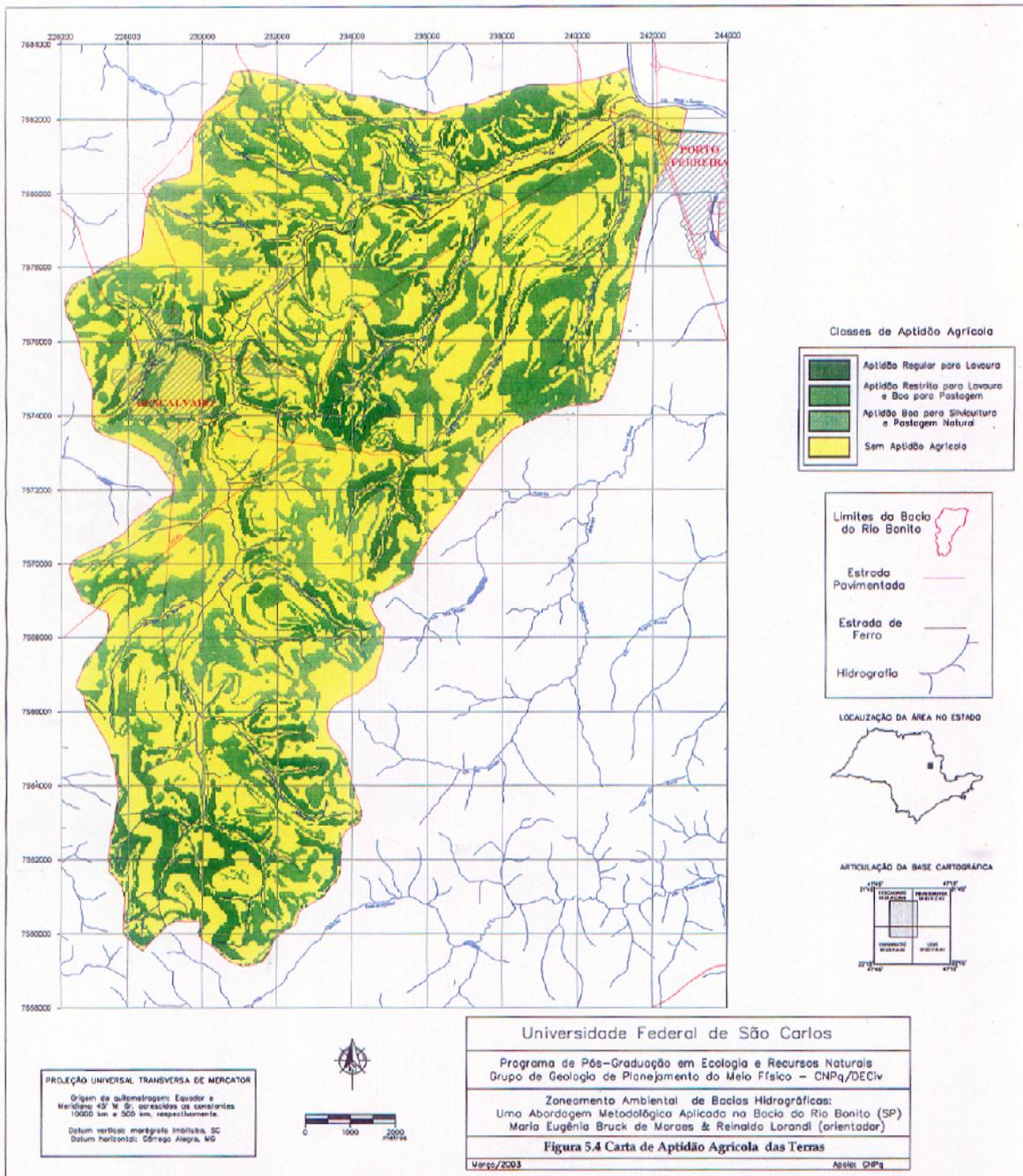
E por último, os GLEISSOLOS (Solos Hidromórficos), que se encontram em menores extensões (3%) e constituem o substrato dos principais cursos d'água. São solos pouco desenvolvidos, relativamente rasos, de textura predominantemente argilosa e de permeabilidade lenta, e estão diretamente associados aos terrenos recentes do quaternário (Figura 5.2), com declives que não ultrapassam 2%. De acordo com Pereira (1994), sua fertilidade depende da natureza do material de origem, mas, no geral, são solos muito pobres em nutrientes para plantas cultivadas.

5.3.2 Caracterização da aptidão agrícola das terras da BHRB

De acordo com Fontes (1997), a figura do planejador no Brasil costuma ser solicitada apenas para a execução de planos de desenvolvimento urbano. No entanto, sabe-se que o reordenamento da ocupação agrícola faz-se muitas vezes necessário, o que demanda uma avaliação da real vocação da região - importante ainda para o fortalecimento de políticas agrícolas. O autor também destaca que a importância do uso desse tipo de mapeamento está no fato de que a atividade rural desenvolvida fora da classe que lhe é mais adequada, irá demandar um custo financeiro muito alto, além do risco de geração de impactos ambientais negativos. Daí, a necessidade dos agricultores terem conhecimento da aptidão agrícola de suas terras, antes de qualquer investimento.

A Carta de Aptidão Agrícola das Terras elaborada nesta pesquisa resulta de um processo interpretativo, segundo a metodologia desenvolvida por Ramalho et al. (1978), podendo sofrer variações de acordo com o nível tecnológico da região (Prado, 2001).

A distribuição espacial dessa classificação encontra-se na figura 5.4 e suas respectivas áreas relativas na figura 5.5.



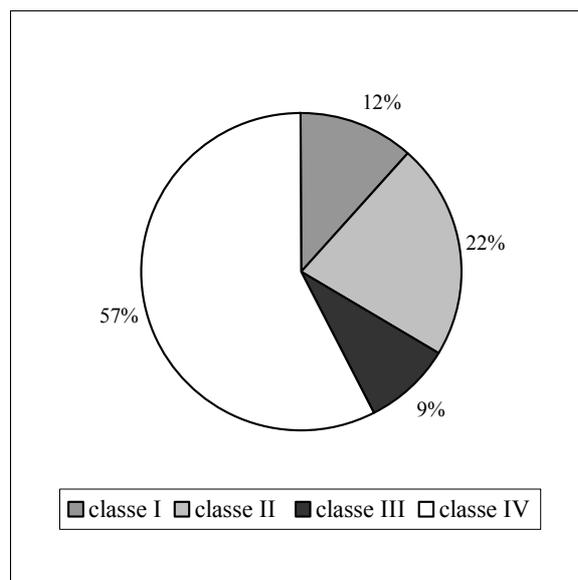


Figura 5.5 Área relativa das classes de aptidão agrícola das terras, estabelecidas para a BHRB

A terras da BHRB foram classificadas em 4 classes, em função de sua aptidão agrícola: classe I (terras com aptidão regular para lavoura), classe II (terras com aptidão restrita para lavoura e aptidão boa para pastagem plantada), classe III (terras com aptidão boa para silvicultura e pastagem natural) e classe IV (terras sem aptidão agrícola).

A primeira classe identificada abrange cerca de 12% da bacia e corresponde às terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada da lavoura. Apesar de reduzirem a produtividade, tais limitações são suplantadas pelo aumento de insumos necessários.

A classe II, ocupando 22% da área, difere da classe I com relação ao nível de limitação para a lavoura. Nesta classe, encontram-se terras com fortes limitações para a produção sustentada, sendo que o aumento necessário nos insumos muitas vezes não justifica os custos elevados. Apesar disso, suas terras apresentam boa aptidão para a pastagem plantada, com um mínimo de restrições que não reduzem a produtividade ou seus benefícios, sem um aumento nos insumos acima de um nível aceitável.

De acordo com os dados apresentados na figura 5.5, observa-se que a classe III ocupa apenas 9% da AE, sendo formada por terras com aptidão boa tanto para a silvicultura quanto para a pastagem natural. Entretanto essas áreas são consideradas inadequadas à lavoura.

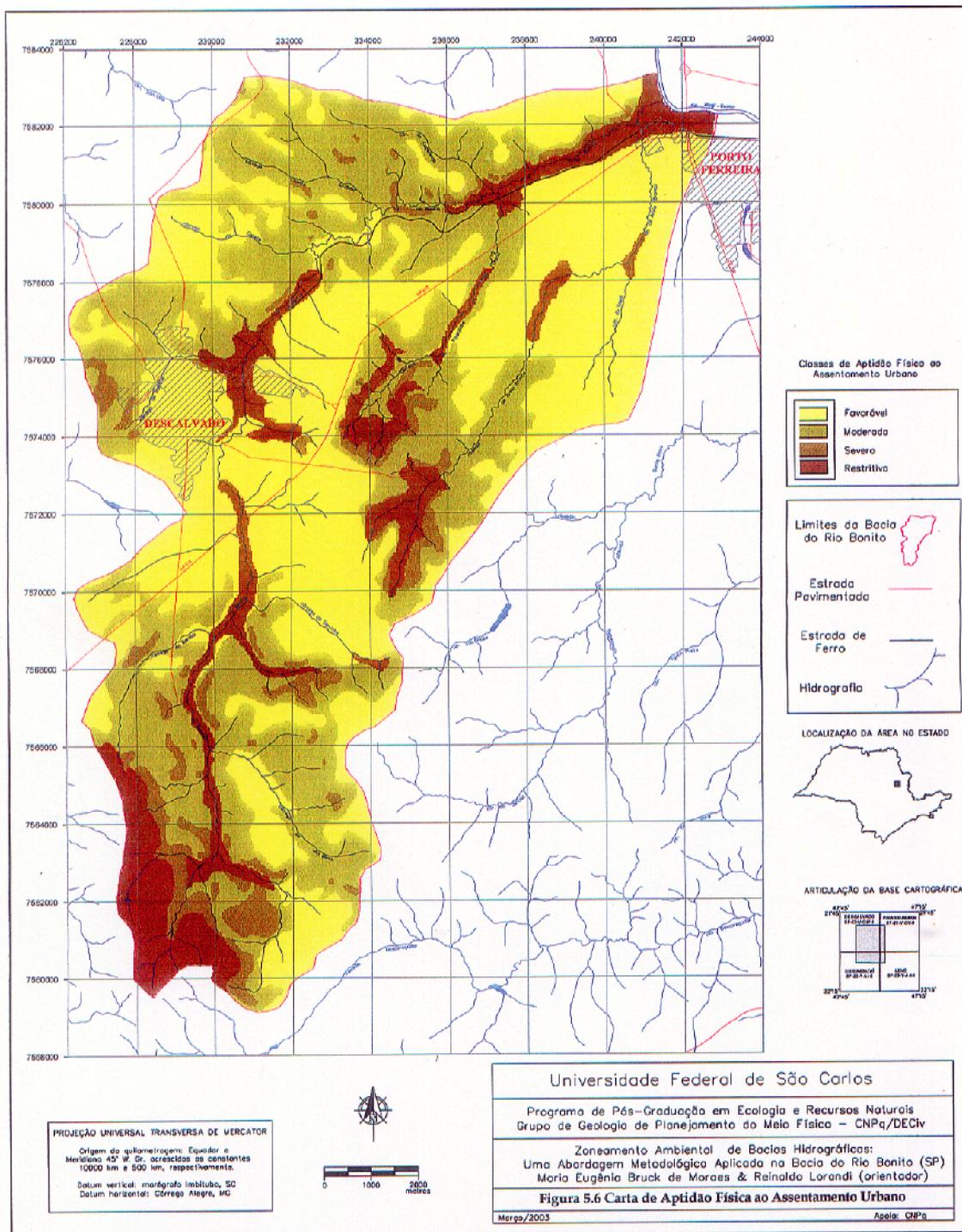
E a classe IV compreende as terras consideradas sem aptidão agrícola, as quais perfazem um total de 57% da bacia, devendo ser destinadas à outros usos como a ocupação urbana ou a proteção ambiental.

As classes de aptidão agrícola aqui apresentadas representam indicadores do uso agrícola mais intensivo possível, outrossim, deve-se ter em mente que outros dados considerados de interesse, como por exemplo a diversidade biológica do solo, podem ser cruzados com a Carta de Aptidão Agrícola das Terras, de forma a se estabelecer um zoneamento agrícola mais preciso para a AE.

5.3.3 Caracterização da aptidão física da BHRB para o assentamento urbano

De modo geral, a ocupação urbana nas cidades brasileiras ocorre sem levar em conta o meio físico, causando conseqüências danosas ao meio ambiente e à qualidade de vida da população, seja a curto, médio ou longo prazo (Vieira e Kurkdjian, 1993). Tendo em vista esse fato, a Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (Figura 5.6) foi elaborada com o objetivo de fornecer informações que subsidiem o planejamento urbano das cidades de Descalvado e parte de Porto Ferreira, uma vez que essa não se encontra totalmente inserida na AE.

O documento cartográfico baseado na metodologia do IPT (1986) - aplicada à diversas cidades do Estado de São Paulo - divide a BHRB em 4 classes: favorável, moderada, severa e restrita. A área relativa das classes é apresentada na figura 5.7 e sua distribuição sobre as formas do relevo e formações geológicas de superfície se encontra nas tabelas 5.2 e 5.3, respectivamente.



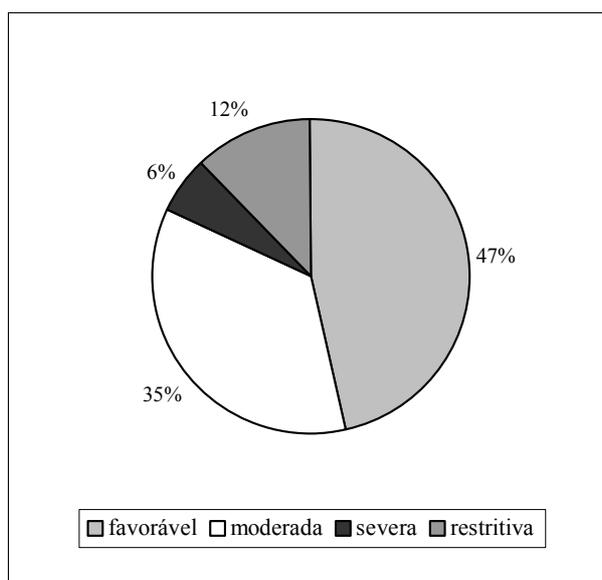


Figura 5.7 Área relativa das classes de aptidão física do solo ao assentamento urbano identificadas para a BHRB

Tabela 5.2 Distribuição em hectares das classes de aptidão física do solo ao assentamento urbano identificadas para a BHRB sobre as formas do relevo

Formas do Relevo	Aptidão ao Assentamento Urbano			
	favorável	moderada	severa	restritiva
planície de inundação				387,25
planícies	10337,16			638,21
colinas		7906,42		699,42
morrotes			804,56	221,62
morros altos			212,79	2,43
cuesta			286,07	800,24

Tabela 5.3 Distribuição em hectares das classes de aptidão física do solo ao assentamento urbano identificadas para a BHRB sobre as formações geológicas de superfície

Formações Geológicas	Aptidão ao Assentamento Urbano			
	favorável	moderada	severa	restritiva
Quaternário				790,52
Sta. Rita do Passa Quatro	6262,86	5162,86	943,28	
Pirassununga	3063,15	723,64	17,91	76,60
Itaqueri				214,51
Serra Geral (basalto)	27,54	34,92	63,01	174,45
Serra Geral (diabásio)	732,73	1662,05	233,59	
Botucatu				401,38
Pirambóia				1055,07
Corumbataí	250,87	323,25	45,64	36,63

Pela correlação dos dados sobre a aptidão física ao assentamento urbano, pode-se afirmar que a classe favorável engloba 47% da bacia e é composta pelas planícies sobre as formações Santa Rita do Passa Quatro, Pirassununga, Serra Geral e Corumbataí, consideradas as áreas com o menor número de restrições à ocupação urbana.

A classe moderada ocupa 35% e é formada por colinas. São áreas consideradas mais problemáticas ao assentamento urbano, exigindo a observação de um maior número de recomendações para uma ocupação urbana criteriosa.

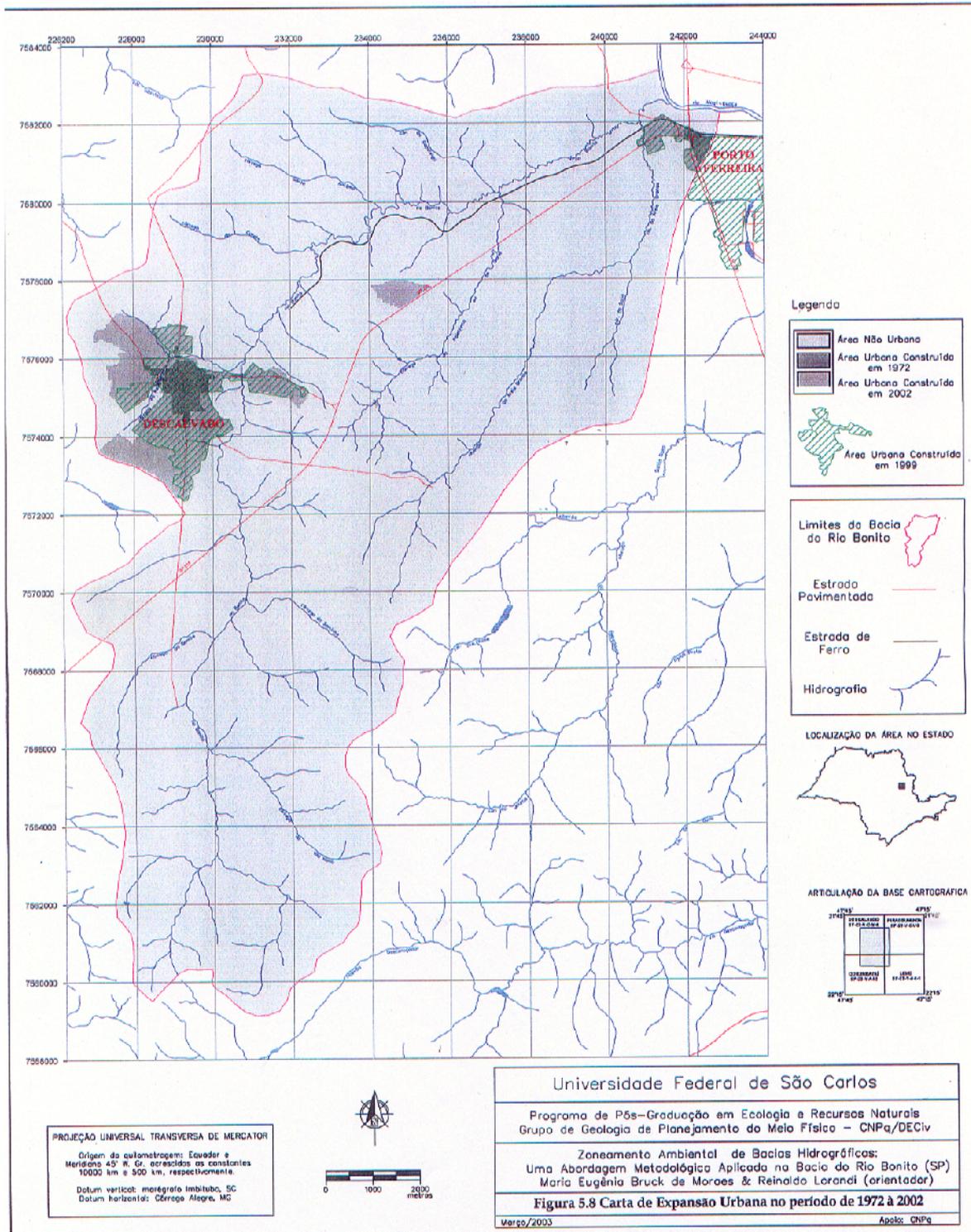
A classe severa perfaz um total de apenas 6% e é composta por morrotes, morros altos e parte da frente da cuesta. Essas áreas são inadequadas ao parcelamento do solo, salvo sejam atendidas exigências específicas quanto à obediência de rigorosos critérios de ocupação, que evitem conseqüências mais desastrosas.

A classe restritiva corresponde a 12% e é formada por planícies de inundação às margens do Rio Mogi-Guaçu, a frente da cuesta, áreas de várzea sobre os depósitos recentes do Quaternário e áreas com potencialidade de recarga do Aquífero Botucatu-Pirambóia. Essas áreas devem ser coibidas à ocupação urbana em vista de sua fragilidade ambiental.

5.3.4 Análise do potencial da BHRB para a expansão urbana

A forma de crescimento das cidades brasileiras, de um modo geral, pode ser caracterizada pelo adensamento interno, pela ocupação dos vazios urbanos ao longo das grandes rodovias e a formação de periferias, fatores que indicam um processo de expansão desordenado.

De acordo com a Carta de Expansão Urbana 1972-2002 (Figura 5.8), a área urbana construída na BHRB é de 1,71Km² em 1972 e 10,16Km² em 2002, o que representa um crescimento de 494%. Isto significa que essa área alcançou uma taxa média de crescimento anual em torno de 16%. A área caracterizada como não urbana representa 94% (ou 210,53Km²) e é ocupada, principalmente, por atividades agropecuárias e remanescentes de vegetação nativa.



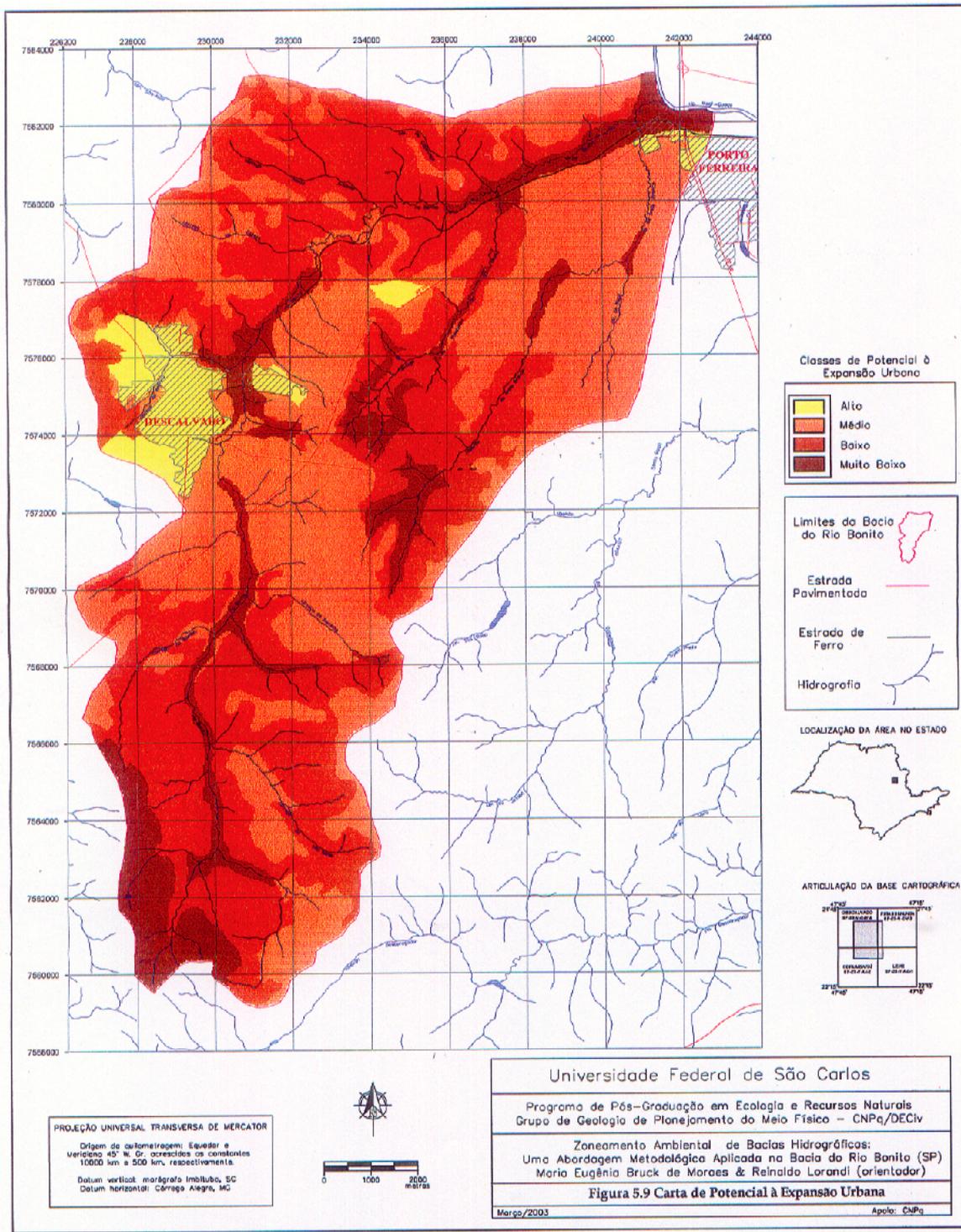
Genericamente, pode-se afirmar que a área urbana construída, até o início da década de 70, se concentrou nas planícies sobre a Formação Santa Rita do Passa Quatro, cujas declividades não ultrapassam os 17 graus estabelecidos pela Lei Lehman (Lei Federal 6766/79), como declive máximo para o parcelamento urbano. Mas, atualmente, a área urbana tem avançado sobre as colinas e as formações Pirassununga, Pirambóia e Corumbataí e, inclusive, em direção às áreas sujeitas à inundação, como os terrenos do Quaternário.

Para a cidade de Descalvado pode-se observar 3 principais eixos de crescimento: leste (em direção às nascentes do Córrego do Paiolzinho), oeste (em direção aos limites da BHRB) e sul (em direção à rodovia SP 215). Segundo Marques (1993) e Castro (1998), Descalvado apresenta as seguintes características de crescimento: a área central, que corresponde aos territórios já consolidados; áreas próximas ao centro formadas por uma malha urbana já consolidada, com um forte adensamento e a primeira periferia, que compreende a malha urbana consolidada com baixa densidade. Por não possuir Plano Diretor, o crescimento da cidade tem sido regido pelas leis municipais 308/78 e 1308/93, que dispõem sobre a fixação e delimitação da zona de expansão urbana, respectivamente.

Quanto à cidade de Porto Ferreira, a análise da figura 5.8 apenas permite afirmar que esta tem crescido no sentido oeste, em direção às várzeas dos rios Bonito e Areia Branca.

Na avaliação do processo de expansão urbana, torna-se imprescindível a utilização conjunta de SIGs e dados de sensoriamento remoto para facilitar o trabalho de levantamento e análise de dados (Costa e Silva, 1993). Assim, a Carta de Potencial à Expansão Urbana (Figura 5.9) foi gerada com base nos mapeamentos do uso e ocupação do solo de 1972 (Anexo III) e 2002 (Anexo IV) e na Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (Figura 5.6), visando a identificação das áreas mais ou menos propícias à ocupação urbana.

Esse documento cartográfico é de grande importância para os planejadores urbanos e apresenta a AE em 4 classes: alto, médio, baixo e muito baixo, de acordo com o seu potencial para novos assentamentos urbanos. Na figura 5.10, encontram-se essas classes e suas respectivas áreas em relação à área total da bacia.



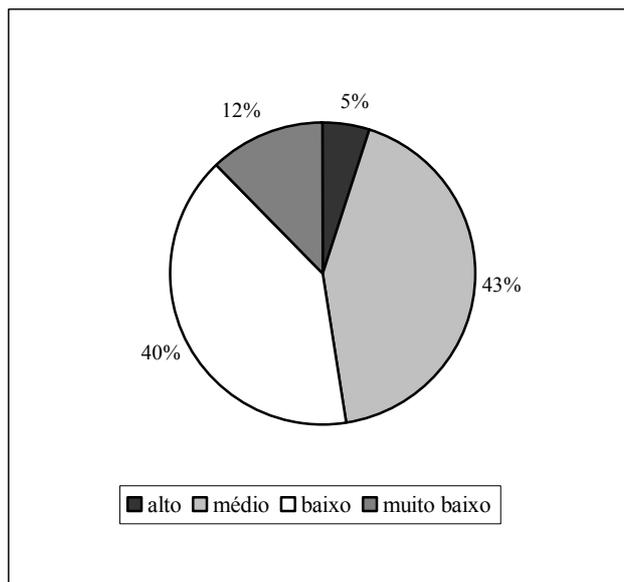


Figura 5.10 Área relativa das classes da Carta de Potencial à Expansão Urbana

A classe de alto potencial à expansão urbana corresponde à apenas 5% da AE e compreende em torno de 900ha de áreas com aptidão favorável ao assentamento urbano e pouco mais de 200ha de áreas com aptidão moderada. Este fato se explica porque, apesar de existirem outras áreas favoráveis ao assentamento urbano (em torno de 10000ha) (Tabela 5.2), a maior parte delas está fora dos eixos de expansão e, portanto, diminuindo suas chances de serem ocupadas, pelos menos a curto e médio prazo.

As áreas com médio potencial (43%) englobam, em sua maior parte, terras com aptidão favorável ao assentamento, mas que, justamente, se encontram fora do alcance dos eixos de crescimento. Essas áreas, possivelmente, poderão ser ocupadas à longo prazo, e para tanto, seria interessante o poder público local concentrasse esforços no sentido de incentivar a ocupação dessas áreas de forma planejada, com base em estudos geotécnicos.

A classe de baixo potencial representa 40% e é constituída de áreas cuja aptidão física para a ocupação urbana vai de moderada à severa. Tais áreas caracterizam-se por um relevo inadequado às construções urbanas, logo, a sua ocupação para este fim não é aconselhada. Assim como, nas áreas com muito baixo potencial à expansão, 12% da AE, com restritiva aptidão ao assentamento, tendo em vista, suas características geológicas e geomorfológicas.

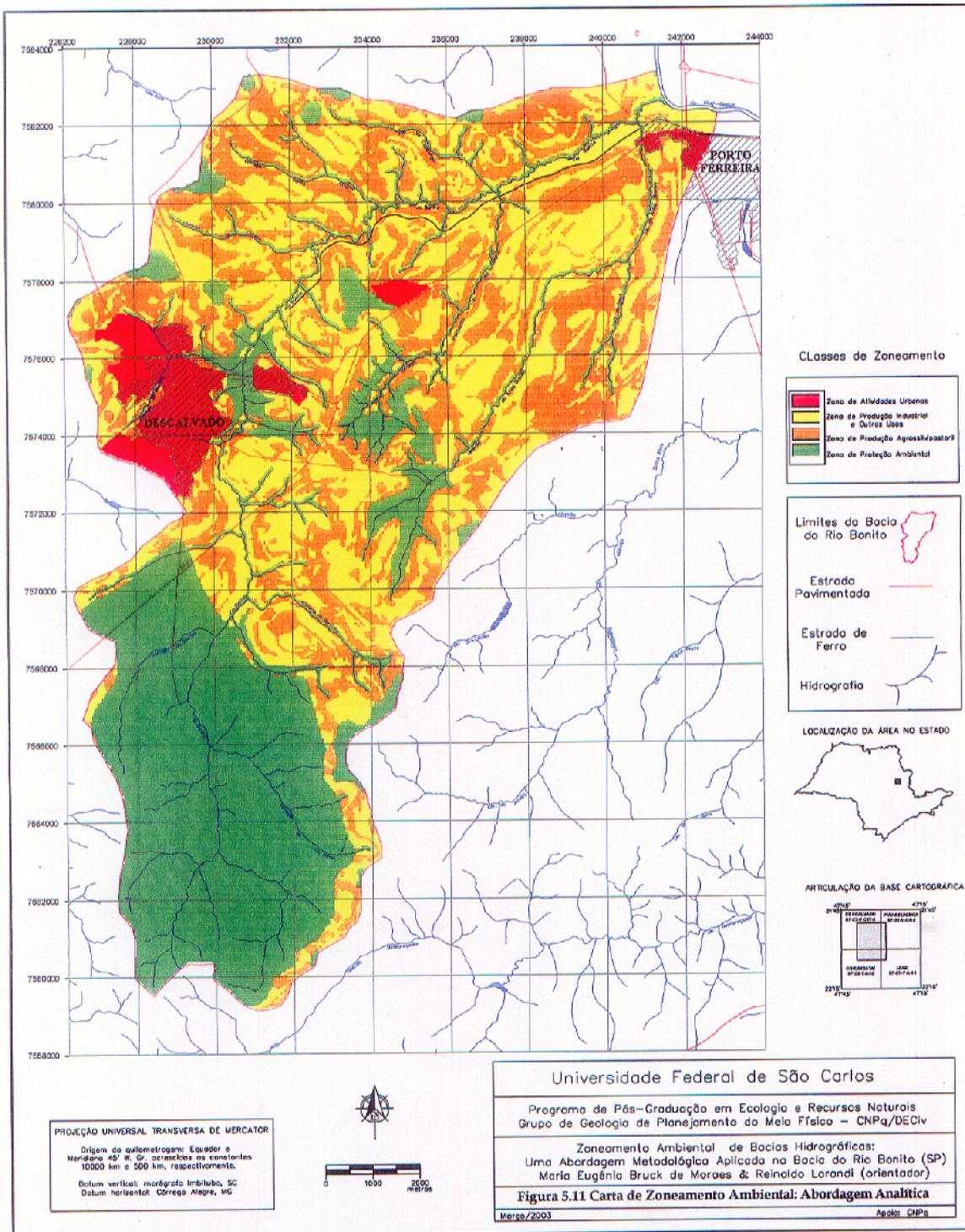
De um modo geral, pode-se afirmar, com base nos dados de formas do relevo e formações geológicas de superfície, que a BHRB apresenta um bom potencial à ocupação urbana, no entanto, é preciso lembrar que a mesma apresenta um histórico com um número elevado de ocorrências de erosão (Feres, 2002), que deve ser considerado antes de qualquer tomada de decisão, juntamente com informações provenientes de estudos sobre o potencial geotécnico e fenômenos históricos e socioeconômicos.

5.3.5 Proposta de zoneamento ambiental para a BHRB baseada na abordagem analítica

A proposta de zoneamento apresentada neste capítulo diferencia-se daquela proposta no capítulo 4 em função dos atributos considerados e das ferramentas do SIG utilizadas e, principalmente, por causa da abordagem adotada, a qual conduziu ao estudo individualizado de cada uma das cartas elaboradas. Assim, a Carta de Zoneamento Ambiental da BHRB: Abordagem Analítica (Figura 5.11) é o resultado da sobreposição das Cartas de Aptidão Agrícola das Terras (Figura 5.4) e Potencial à Expansão Urbana (Figura 5.9) com as Cartas de Legislação Ambiental (Figura 3.4) e Risco Potencial à Erosão (Anexo VI).

Neste documento cartográfico, a BHRB está dividida em 4 zonas: zona de atividades urbanas (5%), zona de produção industrial e outros usos (34%), zona de produção agrossilvipastoril (27%) e zona de proteção ambiental (34%), conforme mostra a figura 5.12. E na tabela 5.4, apresentam-se as áreas absoluta e relativa, do uso atual do solo em função do zoneamento proposto.

A zona de atividades urbanas é composta, principalmente, pela área urbana construída (99,23%), mas também engloba pequenas áreas de cultivo de cana-de-açúcar e laranja (0,49%) e 4,24ha de mata nativa, que na medida do possível devem ser preservados, tendo em vista a importância atribuída à manutenção de áreas verdes em ecossistemas urbanos (Cavalheiro, 1991; Henke-Oliveira e Santos, 2000).



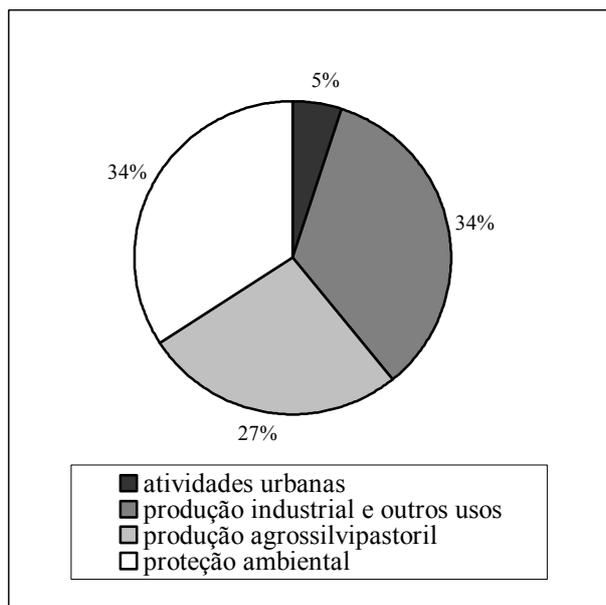


Figura 5.12 Área relativa ocupada pelas zonas propostas para a BHRB

Tabela 5.4 Área absoluta (ha) e relativa (%) dos diferentes tipos de uso do solo na BHRB em 2002 em relação às zonas propostas

Uso e Ocupação do Solo em 2002	Atividades Urbanas		Produção Industrial e outros		Produção Agrossilvipastoril		Proteção Ambiental	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
solo exposto	0,00	0,00	385,45	5,07	345,39	5,77	83,26	1,09
solo semi-exposto	0,00	0,00	33,12	0,43	46,35	0,78	1,44	0,02
cana	1,71	0,13	2271,10	29,88	1926,79	32,16	1466,63	19,32
laranja	4,15	0,36	1788,79	23,53	1425,58	23,79	1451,42	19,12
pastagem	0,00	0,00	1668,71	21,95	1210,08	20,19	1461,68	19,26
reflorestamento	0,18	0,01	75,07	0,98	73,72	1,24	176,16	2,33
outras culturas	0,00	0,00	82,00	1,07	67,42	1,12	160,05	2,12
cerrado	0,00	0,00	346,47	4,56	228,82	3,81	1290,83	17,00
mata	4,24	0,37	778,99	10,25	606,07	10,11	1395,69	18,39
corpos d'água	0,00	0,00	2,16	0,03	0,45	0,00	7,65	0,10
área urbana	1107,10	99,23	37,62	0,50	11,07	0,18	25,74	0,35
mineração	0,00	0,00	131,33	1,73	50,95	0,85	68,59	0,90
Total	1115,57	100,00	7600,81	100,00	5992,69	100,00	7589,24	100,00

A zona de produção industrial e outros usos engloba pequenas parcelas dos diferentes tipos de uso do solo, em maior quantidade, cultivos de cana (quase 30%), laranja (em torno de 23%) e pastagens (quase 22%). Tais áreas foram agrupadas em uma única zona devido ao seu baixo potencial para compor as demais zonas, assim sendo, poderiam ser exploradas para a produção industrial sem trazer maiores prejuízos econômicos ou ambientais.

Entretanto, deve-se salientar que as mesmas não foram avaliadas quanto ao seu potencial para a exploração mineral, uma das atividades industriais desenvolvidas atualmente. Informações desta natureza podem ser encontradas em Torezan (2000).

Dados cartográficos sobre o potencial do município de Descalvado para a instalação de um distrito industrial são apresentados em Ranieri (2000), que também analisou o potencial do município para a instalação de um aterro sanitário. Quanto a este último aspecto, Moreira (2002) realizou um detalhado estudo geológico-geotécnico na busca das melhores áreas para a sua instalação.

A zona de produção agrossilvipastoril corresponde às classes I, II e III da Carta de Aptidão Agrícola das Terras (Figura 5.4), cujas áreas não se encontram protegidas pela legislação ambiental. A análise da tabela 5.4 mostra que as atividades agrícolas desenvolvidas na BHRB não estão respeitando a aptidão das terras para tal atividade, uma vez que é na zona de produção industrial que se encontram as maiores áreas cultivadas.

E por fim, apresenta-se a zona de proteção ambiental, formada pelas áreas legalmente protegidas. Esta zona é composta por quase 1400ha de mata, entre mata mesófila e ciliar e quase 1300ha de cerrado, entre cerrado *stricto sensu* e cerradão. Juntos, esses remanescentes de vegetação nativa perfazem um total de pouco mais de 35%.

Por outro lado, nesta zona também se encontram extensas áreas ocupadas por cana e laranja (38,4%), além de pastagens (19,2%) e reflorestamentos (2,3%). Porém, acredita-se que o fato mais agravante é a existência de áreas de mineração, que mesmo correspondendo a menos de 1%, deveriam ser desativadas e recuperadas.

5.3.6 Considerações sobre a metodologia utilizada e suas implicações nos resultados obtidos

A utilização da abordagem analítica como embasamento metodológico para a análise e interpretação das informações, também se destacou como uma característica positiva na elaboração do zoneamento ambiental. Contudo, a subjetividade encontrada no método sintético, também pode ser observada no uso do método analítico, especificamente durante a ponderação dos fatores ambientais, já que os critérios utilizados nessa ponderação foram de caráter qualitativo.

A elaboração das cartas de aptidão e potencial ambiental (Carta de Aptidão Agrícola das Terras, Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano e Carta de Potencial à Expansão Urbana) baseou-se em metodologias específicas que exigiram um aprofundamento nos temas envolvidos e, portanto, demandaram muito mais tempo e empenho do que os documentos cartográficos apresentados nos capítulos anteriores, mesmo utilizando-se os recursos do SIG *Idrisi*.

Dentre as ferramentas do *Idrisi* usadas na elaboração desses documentos cartográficos, destaca-se a sobreposição de *layers* disponível no módulo *overlay* (opções multiplicação e adição) que é capaz de somar ou multiplicar *pixels*, gerando um novo plano de informação.

Com relação à Carta de Aptidão Agrícola é preciso destacar que, em função da complexidade dos fatores envolvidos na sua elaboração, a mesma deve ser utilizada como um indicativo da aptidão agrícola das terras, devendo ser chegada em campo antes de qualquer tomada de decisão por parte dos interessados. E o mesmo pode ser afirmado para a Carta de Potencial à Expansão Urbana.

Quanto à Carta de Zoneamento Ambiental, vale lembrar que se trata de uma proposta elaborada com base em fatores considerados de suma importância, mas que não se esgotam aqui. Fatores de cunho socioeconômico também devem ser considerados pelos tomadores de decisão no momento oportuno.

5.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMOLI, J. et al. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985.

BRADY, N.C. **The nature and properties of soils**. New York, 1984.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e alterações ambientais. In: Tauk, S.M. (Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP/ FAPESP, 1991.

CASTRO, D.M. **Estudo do potencial à erosão acelerada das áreas urbana e de expansão do município de Descalvado (SP), escala 1:10.000**. São Carlos, 1998. 150p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

COSTA, S.M.F.; SILVA, E.A. Urbanização da área metropolitana de Belo Horizonte – o monitoramento do crescimento urbano através do sistema de informações geográficas SGI/INPE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba, 1993, v. 1, p. 41-47.

FERES, R. **Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP)**. São Carlos, 2002. 142p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

FONSECA, H.S. **Qualidade das águas superficiais de uma bacia hidrográfica sujeita a processos erosivos – estudo de caso do rio bonito, em Descalvado, SP**. São Carlos, 2002. 193p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

FONTES, A. T. **Aspectos do macrozoneamento utilizando SIG enquanto instrumento de gestão ambiental: diagnósticos e cenários regionais no estudo de caso da região de Ribeirão Preto**. São Carlos, 1997. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FORESTI, C.; HAMBURGER, D.S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano. In: Tauk, S.M. (Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP/FAPESP, 1991.

HENKE-OLIVEIRA, C.; SANTOS, J.E. Áreas verdes e áreas públicas de São Carlos (SP): diagnóstico e propostas. In: Tundisi, J.G.; Yamamoto, Y.; Dias, J.A.K. (Org.). **São Carlos no 3º Milênio: perspectivas para o desenvolvimento sustentável**. São Carlos: Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento Econômico, 2000.

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo, Quadrícula Descalvado (SF-23-V-C-IV-4)**. Campinas, 1982. Escala 1:100.000.

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo, Quadrícula São Carlos (SF-23-Y-A-I-4)**. Campinas, 1981. Escala 1:100.000.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento na grande São Paulo. Guia de utilização. Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (1:50.000)**. São Paulo: IPT/EMPLASA, 1986.

LEPSCH, I.F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

MARQUES, E.N. **Planos e projetos para o desenvolvimento urbano**. São Carlos: DECiv, Universidade Federal de São Carlos, 1993. Apostila.

MOREIRA, M.C.A. **Procedimentos geológico-geotécnicos para seleção de áreas para a disposição de resíduos sólidos domésticos em aterro no município de Descalvado (SP)**. São Carlos, 2002. 140p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

OLIVEIRA, J.B. et al. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992.

PEREIRA, M.N.; KURKDJIAN, M.N.O.; FORESTI, C. Sistema de classificação do uso da terra. In: PEREIRA, M.N. et al. (Org.). **Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1989.

PEREIRA, V.P. (Ed.). **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista / Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1994.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. Piracicaba: H. do Prado, 2001.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Brasília: SUPLAN / EMBRAPA / SNLCS, 1978.

RANIERI, V.E.L. **Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental – o caso do município de Descalvado (SP)**. São Carlos, 2000. 87p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos.

ROSA, R. **O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica**. São Paulo, 1995. 214p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SILVAJ.X.; SOUZA, M.J.L. **Análise ambiental**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1987.

VIEIRA, I.M.; KURKDJIAN, M.L.N.O. Integração de dados de expansão urbana e dados geotécnicos como subsídio ao estabelecimento de critérios de ocupação em áreas urbanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba, 1993, v. 1, p. 163-171.

ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras.** São Carlos, 1987. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** São Carlos, 1993. 368p. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CAPÍTULO 6. CONCLUSÃO

Foram identificadas oito unidades de paisagem na BHRB, levando-se em conta as formas do relevo, as formações geológicas de superfície e a cobertura vegetal. Dentre as unidades identificadas, predominam aquelas formadas por planícies e colinas sobre a Formação Santa Rita do Passa Quatro, cuja cobertura vegetal corresponde às pastagens e aos cultivos de cana-de-açúcar e laranja.

A vegetação nativa da AE encontra-se extremamente fragmentada e sob forte pressão exercida pelas atividades antrópicas. Apesar dos fragmentos florestais e dos sítios naturais abrangerem pequenas extensões da bacia, encontrando-se isolados por atividades agrícolas, a importância de sua manutenção deve ser evidenciada. A baixa ocorrência de remanescentes de vegetação contínua na porção nordeste do Estado de São Paulo reforça a necessidade de proteção dos remanescentes de vegetação nativa.

O Rio Bonito e seus afluentes representam uma fonte de abastecimento de fundamental importância para as áreas de concentração industrial, terras agrícolas e zonas urbanas da bacia, principalmente para a cidade de Descalvado, logo sua proteção requer uma atenção especial, assim como o manejo dos recursos hídricos subterrâneos deve ser enfocado dentro de um programa de utilização racional, uma vez que constituem uma alternativa segura para o abastecimento de água local e regional.

A respeito da legislação ambiental, verifica-se que formações importantes para a conservação da biodiversidade, como por exemplo o cerrado, não encontram respaldo legal suficiente para sua efetiva proteção e que apesar da existência de elementos naturais de relevante interesse regional, os mecanismos de proteção disponíveis não têm garantido a proteção integral dos ecossistemas locais e dos recursos naturais.

Com relação à aptidão agrícola, 57% das terras não são consideradas apropriadas à atividade agrícola, 9% são mais adequadas à pastagem e à silvicultura e 34% apresentam aptidão regular à restrita para a lavoura, porém as limitações encontradas, em parte, podem ser superadas com investimento nos insumos necessários.

Quanto ao potencial para a expansão urbana, apesar de 45% da AE apresentar aptidão favorável ao assentamento urbano, apenas 5% possui um alto potencial, considerando-se as características das áreas de entorno aos vetores de expansão identificados até o presente momento.

A análise dos resultados permite afirmar que tanto a abordagem sintética quanto a analítica são viáveis de serem aplicadas em projetos de zoneamento de bacias

hidrográficas. No entanto, em função da disponibilidade de dados, do tempo necessário para o domínio das metodologias e técnicas envolvidas e do tempo disponível para a elaboração do zoneamento, o método sintético é mais indicado quando se pretende propor um zoneamento geral para a bacia em questão e o método analítico, por demandar mais tempo e uma quantidade maior de dados, deve ser empregado quando se pretende um zoneamento mais detalhado e se dispõe de mais recursos.

Apesar das diferenças, as duas propostas de zoneamento apresentadas para a AE cumprem com a função de instrumento do sistema de gestão ambiental, pois permitem o direcionamento da localização das atividades econômicas e das áreas que necessitam de ações mitigadoras de conflitos de uso.

O SIG teve papel fundamental durante todo o processo de pesquisa, pois foi a partir de sua utilização, que as possibilidades de aquisição e análise de dados se multiplicaram. O fato das informações terem seu processamento facilitado pela rapidez ou, pelas possibilidades de retroalimentação, supre outras necessidades do zoneamento enquanto processo que deve acompanhar a dinâmica de desenvolvimento, ou seja, atualizar constantemente o banco de dados e as alterações no cenário ambiental, no intuito de agilizar o estabelecimento das prioridades do momento.

Com a utilização do SIG *Idrisi* - um programa de fácil interação pesquisador/*software* - e através da digitalização de mapas básicos e a geração de cartas temáticas, incorporou-se informações relevantes ao banco de dados digitais da BHRB, útil ao desenvolvimento de futuras pesquisas e a tomada de decisão do setor público, propiciando a adequação da implementação de atividades econômicas aos fatores ambientais.

E, finalmente, acredita-se que o trabalho apresentado represente uma contribuição da universidade aos planejadores e gestores ambientais, por fornecer subsídios relevantes para futuros projetos de zoneamento de bacias, um campo de pesquisa crescente na Ecologia Aplicada.

GLOSSÁRIO

Acamamento (Estratificação): aspecto estrutural característico das rochas sedimentares, que consiste na sua disposição em estratos ou camadas, lâminas, lentes, cunhas. Origina-se de modificações, periódicas ou não, na natureza ou na quantidade do material sedimentado.

Aqüífero: Refere-se à água subterrânea, que pode estar confinada, ou não.

Antrópico: Relativo à humanidade, à sociedade humana, à ação do homem. Termo empregado por alguns autores para qualificar: um dos setores do meio ambiente, o meio antrópico, compreendendo os fatores sociais, econômicos e culturais; um dos subsistemas do sistema ambiental, o subsistema antrópico.

Camadas Sedimentares Homoclinais: Grupo de camadas que apresentam um mergulho regular, segundo uma mesma direção.

Classificação Supervisionada: Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os métodos de classificação são usados para mapear áreas de superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais. Quando existem regiões de imagem em que o usuário dispõe de informações que permitem a identificação de uma classe de interesse, o tratamento é dito supervisionado.

Colo: Depressão acentuada numa linha de cristas de uma serra. Os colos são mais largos que os desfiladeiros. E mais ainda que os passos ou gargantas.

Coverage: Coleções similares a mapas que contêm as definições geográficas de um conjunto de feições e suas tabelas de atributos associadas, entretanto, diferem dos mapas em duas coisas. Primeiro, cada uma conterá informação de apenas um único tipo de feição, como parcelas de propriedades, polígonos de solos e outros temas. Segundo, podem conter um conjunto completo de atributos que pertencem a essas feições, como um conjunto de informações para vários setores da cidade.

Cuesta: Forma de relevo dissimétrico, constituída por uma sucessão alternada das camadas com diferentes resistências ao desgaste e que se inclinam numa direção, formando um declive suave no **reverso**, e um corte abrupto ou íngreme na chamada **frente de cuesta**.

Fácies: Termo usado em estratigrafia para indicar variações no caráter litológico ou biológico de uma unidade estratigráfica.

Fragilidade Ambiental: Diz respeito à suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, inclusive à poluição. Daí a definição de áreas frágeis como aquelas que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação.

Geoprocessamento: Disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica.

Georreferenciamento: Refere-se à localização de um plano ou **coverage** no espaço, definida por um sistema de referenciamento de coordenadas.

Holismo ou Holístico: Teoria filosófica, aplicada às ciências ambientais para a compreensão das relações entre os componentes do meio ambiente, pela qual os seus elementos vivos (todos os organismos, inclusive os homens) e não vivos interagem como um “todo”, de acordo com leis físicas e biológicas bem definidas. Neste sentido, holístico significa total, abrangente, que considera as inter-relações de todos os componentes do meio ambiente.

Meio Físico: É o mesmo que meio natural, isto é, caracterizado pelos diversos elementos físicos e bióticos. As formas de relevo, as rochas, os solos, os rios, os climas, a vegetação e a fauna constituem elementos do meio físico.

Planície: Extensão de terreno mais ou menos plano onde os processos de agradação superam os de degradação. Existem planícies que podem estar a mais de 1000 metros de

altitude, que constituem as chamadas planícies de nível de base local, ou planície de montanha.

Planícies Aluviais: Como o próprio nome indica, são aquelas justapostas ao fluxo fluvial, e que apresentam largura e extensão variadas.

Planície de Inundação: Superfície pouco elevada acima do nível médio das águas, sendo freqüentemente inundada por ocasião das cheias. A planície de inundação é, também, chamada de terraço, várzea, leito maior etc.

Raster: No sistema raster, a representação gráfica das feições e os atributos que elas possuem são fundidos em arquivos de dados unificados. A área de estudo é subdividida em uma fina malha de células de grade, onde é registrada a condição ou o atributo da superfície terrestre naquele ponto.

Recuperação Ambiental: Expressão utilizada para o ato de se recuperar uma área anteriormente degradada. Essa recuperação pode envolver, por exemplo, limpeza e/ou desassoreamento de rios, lagos e baías, replantio de manguezais, de matas, repovoamento com espécies de animais silvestres etc.

Sistema de Informação Geográfica: Ferramenta computacional utilizada em geoprocessamento que permite a realização de análise complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Torna ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Terraço: Superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito sedimentar, ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial, marinha ou lacustre e limitada por dois declives do mesmo sentido. É, por conseguinte, uma banqueta ou patamar interrompendo um declive contínuo. Os terraços aparecem com mais freqüência ao longo dos rios, ou ainda na borda dos lagos, lagoas e mesmo ao longo do litoral.

Textura Afanítica: Textura típica de rocha de granulação fina, tendo os constituintes individuais não distinguíveis à vista desarmada.

Várzea: Terrenos baixos e mais ou menos planos que se encontram junto às margens dos rios. Constituem, a rigor, na linguagem geomorfológica, o leito maior dos rios.

Vector (Vetorial): Com a representação vetorial, os limites ou o curso das feições são definidos por uma série de pontos que, quando unidos com linhas retas, formam a representação gráfica de cada feição. Os próprios pontos são codificados com um par de números representando as coordenadas X e Y em sistemas como latitude/longitude ou a grade de coordenadas Universal Transversa de Mercator. Os atributos são então armazenados num programa de gerenciamento de banco de dados tradicional.

Voçoroca: Escavação ou rasgão do solo ou de rocha decomposta, ocasionada pela erosão do lençol de escoamento superficial ou ainda, subsuperficial.

ANEXOS

