

# ANÁLISE DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO PÂNTANO (SP) COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL

*Maria Eugênia Bruck de MORAES<sup>1</sup>*

*Reinaldo LORANDI<sup>2</sup>*

## Resumo

Foi realizado o mapeamento das unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano, Descalvado, São Paulo, com base em suas características geológicas, geomorfológicas e de cobertura vegetal. A abordagem adotada de caráter sintético segue os princípios da Ecologia da Paisagem e o método seguiu o cruzamento de informações espacializadas, utilizando-se um sistema de informação geográfica (Idrisi). Foram estabelecidas cinco unidades homogêneas, as quais foram confrontadas com informações relativas às áreas protegidas pela legislação e ao potencial de risco ambiental. Assim, foi elaborada uma proposta de zoneamento ambiental para a bacia, dividindo-a em quatro zonas, de acordo com suas características. A agricultura, representada principalmente pela cana-de-açúcar, é a principal atividade de ocupação do solo, sendo necessário o seu acompanhamento e controle, visando o cumprimento da legislação ambiental e a conservação de seus recursos naturais.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Ecologia da Paisagem. Sistema de Informação Geográfica (SIG).

## Abstract

### **Analysis of the landscape elements in the Ribeirão do Pântano drainage basin as a support for environmental zoning**

The landscape units of the Ribeirão do Pântano Drainage Basin in the municipality of Descalvado, SP, Brazil, were mapped based on their geological and geomorphological characteristics and their vegetation cover. The synthetic approach adopted here followed the principles of Landscape Ecology, and the method involved cross-referencing spatial information using a geographic information system (IDRISI). Five homogeneous units were established and were compared with information pertaining to legally protected areas and to potential environmental risk. This provided the basis for the outlining of an environmental zoning proposal for the basin, dividing it into four zones according to their characteristics. Agriculture, represented by sugar cane, is the main land use activity, which requires monitoring and control to ensure the current environmental legislation is observed and the land's natural resources are conserved.

**Key words:** Drainage basin. Landscape ecology. Geographic information system (GIS).

<sup>1</sup> Professora Titular do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais – UESC – Rodovia Ilhéus – Itabuna, km 16, CEP 45662-000, Ilhéus (BA), E-mail: eugeniabruck@uesc.br

<sup>2</sup> Professor Associado 2 do Departamento de Engenharia Civil – UFSCar – Rodovia Washington Luis, km 235, CEP 13565-905, São Carlos (SP), E-mail: lorandi@ufscar.br

## INTRODUÇÃO

O termo "paisagem" foi introduzido pelo geógrafo alemão Carl Troll, em 1938, que considerava a Ecologia da Paisagem como o resultado da integração entre a Geografia (Paisagem) e a Biologia (Ecologia), abrangendo ainda as paisagens naturais, culturais e os aspectos socioeconômicos inerentes às mesmas (CHRISTOFOLETTI, 1999; POLETTE (1999); TROPMAIR (2001); LORINI; PERSSON (2001); RODRIGUEZ et al. (2004); GUERRA; MARÇAL (2006). Segundo essa perspectiva, o termo "paisagem" é entendido como uma porção de terra heterogênea, na sua forma ou uso, que contém um grupo de unidades homogêneas que se repetem e interagem (FORMAN, 1995), de acordo com sua localização espacial e temporal, refletindo desse modo a integração entre seus aspectos físicos, biológicos e antrópicos.

Segundo Nucci (2007), a Ecologia da Paisagem surgiu em meados do século XX como uma ciência Bio-Geo-Humana, com o objetivo de fornecer uma base científica para o planejamento, manejo, conservação, desenvolvimento e melhoria da paisagem. Lorini e Persson (2001) acreditam que a concepção de Ecologia da Paisagem abrange os relacionamentos verticais que ocorrem dentro de cada unidade espacial, bem como os horizontais, que tomam lugar entre as unidades espaciais.

A princípio, o conceito de Ecologia da Paisagem pode ser confundido com o conceito de Geossistema proposto pelo russo Sochava em 1962 (REIS JÚNIOR e HUBSCHMAN, 2007) com a preocupação de estabelecer uma tipologia que fosse aplicável aos fenômenos geográficos. Entretanto, pode-se considerar que o conceito de Geossistema enfoca os aspectos integrados dos elementos naturais da paisagem em detrimento dos aspectos da dinâmica dos ecossistemas.

Tanto a concepção de Geossistema, introduzida na França por Bertrand (1968) *apud* Christofoletti (1999) quanto a estruturação da Ecologia da Paisagem difundida por Naveh e Lieberman (1984) e Forman e Godron (1986) enquadram-se no contexto da abordagem sintética apresentada por Bertrand (1971).

A abordagem sintética permite a identificação dos aspectos ambientais mais característicos de uma área e as inter-relações entre os elementos que a compõem. Os adeptos de tal abordagem destacam que a sua grande vantagem está em fornecer uma visão holística do meio, de forma rápida e eficiente (MORAES, 2003). Assim, acreditando-se que a Ecologia da Paisagem pode proporcionar a fundamentação teórica e metodológica ideal para uma abordagem sintética dos componentes ambientais de uma bacia hidrográfica, esta foi adotada no presente estudo, visando à delimitação e caracterização das unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano e à elaboração de uma proposta de zoneamento ambiental para a mesma.

## ÁREA DE ESTUDO

A Área de Estudo (AE) do presente trabalho corresponde à Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano (BHRP), uma sub-bacia agrícola do Rio Mogi-Guaçu que apresenta 392Km<sup>2</sup> e engloba parte dos municípios de Analândia, Descalvado e São Carlos (SP), situando-se entre as coordenadas UTM 7552000 / 7596000 S e 212000 / 232000 WGr.

O clima é classificado como do tipo Tropical Úmido-Seco (Cwa), de inverno seco e verão chuvoso, com quatro a cinco meses secos (MENDONÇA e DANNI\_OLIVEIRA, 2007). A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 23°C. O índice pluviométrico varia entre 27mm mensais e 270mm mensais e apresenta uma média anual de 1500mm (CEPAGRI, 2007).

A rede de drenagem que compõem a BHRP 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. Os cursos d'água formadores da bacia apresentam uma extensão total de 205km e a bacia apresenta uma densidade de drenagem de 918m/km<sup>2</sup> (MASSOLI, 1981).

As cotas altimétricas distribuem-se entre 540 e 1040 metros, com um desnível de 500 metros, apresentando variadas formas de relevo (como planícies, planícies de inundação, colinas, morrotes e morros altos), além de áreas cênicas como a Cachoeira do Pântano.

As formações geológicas da AE são: Formação Santa Rita, Formação Itaqueri, Formação Serra Geral, Formação Botucatu, Formação Pirambóia, Intrusivas Básicas e Depósitos do Quaternário.

As unidades de solo identificadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (1981, 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).

As principais formações vegetais identificadas por Oliveira (1995) foram: cerrado, mata ciliar e mata mesófila, sendo que esta aparece disseminada na forma de manchas, estando sua distribuição associada às condições edáficas. Tais 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.

Com relação aos aspectos socioeconômicos, pode-se afirmar que a população da BHRP teve sua dinâmica recente (1991 - 2006) marcada pelo crescimento populacional e apresenta têm forte expressão econômica no setor primário, destacando-se o cultivo de cana-de-açúcar, a pecuária e a silvicultura (MORAES; LORANDI, no prelo).

## METODOLOGIA

Para a caracterização da BHRP 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, todos em escala 1:50.000.

Os Mapas de Formações Geológicas de Superfície correspondentes à AE abrangem parte das folhas Luis Antonio (IG, 1984a), Descalvado (IG, 1984b), Corumbataí (IG, 1984c) e São Carlos (ZUQUETTE, 1981). Utilizando-se o programa *CartaLinx*, foram digitalizados os limites das unidades estratigráficas. Os vetores correspondentes às feições digitalizadas foram exportados para o SIG *Idrisi*, onde 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 toda a AE.

As formas do relevo da bacia foram definidas a partir da interpretação de fotografias aéreas de agosto de 1972, utilizando-se como documentos auxiliares o Mapa Cadastral da BHRP, a Carta Hipsométrica e a Carta de Declividades.

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 digitalizadas no *CartaLinx* e importadas para o *Idrisi*, onde foram analisadas espacialmente. O padrão da forma do relevo representa a predominância de determinadas faixas de amplitudes e declividades, e ainda, a densidade e a principal característica das linhas de drenagem. Porém, isto não impede que num dado padrão possa ocorrer trechos com características de outro padrão, mesmo que em áreas pouco expressivas.

O mapeamento do uso e ocupação do solo foi realizado a partir da interpretação de uma composição colorida TM/LANDSAT, bandas 3, 4 e 5 de abril de 2006, a qual foi georreferenciada com base no Mapa Cadastral. Este mapeamento também contou com a realização de trabalhos de campo, o que possibilitou a identificação e confirmação das principais classes de uso do solo. A partir da reclassificação da Carta de Uso e Ocupação do Solo foi elaborada a Carta de Cobertura Vegetal da BHRP, dividida em três classes: vegetação nativa, vegetação antrópica e sem cobertura vegetal.

Para a identificação das Unidades de Paisagem (UP) foram realizados os cruzamentos da Carta de Formas do Relevo e da Carta de Formações Geológicas de Superfície com a Carta de Cobertura Vegetal, utilizando-se uma resolução de 30m, pois de acordo com Azevedo e Ferreira (2004), a irregularidade da borda dos fragmentos florestais é atingida pela variação da resolução espacial, uma vez que nas baixas resoluções, há uma tendência a retificação das formas. E, a partir desses cruzamentos, foram obtidas as proporções do tipo de cobertura vegetal predominante em cada forma de relevo e feição geológica, o que auxiliou no delineamento das UP.

O zoneamento ambiental proposto para a BHRP baseou-se no estabelecimento das unidades homogêneas da paisagem que foram confrontadas com informações relativas à legislação ambiental e aos riscos ambientais. Ao se identificar as zonas ambientais na bacia foi calculada a porcentagem da área correspondente a cada zona, bem como foi verificada a predominância das unidades de paisagem, das leis ambientais e dos principais riscos ambientais em cada uma das zonas estabelecidas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Análise da distribuição espacial dos determinantes da paisagem na BHRP*

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. Pivello et al. (1998) ao delimitarem as unidades de paisagem da Reserva Pé-de-Gigante, em Santa Rita do Passa Quatro (SP), concluíram que dentre os elementos analisados, aqueles que mais determinaram a heterogeneidade interna da reserva foram as formas do relevo local, incentivando deste modo, o estudo das formas do relevo no presente trabalho.

A BHRP possui um relevo suavizado com algumas áreas mais inclinadas, sendo que a altitude do terreno varia de 540 a 1.040m, com declividades entre 0 e mais de 45%. O relevo é composto principalmente por planícies que ocupam uma área em torno de 43% da área ou 16.950ha, dos quais 1.385ha correspondem à planície de inundação localizada às margens do Ribeirão do Pântano, no trecho onde seu leito se alarga, antes de desaguar no Rio Mogi-Guaçu, demonstrando o elevado grau de homogeneidade do terreno (Figura 1).

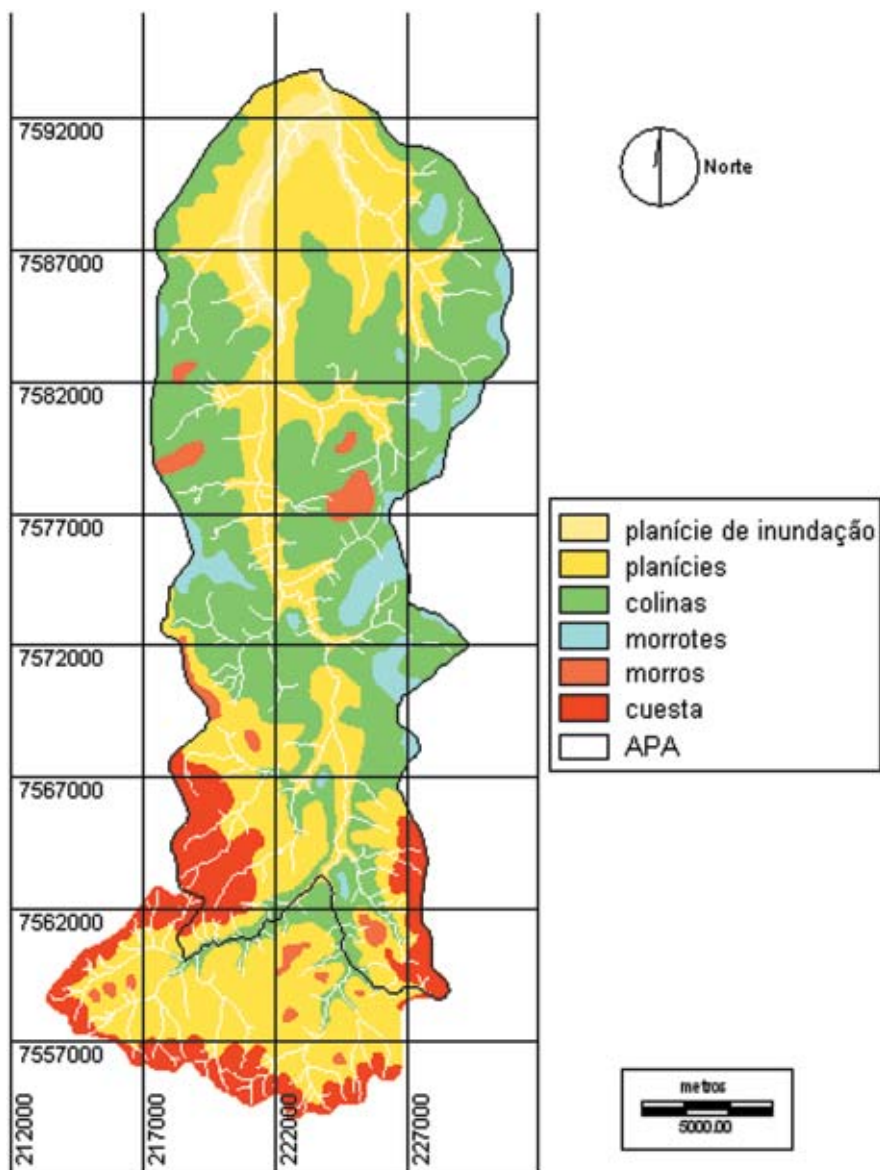


Figura 1 - Carta de Formas do Relevo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano

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 adjacentes 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 às propostas de ocupação das planícies.

As colinas, ocupando quase 40% da área, formam um relevo suavemente ondulado, 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.

Os morros mais altos e a cuesta, abrangendo uma área de 908ha e 3949ha, respectivamente, ocupam os terrenos com declives mais acentuados (Figura 2).

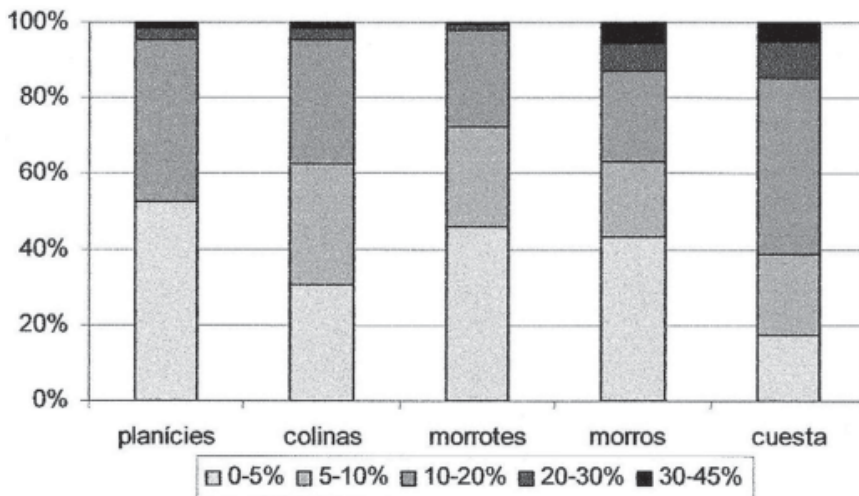


Figura 2 - Proporção das formas do relevo sobre as categorias de declividade

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 apresentam amplitudes que podem chegar a 200m e declives de até 45%.

A cuesta corresponde à borda formada - em planalto assimétrico, pelo recuo erosivo de camadas sedimentares homoclinais de resistências diferentes, sendo constituída da frente escarpada e do reverso, este com fraca declividade (IBGE, 1995). Na AE, as feições tabulares típicas da cuesta podem ser observadas na porção sul da BHRP, onde se concentra a maior proporção de terras com altas declividades (até 45%) e amplitudes, as quais variam entre 200 e 320m. A ocorrência da cuesta nessa bacia está diretamente associada à Formação Serra Geral, bem como às formações Botucatu e Itaqueri.

Conforme pode se observado na figura 3, a formação geológica predominante na Bacia do Pântano é a Formação Santa Rita do Passa Quatro que ocorre em 54,3% da AE. A Formação Pirambóia - base da seqüência Botucatu/Serra Geral (OLIVEIRA, 1995), está limitada à uma curta faixa ao longo do Ribeirão do Pântano e alguns de seus afluentes e,

apesar da pequena participação em extensão (em torno de 76ha), é de grande importância ambiental, em função do seu potencial de recarga do Aquífero Guarani, regionalmente denominado Aquífero Botucatu-Pirambóia.

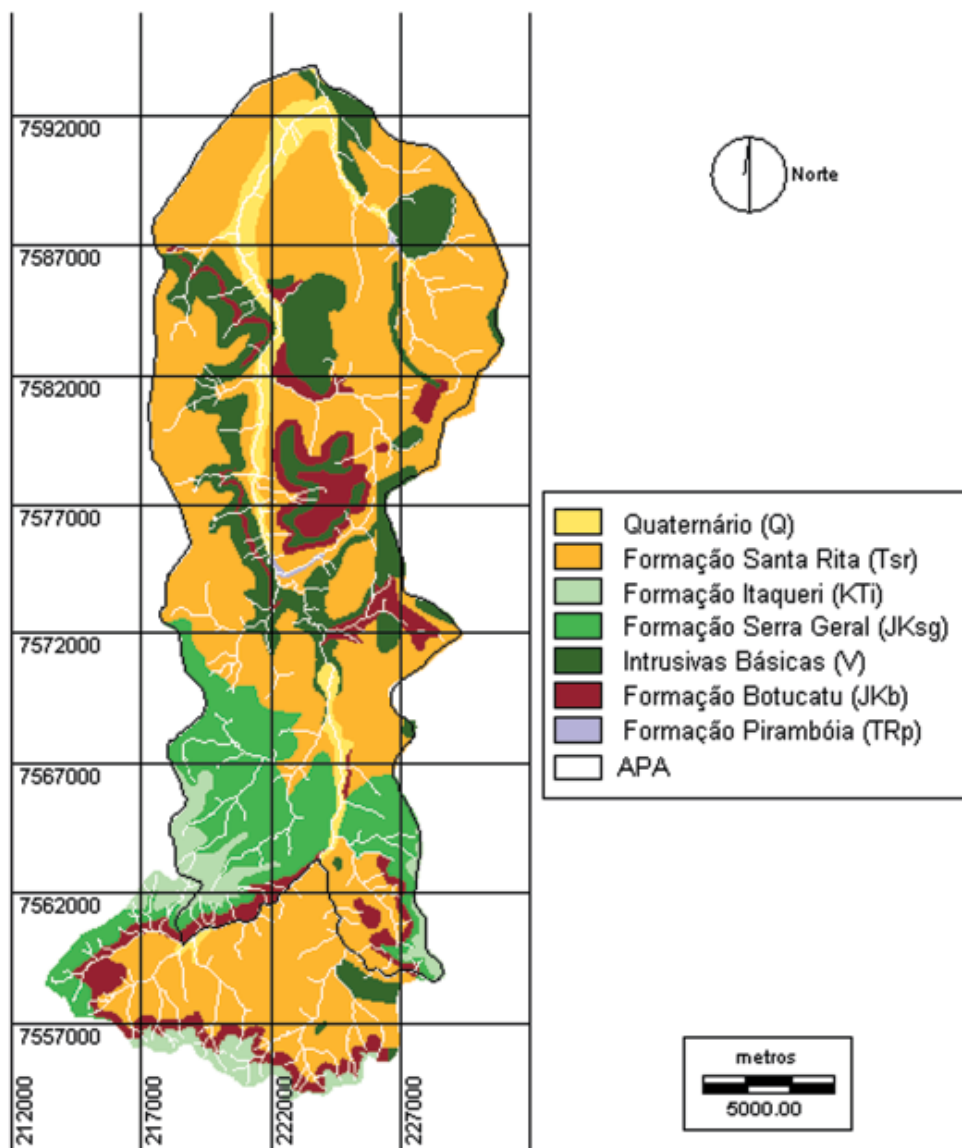
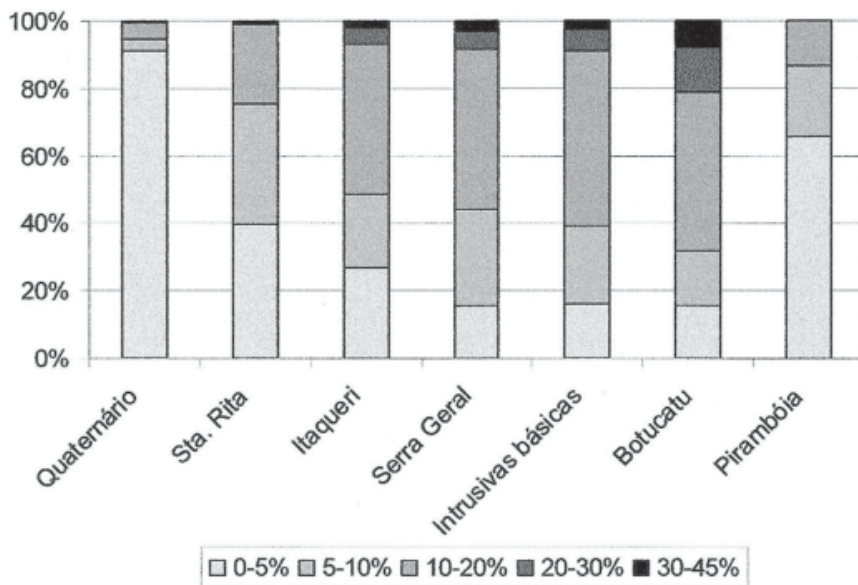


Figura 3 - Carta de Formações Geológicas de Superfície da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano

O substrato arenítico da Formação Botucatu, ocupando em torno de 9% da AE, ocorre nas áreas de declividade mais acentuada, sendo que no sul da bacia, ele aparece em associação com a Formação Itaqueri. Enquanto, os Depósitos do Quaternário - perfazendo um total de 5%, se encontram nas áreas mais planas, com declives de até 5%, onde se localizam as planícies aluviais (Figura 4).

A Formação Serra Geral, cobrindo 12% da AE, também ocorre na porção inferior da bacia em associação com a Formação Botucatu, aparecendo em áreas que variam de 10 a 45% de declividade.



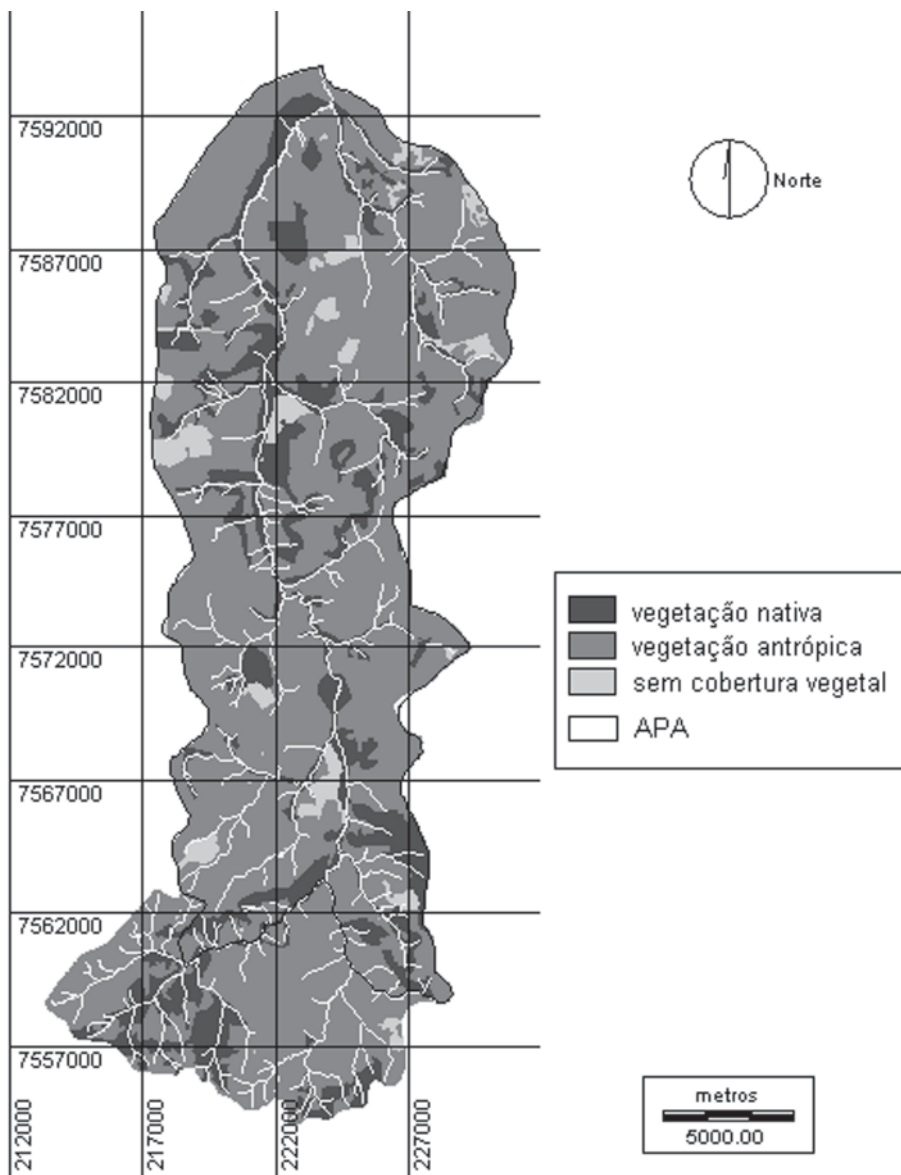
**Figura 4 - Proporção das formações geológicas sobre as categorias de declividade**

Quanto ao mapeamento do uso e ocupação atual do solo, inicialmente foram identificadas onze classes que posteriormente foram agrupadas em apenas três (vegetação nativa, vegetação antrópica e áreas sem cobertura vegetal), visando facilitar a delimitação das UP existentes na bacia (Figura 5).

A atividade antrópica corresponde a pouco mais de 79% da AE, sendo composta principalmente por atividades agropecuárias que abrangem a agricultura permanente e temporária e as áreas de pastagem; assim como as atividades de silvicultura, onde predominam os reflorestamentos de eucalipto.

Os remanescentes de vegetação nativa ocupam 20% da AE 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 possuem a maior proporção em relação à área total da bacia.

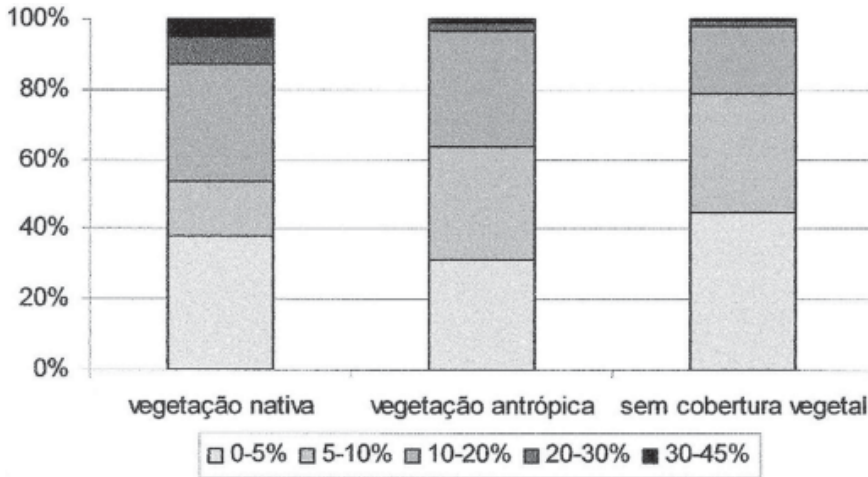




**Figura 5 - Carta de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano**

Relacionando-se o tipo de cobertura vegetal com as diferentes classes de declividade, constata-se que o uso antrópico ocorre principalmente sobre terrenos com até 20% de declividade, enquanto nas áreas acima de 30%, ainda é predominante a presença da vegetação nativa. As áreas sem cobertura vegetal, compostas pelas categorias: solo ex-

posto e corpos d'água correspondem a pouco mais de 1.500ha e, como o uso antrópico, estão concentradas nos terrenos de menor declividade (Figura 6).



**Figura 6 - Proporção dos tipos de cobertura vegetal sobre as classes de declividade**

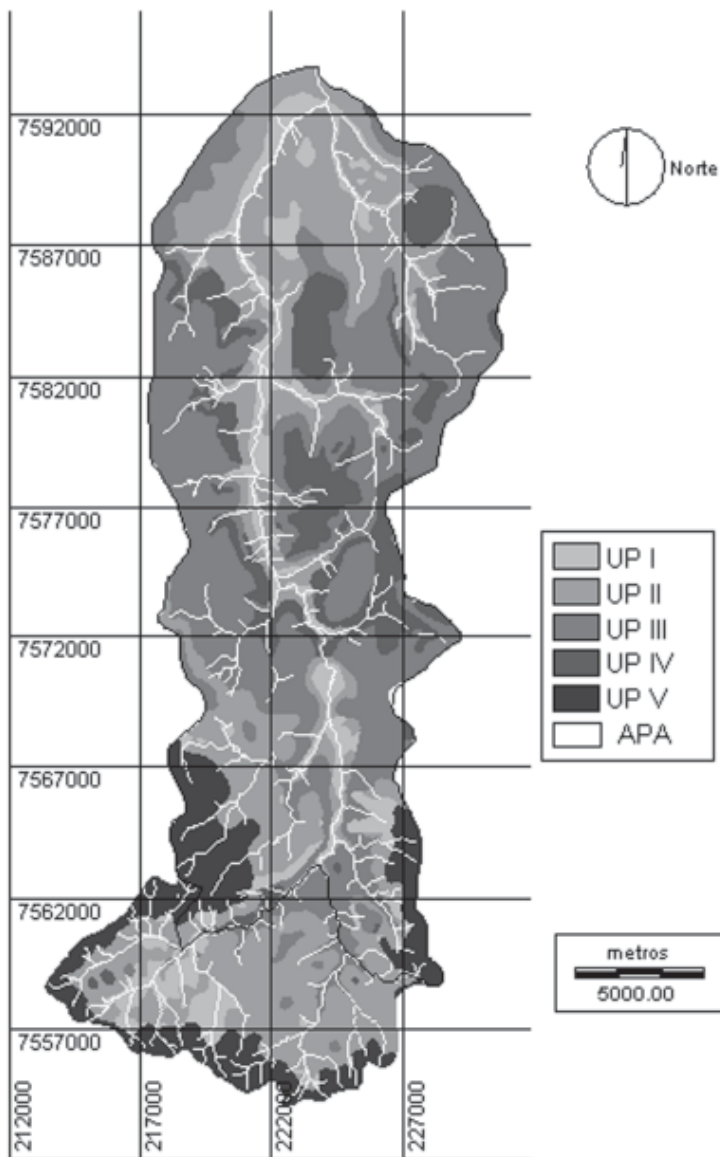
### *Caracterização das unidades de paisagem identificadas na BHRP*

A Carta de Unidades de Paisagem (Figura 7) foi elaborada a partir do cruzamento dos mapas de relevo, geologia e cobertura vegetal, o que permitiu a distinção de cinco unidades homogêneas. São elas:

- U P I: terras baixas com vegetação nativa;
- U P II: relevo suavizado com usos diversos;
- U P III: relevo ondulado com cultivos agrícolas;
- U P IV: relevo movimentado ocupado por atividades antrópicas;
- U P V: região de cuesta com fragmentos de mata.

A análise da figura 7 mostra a existência de um padrão de paisagem na BHRP, onde se pode identificar a presença da matriz constituída pelas unidades II e III, que por sua vez se encontram ocupadas pela cana-de-açúcar e recobrem a maior parte da bacia. As áreas antrópicas como os cultivos de laranja, solo exposto e reflorestamentos representam uma parte das manchas destacadas da matriz adjacente e os corredores são representados pela mata ciliar que corta a bacia no sentido norte-sul, interligando as manchas de cerrado e mata mesófila.

Rodrigues e Nave (2001) destacam a importância ecológica das matas ciliares como corredores de interligação entre diferentes unidades fitogeográficas, proporcionando o contato florístico destas unidades. Este mesmo padrão de corredores interligando remanescentes de vegetação nativa foi encontrado por Cardoso-Leite et al. (2005) na Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá (SP).



**Figura 7 - Carta de Unidades de Paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano**

A UPI abrange, no domínio das planícies, cerca de 10% da bacia sobre as menores elevações do terreno existentes nos depósitos recentes do Quaternário e Formação Santa Rita, e cujos declives são bastante suavizados (até 10%). Esta unidade se destaca pelo seu valor ecológico, uma vez que é coberta, principalmente, por fragmentos de mata

mesófila (36,4%), mata ciliar (42,5%) e cerrado (21%), o qual não pôde ser diferenciado em suas diversas fisionomias durante a interpretação da imagem de satélite. Porém, durante o trabalho de campo, pôde-se observar a presença do Cerrado *sensu stricto*, formado por arbustos e arvoretas em grande adensamento e do Campo cerrado, com o predomínio do estrato herbáceo-subarbutivo.

Autores como Mantovani e Martins (1993) e Pivello et al. (1998) destacam a importância ecológica dos remanescentes de cerrado no Estado de São Paulo, uma vez que estes representam áreas marginais disjuntas, no limite sul da distribuição de várias espécies de sua área nuclear, contendo peculiaridades florísticas devido à influência dos campos meridionais. Além disso, a UP I também apresenta áreas com potencial de recarga de aquífero profundo, de grande importância ambiental, assim com uma cachoeira de 42m de altura, conhecida como Salto do Pântano, bastante conhecida na região por suas qualidades cênicas e potencial turístico (CÂMARA MUNICIPAL DE DESCALVADO, 2008).

A UP II, ocupando 33% da área, foi distinta da UP III, com 36% da área, em função do tipo de cobertura vegetal e forma de relevo, já que a primeira é formada pela parte rebaixada da bacia, onde predominam as planícies situadas sobre a formação Santa Rita, enquanto a segunda se caracteriza pelo predomínio de colinas e está coberta por usos diversos, inclusive vegetação nativa.

Na UP III, a mata mesófila – denominada Floresta Estacional Semidecidual, é composta por árvores com altura superior a 15m, formando um dossel contínuo, enquanto a mata ciliar – denominada Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, é formada por árvores em torno de 10m de altura.

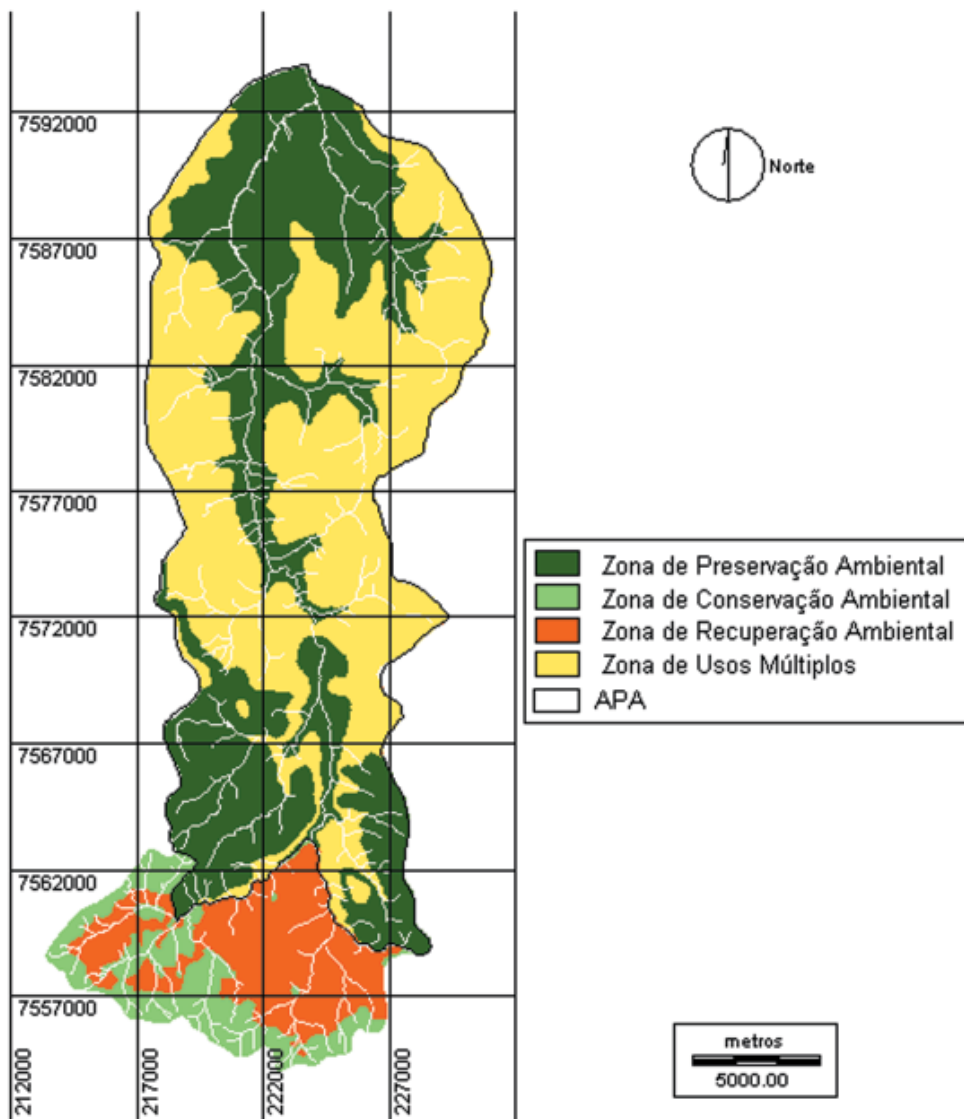
De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a UP IV, com 11% da AE, apresenta um relevo bem movimentado, formado por colinas (81,5%), morrotes (13,5%) e morros (5%); muitas vezes, ocupados pelo plantio de cana-de-açúcar, uma prática agrícola inadequada para terrenos de declive acentuado. O plantio de cana é o tipo de uso do solo predominante na BHRP (MORAES; LORANDI, no prelo) e, de acordo com estudo realizado por Cañado et al. (2008) no município de Descalvado, as áreas de mananciais próximas aos cultivos de cana e laranja apresentam grande fragilidade à contaminação por pesticidas.

A UP V (10%) corresponde à região de cuesta, forma de relevo de grande valor paisagístico que abriga fragmentos de mata mesófila aparentemente bem preservados, variando entre 3 e 13Km<sup>2</sup>. Nesta unidade ainda estão localizadas as nascentes do Ribeirão do Pântano e alguns de seus afluentes como os córregos da Pedreira, Pinheirinho e Montes Claros.

Comparando-se as Cartas de Uso e Ocupação do Solo da BHRP em 1972 com 2006 (MORAES e LORANDI, no prelo), verifica-se que houve um balanço positivo na ocorrência da mata mesófila para o ano de 2006, evidenciando que houve uma agregação de áreas. Isso indica que, ao lado do processo de fragmentação, existe um movimento contrário de regeneração de áreas de vegetação natural. Este mesmo padrão de regeneração foi encontrado por Jorge e Moreira (2000) ao estudarem os padrões de fragmentação na cuesta de Botucatu (SP), nos períodos de 1986 e 2003.

### *Proposta de zoneamento ambiental para a BHRP*

O cruzamento da Carta de Unidades de Paisagem (Figura 7) com as informações sobre a legislação ambiental correlata e os dados de risco ambiental relativo à perda de fragmentos florestais permitiu a elaboração da Carta de Zoneamento Ambiental (Figura 8).



**Figura 8- Carta de Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano**

Em síntese, o zoneamento proposto trata da compartimentação da BHRP em zonas destinadas à proteção de seus recursos naturais, recuperação das áreas degradadas e delimitação daquelas onde as atividades antrópicas ficam permitidas. Assim, com base nas características da AE, propõe-se a divisão da bacia em 4 zonas. Na tabela 1 observa-se a distribuição do uso do solo em relação ao zoneamento proposto.

**Tabela 1 - Área absoluta (ha) e relativa (%) dos diferentes tipos de uso do solo na BHRP em 2006 por zonas ambientais**

Uso e Ocupação do Solo em 2006	Preservação Ambiental Área		Conservação Ambiental Área		Recuperação Ambiental Área		Usos Múltiplos Área	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Mata ciliar	1545.21	10.48	17.21	0.55	45.06	1.05	713.83	4.19
Mata mesófila	1138.26	7.72	1401.45	44.51	57.68	1.34	1533.94	9.00
Cerrado	1121.23	7.61	9.19	0.29	2.07	0.05	267.24	1.57
Cana-de-açúcar	3374.51	22.89	47.59	1.51	802.71	18.64	3909.16	22.96
Laranja	1136.19	7.71	292.91	9.30	243.62	5.65	2110.06	12.39
Eucalipto	113.47	0.77	51.10	1.62	62.73	1.45	660.66	3.88
Pastagem	1665.26	11.29	305.18	9.69	1811.99	42.05	1358.36	7.98
Solo exposto	551.06	3.74	0.18	0.00	57.95	1.34	860.75	5.05
Usos diversos	4057.97	27.54	1017.39	32.31	1224.16	28.41	5591.64	32.85
Represa	29.29	0.19	7.01	0.22	0.99	0.02	20.94	0.13
Pesque-pague	8.65	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>14741.21</b>	<b>100.00</b>	<b>3149.21</b>	<b>100.00</b>	<b>4308.96</b>	<b>100.00</b>	<b>17025.73</b>	<b>100.00</b>

A Zona de Preservação Ambiental (ZPA) - com 38% da BHRP, é composta principalmente pelas unidades I, II e V que representam áreas de expressivo significado ecológico. Atualmente, tais áreas estão cobertas pelos fragmentos de cerrado (1.121ha) e por matas mesófila (1.138ha) e ciliar (1.545ha). Além da vegetação nativa, 30% da ZPA são ocupados pela atividade agrícola e 11% correspondem às áreas de pastagem. Também foram identificados cerca de 1.100ha de eucalipto, no entanto, acredita-se que com o manejo adequado, a floresta pode se recuperar, uma vez que durante o trabalho de campo foi detectada a presença de sub-bosque com espécies nativas.

Na ZPA existem mais de 140.00ha de áreas protegidas pela legislação ambiental, entre elas as Áreas de Preservação Permanente (APP), as Áreas de Proteção Máxima (APM) e a Área de Proteção Ambiental (APA) de Descalvado. No entanto, parte da área correspondente à UPV encontra-se fora dos limites da APA, fato que deveria ser revisto, uma vez que esta área apresenta um grande fragmento de mata mesófila, importante do ponto de vista ecológico, em função de seu bom estado de conservação.

A ZPA também apresenta um alto potencial de risco à perda de fragmentos de vegetação nativa, já que quase 68% da mesma é composta por fragmentos acima de 13Km<sup>2</sup>, o que corresponde, numa escala de 1 a 7, à um potencial entre 6 e 7. Logo, sugere-se que as áreas que compõem a mesma fiquem isentas de qualquer atividade que possa prejudicar o equilíbrio de seus ecossistemas.

A Zona de Conservação Ambiental (ZCA), com 7% da AE, é formada pelas unidades I e V, apresentando mais de 1.400ha de mata mesófila. O uso do solo, assim como acontece na ZPA, também corresponde às atividades antrópicas que compreendem os cultivos agrícolas, os reflorestamentos de eucalipto e as áreas de pastagem. 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 (99%), já que está inserida na

APA, enquanto a segunda possui apenas 2.000ha de áreas protegidas na forma de APP e APM.

Com relação aos riscos ambientais, a ZCA apresenta um potencial de risco médio (5); assim, acredita-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) – formada pelas unidades II e III, possui 11% da área total da bacia e foi delimitada em função da necessidade do restabelecimento das áreas já degradadas e daquelas que estão em processo de degradação, uma vez que apresentam potencial de risco ambiental variando entre 5 e 6. Quanto ao uso e ocupação do solo, a ZRA apresenta 42% da sua área coberta por pastagens e 18% por cultivos de cana-de-açúcar. E como esta zona não está inserida na APA, apesar de possuir APP e APM, merece atenção especial por parte da administração pública, em função da importância regional de suas características ambientais, como as áreas com potencial de recarga de aquífero profundo.

A Zona de Usos Múltiplos (ZUM) corresponde a 44% da bacia e é composta pelas unidades III e IV. Essa zona recebeu esta denominação por apresentar potencial de risco variando de 1 a 3, e por apresentar as maiores áreas destinadas às atividades antrópicas, as quais requerem medidas menos restritivas de controle ambiental para o desenvolvimento das atividades humanas atuais e futuras. No entanto, a ZUM está integralmente inserida na APA e, portanto, é preciso respeitar as restrições legais impostas por esta categoria de unidade de conservação, conforme o disposto na Resolução CONAMA 10/88.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração do cenário ambiental da BHRP - obtido a partir da espacialização das unidades de paisagem que a compõem, pôde ser realizada de forma suficientemente rápida e precisa, a partir da aplicação de uma metodologia de abordagem sintética e, através da utilização da ferramenta de tabulação cruzada (*crosstab*) do SIG *Idrisi*.

A paisagem da bacia é marcada por um padrão de mosaicos compostos pela matriz – ocupada em grande parte pela cana-de-açúcar, por manchas antrópicas (cultivos de laranja, solo exposto e reflorestamentos) e manchas naturais (cerrado e mata mesófila), interligadas por corredores de mata ciliar.

Acredita-se que o produto cartográfico final elaborado (Carta de Zoneamento Ambiental) vem ao encontro dos anseios da comunidade ambientalista da APA de Descalvado, no sentido de trazer à tona a necessidade da criação de mecanismos de conservação e preservação dos ecossistemas da região, bem como possibilitar à comunidade um crescimento social e econômico sustentado. Desse modo, os resultados atingiram as metas pretendidas dentro da escala apresentada, uma vez que o zoneamento como um todo é dinâmico e, portanto, sujeito a constantes aperfeiçoamentos.

Cabe, a partir deste estudo, estabelecer, no futuro, as normas e diretrizes de uso relativo a cada zona ambiental, fornecendo sugestões para as principais categorias de uso definidas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores externam seus agradecimentos à FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pela concessão da bolsa de pós-doutorado ao primeiro autor e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do trabalho de campo, assim como, o apoio da Universidade Federal de São Carlos e da Universidade Estadual de Santa Cruz.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, T.S.; FERREIRA, M.C. Efeitos da resolução espacial na quantificação de métricas utilizadas em ecologia da paisagem: um caso de estudo para paisagens ripárias. **Geografia**, Rio Claro, v. 29, n. 3, p. 411-430, 2004.

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

CÂMARA MUNICIPAL DE DESCALVADO. **História. Dados complementares**. Disponível em: [http://www.descalvadocamara.com.br/hist\\_dados\\_complementares.asp](http://www.descalvadocamara.com.br/hist_dados_complementares.asp). Acesso em: 14 abril 2008.

CANÇADO, C.J.; LORANDI, R.; MENDES, R.M.; MORAES, M.E.B. Estudo da vulnerabilidade de contaminação de aquíferos por pesticidas no município de Descalvado (Brasil). In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, 11., Coimbra, 2008. **Anais do XI Congresso Nacional de Geotecnia: a geotecnia portuguesa e os desafios da globalização...** Coimbra: Sociedade Portuguesa de Geotecnia, 2008. Vol. IV, p. 277-284.

CARDOSO-LEITE, E.; PAGANI, M.I.; MONTEIRO, R.; HAMBURGER, D. Ecologia da paisagem: mapeamento da vegetação da Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.19, n. 2, p. 233-243, 2005.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: [http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_153.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_153.html) Acesso em: 22 agosto 2007.

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

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

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.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo, Quadrícula São Carlos (SF-23-Y-A-I-4)**. Campinas: IAC, 1981. 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: IAC, 1982. Escala 1:100.000.



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. **Mapa Geológico – Folha Luis Antonio (SF-23-V-C-IV-2)**. São Paulo, 1984a. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Mapa Geológico – Folha Descalvado (SF-23-V-C-IV-4)**. São Paulo, 1984b. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico. **Mapa Geológico – Folha Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2)**. São Paulo, 1984c. 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.

JORGE, L.A.B.; MOREIRA, M.P. Padrões da fragmentação de habitat na cuesta de Botucatu (SP). **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 141-157, 2000.

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.

MANTOVAI, W.; MARTINS, F.R. Florística do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. **Acta Botânica Brasilica**, v. 7, p. 33-59, 1993.

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

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORAES, M.E.B. **Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na Bacia do Rio Bonito (SP)**, 2003. 130p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

MORAES, M.E.B.; LORANDI, R. Diagnóstico socioeconômico dos municípios da bacia hidrográfica do ribeirão do Pântano (SP). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**. (no prelo).

MORAES, M.E.B.; LORANDI, R. Análise do processo de ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pântano (SP, Brasil). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**. (no prelo).

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

NUCCI, J.C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Estudos Geográficos - Revista Eletrônica Geografia**, v. 2, n. 1, p. 77-99, 2007.

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.; BITENCOURT, M.D.; MANTOVANI, W.; MESQUITA JUNIOR, H.N.; BATALHA, M.A.; SHIDA, C.N. 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, 1988.

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.

REIS JÚNIOR, D.F.; HUBSCHMAN, J. Pensamento geossistêmico oriental (voz e reverberação). **Geografia**, v. 32, n. 3, p. 555-569, 2007.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares – conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001.

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.

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

ZUQUETTE, L.V. **Mapeamento geotécnico preliminar da região de São Carlos**. São Carlos, 1981. 2v. 86p. + 8 mapas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1981.

Recebido em junho de 2008

Revisado em setembro de 2009

Aceito em abril de 2009