

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DAS ANTAS UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

ALEX BORGHETTI

**Cascavel – Paraná – Brasil
Dezembro – 2006**

ALEX BORGHETTI

**CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DAS ANTAS UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Moisés
Ferreira de Queiroz.

**Cascavel – Paraná – Brasil
Dezembro – 2006**

ALEX BORGHETTI

**CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DAS ANTAS UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, aprovada pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Benedito Martins Gomes
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof^ª. Dra. Kátia Valeria Marques Cardoso Prates
Gestão Ambiental, UTFPR/Campo Mourão

Cascavel, 18 de dezembro de 2006.

A todos que apoiaram e incentivaram na decisão de desenvolver este estudo, me proporcionando um crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

À minha família que nunca deixou de acreditar que a realização deste trabalho seria possível

À Camila Raquel Valcarenghi, pela paciência nas horas de estudo e pesquisa.

Ao meu orientador, Professor Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, pelo auxílio e principalmente pela ajuda nos momentos difíceis.

À Secretaria de Planejamento, em especial ao Engenheiro Orlei Mendes de Oliveira, pelo apoio.

Ao Engenheiro Ronald Peixoto Drabick, pela confiança no trabalho desenvolvido.

Aos Professores Dr^a Ligia Eleodora Francovig Rachid e Francisco Henrique de Oliveira, que me incentivaram a trabalhar nesta área.

Aos acadêmicos de engenharia civil da UNIOESTE: Douglas, Gianfranco e Cleyder, pela contribuição na coleta dos dados.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 O PROBLEMA AMBIENTAL	3
2.2 BACIA HIDROGRÁFICA	4
2.2.1 Uso e Ocupação do Solo	5
2.3 PRESERVAÇÃO PERMANENTE	6
2.4 CARTOGRAFIA	7
2.4.1 Cartografia Temática	8
2.5 GEOPROCESSAMENTO	8
2.5.1 Tipos de Dados	10
2.5.2 Sensoriamento Remoto.....	10
2.5.3 Imagem de Satélite	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.1.1 Fatores Climáticos.....	15
3.2 BASE DE DADOS	15
3.2.1 Fase de Inventário.....	15
3.2.2 Tratamento e Manipulação dos Dados.....	16
3.2.3 Aquisição da Imagem de Satélite da Área Rural.....	17
3.2.4 Classificação do Uso do Solo.....	23
3.2.5 Cruzamento dos Dados e Produção de Mapas Temáticos	25
3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 ÍNDICES FÍSICOS DA BACIA DO RIO DAS ANTAS.....	28
4.2 DIVISÃO DAS ÁREAS	30

4.3	MAPA DE ALTIMETRIA E HIPSOMETRIA	33
4.4	MAPA DE DECLIVIDADE	34
4.4.1	Declividade Fragmentada nos Quatro Setores	35
4.5	MAPA DE GEOMORFOLOGIA	37
4.5.1	Geomorfologia Fragmentada em Quatro Setores	39
4.6	MAPA DE USO DO SOLO	41
4.6.1	Uso do Solo no Setor Rural.....	43
4.7	RELAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA E USO DO SOLO.....	45
4.7.1	Uso do Solo na Classe I – Geomorfologia	45
4.7.1.1	Uso do solo na classe I - setor rural	48
4.7.2	Uso do Solo na Classe II – Geomorfologia	49
4.7.2.1	Uso do solo na classe II - setor rural	52
4.7.3	Uso do Solo na Classe III – Geomorfologia	54
4.7.3.1	Uso do solo na classe III - setor rural	56
4.7.4	Uso do Solo na Classe IV – Geomorfologia	58
4.7.5	Uso do Solo na Classe VI – Geomorfologia	59
4.7.5.1	Uso do solo na classe VI - setor rural.....	62
4.8	RELAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA COM OS CURSOS D'ÁGUA	64
4.9	RELAÇÃO DO USO DO SOLO E OS CURSOS D'ÁGUA	65
4.9.1	Uso do Solo na Zona 1.....	66
4.9.1.1	Uso do solo na zona 1 - setor rural	67
4.9.2	Uso do Solo na Zona 2.....	69
4.9.3	Uso do Solo na Zona 3.....	71
4.9.4	Uso do Solo na Zona 4.....	73
4.10	RESERVA LEGAL.....	74
5	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS.....	78
	APÊNDICES	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices usados para caracterizar a forma da bacia	28
Tabela 2 - Fragmentação da bacia em quatro setores	32
Tabela 3 - Classes de declividade e relação com área total	34
Tabela 4 - Classes de declividade no setor urbano da bacia	36
Tabela 5 - Classes de declividade no setor alto da bacia	36
Tabela 6 - Classes de declividade no setor mediano da bacia.....	36
Tabela 7 - Classes de declividade no setor baixo da bacia.....	37
Tabela 8 - Classes de geomorfologia inseridas na bacia hidrográfica	38
Tabela 9 - Classes de geomorfologia no setor urbano da bacia	39
Tabela 10 - Classes de geomorfologia no setor alto da bacia.....	39
Tabela 11 - Classes de geomorfologia no setor mediano da bacia.....	40
Tabela 12 - Classes de geomorfologia no setor baixo da bacia	40
Tabela 13 - Classes de uso do solo no setor urbano da bacia.....	42
Tabela 14 - Classes de uso do solo na parcela rural da bacia.....	43
Tabela 15 - Classes de uso do solo no setor alto da bacia	44
Tabela 16 - Classes de uso do solo no setor mediano da bacia	44
Tabela 17 - Classes de uso do solo no setor baixo da bacia	45
Tabela 18 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor urbano	46
Tabela 19 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - área rural.....	47
Tabela 20 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor alto	48
Tabela 21 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor mediano	49
Tabela 22 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor baixo.....	49
Tabela 23 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor urbano	50
Tabela 24 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - área rural.....	51
Tabela 25 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor alto	52
Tabela 26 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor mediano	53
Tabela 27 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor baixo.....	53
Tabela 28 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor urbano	55
Tabela 29 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - área rural.....	55
Tabela 30 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor alto	57

Tabela 31 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor mediano	57
Tabela 32 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor baixo.....	58
Tabela 33 - Uso do solo na classe IV (geomorfologia) - setor urbano.....	59
Tabela 34 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor urbano.....	60
Tabela 35 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - área rural	61
Tabela 36 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor alto	62
Tabela 37 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor mediano	63
Tabela 38 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor baixo	63
Tabela 39 - Discriminação da geomorfologia na faixa 1	64
Tabela 40 - Discriminação da geomorfologia na faixa 2.....	64
Tabela 41 - Discriminação da geomorfologia na faixa 3.....	65
Tabela 42 - Zonas de afastamento em relação ao curso d'água.....	66
Tabela 43 - Uso do solo na zona 1 - setor urbano	66
Tabela 44 - Uso do solo na zona 1 - área rural	67
Tabela 45 - Uso do solo na zona 1 - setor alto.....	68
Tabela 46 - Uso do solo na zona 1 - setor mediano.....	68
Tabela 47 - Uso do solo na zona 1 - setor baixo	69
Tabela 48 - Uso do solo na zona 2 - setor urbano	69
Tabela 49 - Uso do solo na zona 2 - área rural	70
Tabela 50 - Uso do solo na zona 3 - setor urbano	71
Tabela 51 - Uso do solo na zona 3 - área rural	72
Tabela 52 - Uso do solo na zona 4 - setor urbano	73
Tabela 53 - Uso do solo na zona 4 - área rural	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da bacia hidrográfica do Rio das Antas.	14
Figura 2 -	Detalhe das informações contidas nas cartas topográficas.	16
Figura 3 -	Diferença da qualidade das imagens de satélite urbana e rural..	17
Figura 4 -	Grade de referência para captura da imagem rural.....	19
Figura 5 -	Detalhe da área útil de uma das 122 telas capturadas.	20
Figura 6 -	Identificação dos pontos de controle capturados.	21
Figura 7 -	Pontos de GPS localizados na imagem e rastreados no campo. 22	
Figura 8 -	Sobreposição da imagem existente à imagem da área rural.	22
Figura 9 -	Vetorização das classes de uso do solo sobre a imagem.....	24
Figura 10 -	Informações tabulares relacionadas à entidade gráfica.	25
Figura 11 -	Execução do comando e união de dois temas no ArcView.....	26
Figura 12 -	Valores para o cálculo da largura média da bacia.....	27
Figura 13 -	Nomenclatura e ordem dos cursos d'água da bacia.	29
Figura 14 -	Perfil longitudinal e declividade do Rio das Antas.....	30
Figura 15 -	Divisão das áreas e imagens da bacia hidrográfica.	31
Figura 16 -	Cobertura da bacia hidrográfica por imagem de satélite.	31
Figura 17 -	Divisão da bacia hidrográfica em quatro setores.....	32
Figura 18 -	Mapa da altimetria e hipsometria da bacia hidrográfica.	33
Figura 19 -	Mapa temático da declividade da bacia hidrográfica.....	35
Figura 20 -	Mapa temático das classes de geomorfologia da bacia.	38
Figura 21 -	Mapa temático do uso do solo na bacia hidrográfica.	41
Figura 22 -	Discriminação do uso do solo na classe I da geomorfologia.....	46
Figura 23 -	Forma de ocupação na classe I da geomorfologia.....	47
Figura 24 -	Discriminação do uso do solo na classe II da geomorfologia.	50
Figura 25 -	Forma de ocupação da classe II da geomorfologia.....	51
Figura 26 -	Discriminação do uso do solo na classe III da geomorfologia.	54
Figura 27 -	Forma de ocupação da classe III da geomorfologia.....	56
Figura 28 -	Discriminação do uso do solo na classe IV da geomorfologia. ...	58
Figura 29 -	Forma de ocupação da classe IV da geomorfologia.	59
Figura 30 -	Discriminação do uso do solo na classe VI da geomorfologia. ...	60

Figura 31 - Forma de ocupação da classe VI da geomorfologia.	61
Figura 32 - Zonas de influência para verificação do uso do solo.....	65
Figura 33 - Forma de ocupação na zona 1.....	67
Figura 34 - Forma de ocupação na zona 2.....	70
Figura 35 - Forma de ocupação na zona 3.....	72
Figura 36 - Forma de ocupação na zona 4.....	74

CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

RESUMO

Este trabalho objetivou a caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio das Antas, localizada no município de Cascavel – PR, a qual possui uma área de 134,53 km², dividida entre área urbana (21%) e rural (79%). Na coleta, manipulação e representação dos dados referentes ao uso do solo, geomorfologia e preservação dos corpos d'água foram utilizados: cartografia digital, sistemas de informações geográficas (SIG) e imagens de satélite de alta resolução espacial. As classes de uso do solo foram vetorizadas sobre a imagem de satélite que, na área rural foi capturada na internet e georreferenciada por meio de pontos de controle rastreados por GPS. Como resultados foram produzidos mapas temáticos nos quais a quantificação e a visualização das características puderam ser analisadas. Em relação à geomorfologia, a bacia apresentou 74,2% da área inserida nas classes I e II (topos convexos e encostas suaves). Considerando o uso do solo na parte urbana, 73,0%, da área está ocupada por classes relacionadas à urbanização. Na parte rural, a classe agricultura é predominante: 80,3%. Na verificação da Área de Preservação Permanente - APP, a parcela rural possui somente 55,6% da área formada por mata ciliar, e no perímetro urbano o percentual é reduzido para 24,5%. A falta de consciência ambiental é confirmada pela quantificação da reserva legal, que possui somente 34,8% da respectiva área ocupada pelas classes de vegetação. Com base nestes parâmetros, foi possível analisar o espaço físico da bacia hidrográfica, contribuindo para o processo de gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Adequação ambiental, uso do solo, sistemas de informações geográficas.

CHARACTERIZATION GEOENVIRONMENTAL OF THE WATERSHED OF THE ANTAS RIVER USING TOOLS OF GEOPROCESSING

ABSTRACT

The main goal of this paper it is to characterize the geoenvironmental of the hydrographic basin in Antas River, which is located in the city of Cascavel – PR. The total area it is 134.53 km², divided in 21% of urban area and 79% of rural area. During the collection, manipulation and presentation of all the data related to the usage of soil, geomorphology and the conservation of the water's bodies had been used: cartographic and geographic information system (GIS) and images of satellite with high space resolution. All the way the soil was capture from the satellite image the rural area it was captured in the internet and georeferenced through control points traced by GPS. All the outcome was produced by thematic maps where was possible analyze the quantity and visualized the detail. Related to geomorphology, the basin showed 74.2% of the area insert in level I and II (convex top and soft slope). Considering the used of soil in the urban area 73.0%, is being occupied for related urbanization level in the rural area, the agriculture with 80.3%. The verification of APP (Area of Preservation Permanent) the rural area has only 55.6% of the area was formed for gallery forest, the urban perimeter percent was reduce 25.5%. The shortage ambient confirmed the quantities of the legal reserve that have only 34.8% of the area was occupied for vegetation. Using those perimeters it was possible to evaluate the physic space of the basin hydrographic, helping the process of hydrous assets.

Key-word: Environmental adaptation, use of the soil, systems of geographical information.

1 INTRODUÇÃO

Os temas relacionados à gestão ambiental têm sido amplamente discutidos, em nível mundial, principalmente, o uso racional da água. O gerenciamento dos recursos hídricos engloba aspectos qualitativos e quantitativos e sua necessidade é premente em função do aumento do consumo e da escassez de água.

Buscando formas de entender e solucionar problemas causados pela degradação do meio ambiente, em virtude da urbanização e da industrialização, vários estudos vêm sendo desenvolvidos, buscando um maior conhecimento sobre a realidade das bacias hidrográficas, que podem ser consideradas como áreas de referência para nortear pesquisas relacionadas ao campo dos recursos hídricos.

Como as variáveis relacionadas à hidrologia sofrem influência direta da ação da gravidade, tudo que ocorre nos locais mais elevados, é transferido para pontos de menor altitude, provocando escoamento superficial no terreno, que é influenciado por três fatores principais: tipo de solo, situação da topografia e ocupação do solo.

Quantificando essas variáveis é possível obter informações que podem ser usadas como base na comparação e identificação dos locais cujo potencial para que ocorram problemas relacionados à degradação dos recursos hídricos é maior. Como áreas que possuem declividade acentuada e formas de ocupação que geram aumento na velocidade das águas ou transporte de sedimentos para o leito dos rios.

Como todos esses problemas ocorrem dentro dos limites físicos das bacias hidrográficas, elas devem ser entendidas como uma unidade territorial em que, tudo o que ocorre em seu interior é transferido para os locais com altitudes mais baixas.

Segundo SANTOS e ANDRADE (2005), as técnicas de geoprocessamento auxiliam na obtenção e transformação das informações

referentes à gestão de bacias hidrográficas, fornecendo aos planejadores a base técnica necessária para o gerenciamento, tanto dos recursos hídricos quanto de outros recursos ambientais.

As características geoambientais representam os elementos naturais que compõem o meio físico, como a fisiografia, geologia, geomorfologia, pedologia e os aspectos climáticos, os quais são a base para o entendimento da estruturação e organização do espaço físico (CRISÓSTOMO, 2003).

Neste sentido, estabeleceu-se como objetivo para este trabalho fazer a caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio das Antas, buscando subsídios que representem a realidade da bacia, para serem utilizados como ferramenta para a tomada de decisões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O PROBLEMA AMBIENTAL

Apesar da falta de água ser tema de debates mundiais, no Brasil, devido à sua grande disponibilidade, os problemas relacionados aos recursos hídricos nunca foram motivo de muita preocupação por parte da população, autoridades e governos (RUHOFF, 2004).

Mas esse cenário de desinteresse vem mudando, nos últimos anos, em função da crescente demanda de água e a multiplicidade de seu uso, que têm provocado crises de escassez e conflitos de interesse. Surgindo, de acordo com AQUINO *et al.* (2005), a necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos, tanto no aspecto qualitativo como no quantitativo.

A gestão adequada dos recursos hídricos vem assumindo grande importância, especialmente em virtude dos problemas gerados pela degradação das águas em áreas de forte concentração urbano-industrial (NAPOLEÃO, 2003).

Para JORGE (2004), o aumento da população nas áreas urbanas e o uso inadequado do meio vêm determinando o interesse para a questão da gestão ambiental, principalmente, em relação à necessidade de se ter um maior conhecimento sobre o meio físico que permita usufruir de suas potencialidades e reconhecer suas limitações.

Os problemas ambientais mais comuns decorrem principalmente do acúmulo de lixo em drenagens urbanas, do desflorestamentos em áreas agrícolas, de enchentes em períodos de chuvas intensas e secas e estiagens em períodos prolongados sem precipitações. O principal problema em relação à água é o descaso e o desperdício. A situação mais comum é a poluição dos recursos hídricos, principalmente por indústrias, nas áreas urbanas e por atividades agrícolas que utilizam excesso de defensivos (RUHOFF, 2004).

Para FERNANDES, CERNESSON e EID (2005), a degradação ambiental, causada principalmente por atividades antrópicas, sem o uso racional dos recursos naturais, principalmente do solo, água e cobertura vegetal, tem gerado sérios problemas, tanto de ordem qualitativa quanto quantitativa, aos cursos d'água.

Um aspecto que pode ser enfatizado é que embora um sistema ambiental tenha um número ilimitado de elementos de análise e inter-relações, ele é controlado por um número relativamente pequeno de processos fundamentais e que podem ser passíveis de análise. A definição de geoindicadores constitui-se como uma alternativa para reduzir esta complexidade, pois possibilita identificar um conjunto reduzido de parâmetros que descrevem um sistema dinâmico e que poderia representar todos os processos que estão inter-relacionados (SOARES *et al.*, 2006).

2.2 BACIA HIDROGRÁFICA

Até a década de 1970, os resultados da ação humana sobre o meio ambiente eram vistos sob a ótica estrita da escala local, como em trechos de rios e áreas agrícolas. Atualmente, os problemas ambientais começam a ser considerados na escala da bacia hidrográfica e até em nível regional e global (RUHOFF, 2004).

Segundo NAPOLEÃO (2003), a adoção da bacia hidrográfica com unidade de planejamento e gestão é de aceitação internacional, pois esse recorte espacial constitui uma unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração como da funcionalidade de seus elementos, mas também porque não há qualquer área que não se integre a uma bacia.

Os problemas decorrentes do processo de urbanização são transferidos a jusante da bacia hidrográfica, ou seja, para a área rural, promovendo danos ambientais em função dos altos valores de volume, velocidade da água e ocorrência de cheias.

Para VILLELA e MATTOS (1975), a bacia hidrográfica é controlada por um divisor, assim designado por ser uma linha de separação que divide as precipitações que caem em bacia vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial, cujo divisor segue uma linha rígida em torno da bacia, atravessando o curso d'água somente no ponto de saída.

CARVALHO e CHAUDRHY (2001) analisaram os hidrogramas unitários e os fatores que os determinam, das bacias hidrográficas do Ribeirão Palmital e do Ribeirão Pirapitingui, com áreas de 38 Km² e 67 Km², respectivamente, localizadas na Zona do Médio Vale do Paraíba – SP. Observaram que a forma do hidrograma foi afetada pelas características físicas da bacia e pelas condições em que as elas se encontram no momento da tempestade, cujo fator principal de alteração foi a intensidade precipitada.

GALVÍNCIO e SOUSA (2004) obtiveram, de forma automática, as seguintes características físicas da bacia hidrográfica: inclinação, direção de fluxo, comprimento dos cursos de água, áreas de drenagem da bacia e sub-bacias.

2.2.1 Uso e Ocupação do Solo

Segundo PAIVA e PAIVA (2003), as mudanças no uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica são decorrentes, principalmente, das atividades antrópicas, tais como o desmatamento e a urbanização, entre outras. Gerando impactos consideráveis sobre o seu comportamento hidrológico, em particular no que se refere à geração de escoamento superficial.

Ainda para esses autores, sob o ponto de vista da gestão da bacia hidrográfica, toda ação de planejamento visando ao ordenamento territorial e, em conseqüência, à atenuação ou eliminação de impactos decorrentes dessas alterações, deve ser precedida de um diagnóstico ou monitoramento do uso e ocupação do solo.

2.3 PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Vegetação ciliar é toda a vegetação florística que margeia riachos, rios, lagos, lagoas e açudes e que ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomórficos. Essas áreas são também conhecidas por alguns autores como zonas ripárias. São sistemas vegetais essenciais ao equilíbrio ambiental e, portanto, devem representar uma preocupação central para o desenvolvimento sustentável. A zona ripária está intimamente ligada ao curso d'água, porém os seus limites não são facilmente demarcados (AQUINO *et al.* 2005).

ANDRADE PINTO *et. al.* (2005) mostraram que na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz (Lavras - MG), com área total de 86,99 km², as áreas de preservação permanente correspondem a 37,5% da área, sendo 20% correspondente à área de Reserva Legal e 17,5% referentes à área de vegetação ciliar.

Cardoso (2004), citado por RODRIGUES (2004), comenta que as principais causas da aceleração do assoreamento de rios, ribeirões, córregos, lagos, lagoas e nascentes estão relacionadas aos desmatamentos, tanto das matas ciliares quanto das demais coberturas vegetais que, naturalmente, protegem os solos.

A exposição dos solos para práticas agrícolas, exploração agropecuária, mineração ou para ocupações urbanas, em geral acompanhadas de movimentação de terra e da impermeabilização do solo, abrem caminho para os processos erosivos e para o transporte de materiais orgânicos e inorgânicos, que são drenados até o depósito final nos leitos dos cursos d'água e dos lagos.

Ainda para AQUINO *et al.* (2005), as matas ciliares estão associadas às variações dos solos, cujos reflexos aparecem nos diversos tipos de formação vegetal, variando desde as de terrenos mais encharcados (floresta paludosa ou mata de brejo) até as de áreas mais secas, em que as florestas apresentam características florísticas e fisionomia distintas, de acordo com o gradiente de umidade e a influência fluvial no solo, até o extremo, em que as

formações do interflúvio chegam até as margens dos cursos d'água, onde o rio e o lençol freático não exercem influência direta.

2.4 CARTOGRAFIA

A comunicação humana era, inicialmente, realizada por meio de símbolos, como as instruções rupestres, que evidenciavam a preocupação do homem em transmitir, para gerações futuras, informações, como os segredos das rotas de caça e a sinalização de zonas de perigo. Dessa forma, com objetivos diversos e principalmente práticos relacionados à rotina diária, foram sendo confeccionados esboços de áreas de interesse. Esses são os exemplos dos primeiros documentos cartográficos (JORGE, 2004).

Para NAPOLEÃO (2003), um campo de estudos de grande importância no âmbito da pesquisa ambiental é a geração de produtos cartográficos, para compreender e integrar as variáveis físicas e sócio-econômicas; projetando o comportamento do ambiente segundo suas reais potencialidades e vulnerabilidades.

Martinelli (1994), citado por JORGE (2004), relata que a representação gráfica da cartografia ambiental possui tríplice função: registrar as informações, processar os dados e denunciar os resultados obtidos a partir das pesquisas, além de propor medidas mitigadoras do impacto identificado.

FERREIRA JÚNIOR (2005) usou base 1:50.000 do IBGE, imagem do satélite *Áster* de 15 m de 2003, classificação supervisionada para dividir o solo em cinco classes: corpos d'água, mata, solo exposto e edificações, pasto, capoeira e cerrado. Fazendo o mapeamento do uso do solo a 1 km do reservatório da usina hidrelétrica de Emborcação (Araguari - MG), numa área de 1.210 km².

2.4.1 Cartografia Temática

NAPOLEÃO (2003) discute sobre a álgebra de mapas, técnica utilizada pelos sistemas de informações geográficas (SIG) na produção de mapas temáticos. É uma excelente técnica para integração de informações ambientais de forma rápida e precisa e torna possível a repetição de procedimentos que visem o aperfeiçoamento da informação a ser elaborada.

2.5 GEOPROCESSAMENTO

Para CHAVES (2005), o geoprocessamento pode ser entendido como uma ferramenta que possibilita como nenhuma outra uma integração e otimização das diversas variáveis e disciplinas envolvidas no planejamento territorial. Possibilita, principalmente, uma análise mais ampla de todo o contexto e permite não apenas a mera descrição dos principais aspectos, mas também a simulação e o estabelecimento das intervenções possíveis para escolha das melhores alternativas.

Todo e qualquer ambiente é caracterizado por uma localização espacial e por um processo dinâmico (que ocorre no tempo), cujas variáveis ambientais se modificam ao longo do tempo e do espaço. Um aspecto inerente ao planejamento ambiental é a questão da espacialidade, que é um dos conceitos-chave do geoprocessamento (RUHOFF, 2004).

Teixeira (1992), citado por ARAÚJO (2004), ressalta que a rápida expansão dos SIG's está relacionada aos avanços da área de computação e de sua grande versatilidade e potencial para a solução de problemas de análise nas mais diversas aplicações temáticas, como estudos de uso da terra, topografia, geologia, análise ambiental, clima, solos, entre outros.

SANTOS e ANDRADE (2005) salientam que o geoprocessamento é uma ferramenta muito utilizada para a gestão de recursos hídricos e do meio ambiente, especificamente na determinação das disponibilidades hídricas e das

condições de utilização de outros recursos naturais, como uso e ocupação dos solos, existência ou não de vegetação, etc., para fins de planejamento e controle do aproveitamento das potencialidades da região.

Um dos aspectos importantes dos dados manipulados em um SIG é que relacionado a um dado geográfico são associadas características descritivas (atributos), constituindo um banco de dados geográfico.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido apontados como ferramentas capazes de estabelecer uma interação progressiva entre os usuários das informações existentes sobre o uso das terras e das águas em bacias hidrográficas, transformando-as em informações de caráter interdisciplinar que subsidiam os diferentes especialistas no planejamento de uso e controle desses recursos, um dos mecanismos da gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente (SANTOS; ANDRADE, 2005).

Em seu estudo, CHAVES *et al* (2002) utiliza o advento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), para facilitar a espacialização de variáveis hidrológicas, explorando ao máximo as informações existentes, a montante e a jusante do ponto de interesse. Essa ferramenta é ainda mais dinâmica quando os procedimentos são automatizados (linguagem de programação).

Para RODRIGUES (2004), embora as ferramentas de geoprocessamento atuais se mostrem mais adequadas ao trabalho com grandes áreas e a imagens de baixa resolução, foram atingidos bons resultados nas análises e no cruzamento dos dados relativos à pequena bacia hidrográfica do Rio Paraopeba, com área de 91,68 Km², localizada no município de Ibité - MG.

ARAÚJO (2004) afirma que o uso das técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto comprovaram que a área de geoprocessamento, vem se consolidando como uma ferramenta fundamental na tomada de decisões em vários segmentos.

2.5.1 Tipos de Dados

Para FERREIRA JÚNIOR (2005), existem dois tipos de formato de armazenamento: *raster* e vetoriais.

Arquivos *raster* são constituídos de pontos individuais chamados de *pixels* que são dispostos de forma regular em uma grade e com tonalidades de cores diferentes que formam padrão. Ao aumentar o *zoom* é possível ver os quadrados individuais que formam a imagem total. O aumento do tamanho de um arquivo *raster* (esticar/ampliar o desenho) tem o efeito de um aumento de *pixels* individuais, isto que faz com que as linhas e formas pareçam serrilhadas.

Arquivos vetoriais são constituídos por vetores que são entidades definidas matematicamente como uma série de pontos unidos por linhas. Cada vetor é uma entidade independente com propriedades como: cor, forma, contorno, tamanho e posição geográfica, inclusa em sua definição.

Todos os arquivos de imagem estão no formato *raster*. A vetorização é o processo de conversão de arquivos *raster* em arquivos vetoriais. As linhas, polígonos, textos e outras informações contidas em um arquivo *raster* são convertidas em entidades matemáticas que podem ser entendidas e quantificadas por um *software*.

2.5.2 Sensoriamento Remoto

Os produtos de sensoriamento remoto disponibilizados no mercado são muitos, com grandes variações de custo e resolução. Na aquisição de uma imagem é importante primeiramente definir o propósito da aplicação, a localização, o nível de detalhes desejado, a necessidade e a frequência de monitoramento. Desse modo, pode-se fazer a melhor escolha, de acordo com as possibilidades acessíveis e que melhor podem servir (CHAVES, 2005).

Ainda para o mesmo autor, os métodos de classificação automática, na sua maioria, não incorporam à análise informações espaciais do tipo textura, forma e relação de vizinhança. Portanto, a escolha do melhor método vai

dependem da resolução da imagem, do foco e objetivos do trabalho e da experiência do analista em um ou outro método.

Na classificação do tipo supervisionada, é necessário que o usuário conheça alguma feição da área a ser classificada, antes de iniciar o processo. Essas áreas podem então serem utilizadas como padrão de comparação, com o qual todos os *pixels* desconhecidos da imagem serão comparados, para decidir a qual classe eles pertencem. A área da imagem que o usuário identifica como representando uma das classes é chamada de área de treinamento (ARAÚJO, 2004).

RUHOFF (2004) informa que o processo de classificação de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto visa extrair informações temáticas. Nesse sentido, os dados espectrais coletados pelos satélites são transformados em informações de uso e cobertura da terra.

LIMA, RIBEIRO e LIMA (2001), usando a classificação automática não supervisionada e, posteriormente, a complementação visual, delimitaram classes relacionadas a aspectos pedológicos sem, contudo, especificar os tipos de solo correspondentes a cada classe.

OLIVEIRA, DUARTE e SANTO (2006), para a interpretação da área de estudo utilizaram a escala 1:2.000 e, desta forma, observaram as feições com detalhes que permitiram o desenvolvimento do seu trabalho. Caso fosse considerada uma escala maior, seria afetada a nitidez das feições, acarretando erro na interpretação. Para o mapeamento de uso de solo foram hierarquizadas duas classes: área de vegetação e área antropizada. A área antrópica é delimitada por áreas utilizadas pela ação humana. A classe vegetação é delimitada por vegetações de origem primária ou secundária.

2.5.3 Imagem de Satélite

O registro é uma operação necessária para a integração de uma imagem à base de dados existente num SIG. Há muito tempo, os projetos na área de sensoriamento remoto pressupõem que as imagens possam ser

integradas aos dados extraídos de mapas existentes ou às medições de certas grandezas feitas diretamente no terreno (FERREIRA JÚNIOR, 2005).

FERNANDES, CERNESSON e EID (2005), motivados por esse melhoramento da resolução espacial das imagens de satélite, efetuaram estudo com imagens dos satélites *Spot-5* e *QuickBird-2*, com o intuito de promover um estudo sobre o uso potencial desses produtos, no que se refere ao ganho de informações no mapeamento do uso e ocupação do solo.

Ainda segundo esses autores, o surgimento de novos produtos, caracterizados pela alta resolução espacial, tem gerado expectativas quanto à sua capacidade de melhora na determinação dos alvos pelos algoritmos de classificação, pois essas imagens são consideradas de baixa qualidade espectral e a maioria dos classificadores convencionais, baseiam-se somente no reconhecimento espectral *pixel a pixel*.

Para CHAVES (2005), a resolução espacial é definida pela capacidade do sensor de distinguir objetos na superfície da terra e está relacionada com o tamanho dos *pixels* da imagem. Quanto menor o tamanho dos *pixels*, menor é o objeto que pode ser identificado e maior é a resolução espacial.

Para PAIVA e PAIVA (2003), as imagens de alta resolução espacial são utilizadas em quase todos os ramos de conhecimento, no entanto algumas aplicações merecem destaque: em projetos de SIG (redes, telecomunicações, planejamento, meio ambiente), na base para elaboração de mapas urbanos básicos, no mapeamento de cadastro urbano e rural, como fonte de apoio para trabalhos com GPS, na identificação do uso e ocupação do solo (maior detalhe na morfologia urbana), em meio ambiente (toda sorte de projetos ambientais em escalas grandes), em análises de cunho legal (regularização de propriedades, demarcação de pequenas glebas), na agricultura (com ênfase em previsão de safras e controle de pragas), em estudos florestais (estimativa de potencial econômico, projetos de desenvolvimento sustentável, censo de árvores), etc.

Em seu trabalho, RODRIGUES (2004) usou o software *ArcView* e uma imagem do satélite *QuickBird* do ano de 2003 para dividir o solo da bacia hidrográfica do Rio Paraopeba (Ibirité - MG) em 18 classes, para o mapeamento das áreas de assoreamento.

Nessa mesma linha de estudo, ARAÚJO (2004) empregou uma imagem do satélite *Spot* (resolução 10 m) do ano de 2003, para o mapeamento da cobertura do solo no município de Limeira do Oeste – MG. Usando os softwares *ArcView* e *Erdas Imagine* para fragmentar o solo em 7 classes: área urbana, solo exposto, mata ciliar, mata nativa, brejo, água e pasto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Rio das Antas nasce no perímetro urbano da cidade de Cascavel – PR e percorre uma extensão de, aproximadamente, 30,7 km até o encontro com o Rio Cará, formando o Rio São Francisco, que deságua no reservatório da usina Hidrelétrica de Itaipu.

A bacia hidrográfica do Rio das Antas está inserida no retângulo envolvente compreendido pelas coordenadas geográficas: $\varphi = -24^{\circ} 49' 47''$ a $\varphi = -24^{\circ} 59' 02''$ de latitude e $\lambda = -53^{\circ} 26' 24''$ a $\lambda = -53^{\circ} 37' 53''$ de longitude. Abrange uma área de 134,53 km², que corresponde a, aproximadamente, 1,7% da área total da bacia hidrográfica do Paraná III (Figura 1).

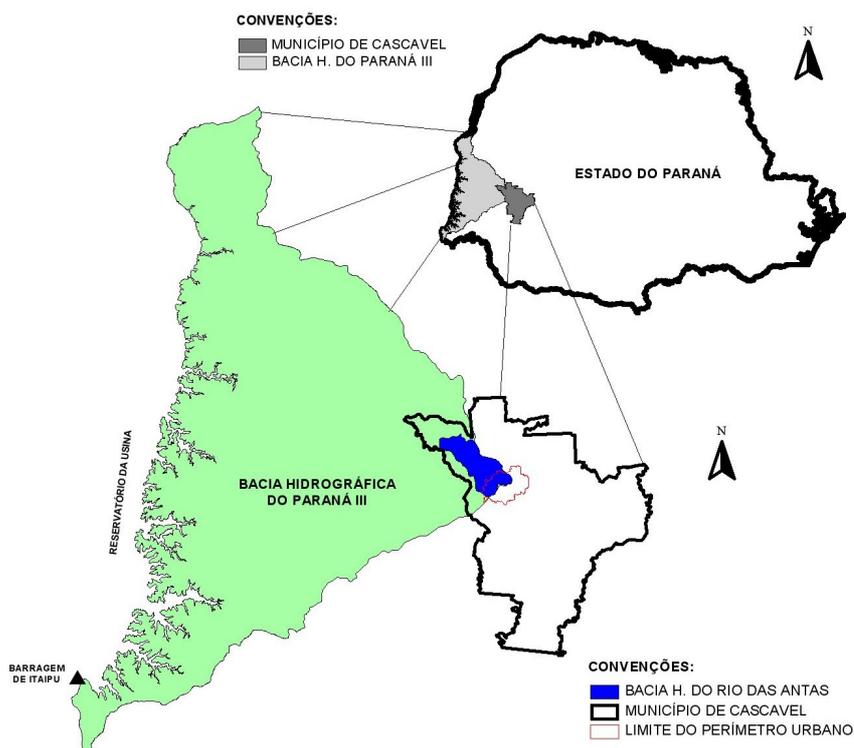


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio das Antas.

FONTE: CASCAVEL (2005).

3.1.1 Fatores Climáticos

Segundo IAPAR (2006), o tipo climático da área em estudo é classificado como: Clima Subtropical (Cfa), com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e no mês mais quente acima de 22 °C. Possui verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Com os dados fornecidos pela estação agrometeorológica de Cascavel, que está inserida na área da bacia hidrográfica do Rio das Antas (coordenada: $\varphi = -24^{\circ} 53'$ e $\lambda = -53^{\circ} 33'$), foram obtidos os valores médios anuais dos fatores climáticos: direção predominante do vento é nordeste (NE), umidade relativa do ar de 73%, a evapotranspiração com 1.209 mm, temperatura de 19,6 °C e precipitação média anual de 1.971 mm.

3.2 BASE DE DADOS

Para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, os trabalhos foram desenvolvidos em cinco fases distintas: inventário, tratamento e manipulação dos dados, aquisição e correção de imagem de satélite de alta resolução espacial da área rural, classificação do uso do solo na bacia hidrográfica do Rio das Antas e cruzamento entre as camadas de informação para quantificação e produção de mapas temáticos.

3.2.1 Fase de Inventário

Na etapa de inventário foi realizado um levantamento das informações existentes, junto à Secretaria Municipal de Planejamento do município de Cascavel (SEPLAN) e ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE (LABGEO), que tinham à

disposição dados diferenciados em relação ao perímetro urbano e à área rural do município. Os materiais são relacionados abaixo:

- Cartas topográficas do exército brasileiro, vetorizadas na escala 1:50.000, com hidrografia e curvas de nível (eqüidistância de 20 m);
- Base cartográfica do perímetro urbano com hidrografia e curvas de nível (eqüidistância de 5 m);
- Levantamento geológico/geotécnico executado pela empresa MINEROPAR, englobando todo o município, em formato shape, com as camadas de interesse: geomorfologia e declividade;
- Imagem do satélite *QuickBird* II do ano de 2004, do perímetro urbano;
- Imagem do satélite *Cbers* 2 do ano de 2004, cobrindo todo município;

3.2.2 Tratamento e Manipulação dos Dados

Com a utilização do *software ArcView* 3.2, o tratamento das informações iniciou-se pela determinação preliminar do limite desta bacia hidrográfica. Na identificação dos divisores de água, foram usados como referência os dados de altimetria e hidrografia, contidos nas cartas topográficas: Bom Princípio (MI 2817/4) e Cascavel (MI 2818/3) (Figura 2).

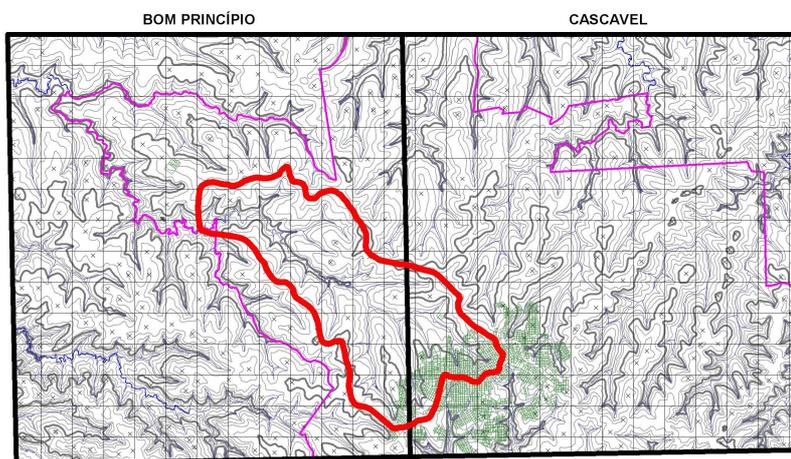


Figura 2 - Detalhe das informações contidas nas cartas topográficas.

FONTE: CASCAVEL (2005).

Como a bacia hidrográfica possui uma parcela da área inserida no perímetro urbano da cidade de Cascavel, foram usadas as informações de altimetria contidas na base cartográfica urbana, para um refino no traçado do limite, em função do maior detalhamento do terreno nesta região.

Com o desenho geométrico da bacia hidrográfica do Rio das Antas definido, somente os dados pertencentes a esta área foram utilizados, sendo necessário executar um filtro nas camadas: geomorfologia e declividade, que cobriam todo o município, assim como as duas cartas topográficas.

Essa operação foi executada utilizando a opção cortar temas do menu de ferramentas “*geoprocessing*” do *ArcView* 3.2, em que a área da bacia foi usada como limite para o corte dos outros temas. Após esse procedimento os temas foram salvos em arquivos separados, contendo unicamente as informações restritas a área da bacia hidrográfica.

3.2.3 Aquisição da Imagem de Satélite da Área Rural

Como no perímetro urbano a imagem *QuickBird* (Figura 3A) possui um grau de detalhamento muito superior à imagem *Cbers* (Figura 3B) da área rural, as informações produzidas teriam grau de detalhamento diferenciado, em função da necessidade de se trabalhar em escalas diferentes nos dois setores.

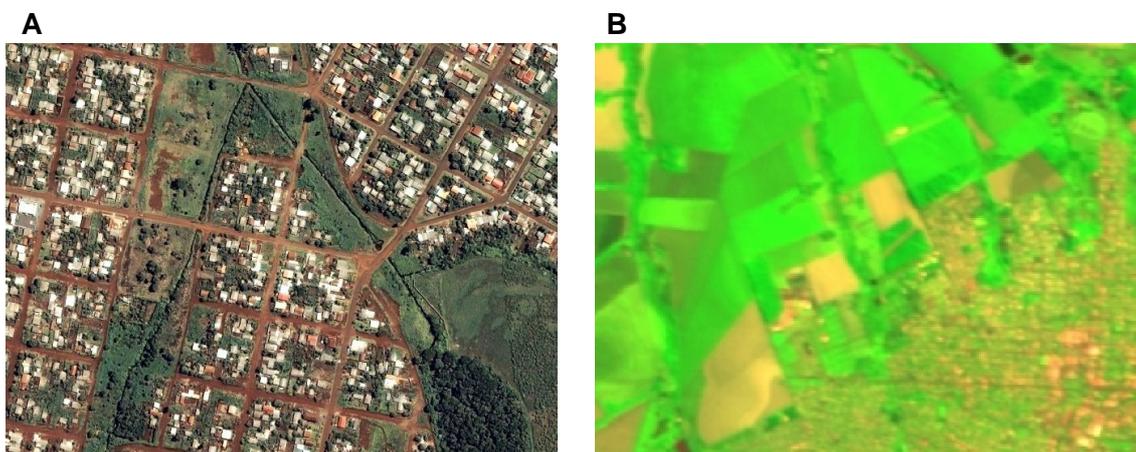


Figura 3 - Diferença da qualidade das imagens de satélite urbana e rural.
FONTE: CASCAVEL (2005).

Para contornar esse problema da área rural, que não possui imagem de alta resolução espacial, foi desenvolvida uma alternativa não comercial, em razão da indisponibilidade de recursos para aquisição deste produto, que possui um custo elevado.

Da mesma forma, CUNHA *et al.* (2006), buscando alternativas não comerciais para visualização do espaço geográfico, utilizaram um mosaico produzido por aerofotos não-convencionais para estudo de uma microbacia com 1.155,9 hectares, no município de Guarapari - ES. Foram necessárias 136 aerofotos para cobrir uma área de aproximadamente 13.000 hectares.

A alternativa empregada foi a utilização das imagens disponíveis na página do *Google Earth* com acesso livre pela Internet. Com a instalação do software é possível visualizar o globo por meio de imagens de satélite com resolução espacial diferenciadas em cada região.

Verificando a qualidade dessas imagens na região da bacia hidrográfica do Rio das Antas, constatou-se que a área possui imagem de alta resolução compatível com a imagem existente do perímetro urbano. A cobertura desta área foi realizada por duas cenas de datas diferentes, uma do ano de 2004 e outra do ano de 2006.

Como no *Google Earth* as imagens são georreferenciadas e é possível importar arquivos gerados no *software GPS Track Maker 13.0*. Foi gerada uma grade com coordenadas conhecidas para servir como referência na montagem de um mosaico com as imagens disponíveis, pois não é possível salvar uma cena completa utilizando a versão livre do programa.

O tamanho da malha foi definido em função da aproximação da imagem de satélite mostrada na tela do computador e a dimensão correspondente no terreno a esse enquadramento. Na otimização dessas duas variáveis, convencionou-se que a dimensão do retângulo seria de 1.500 m no eixo horizontal (E) e 750 m no eixo vertical (N), ou seja, cada tela capturada teria uma área útil de 1,125 km² de imagem.

Com essas grandezas definidas no eixo de coordenadas, o passo seguinte foi a execução de uma grade de referência sobreposta ao desenho geométrico da área rural da bacia. Totalizando 122 retângulos para cobrir com folga toda região (Figura 4).

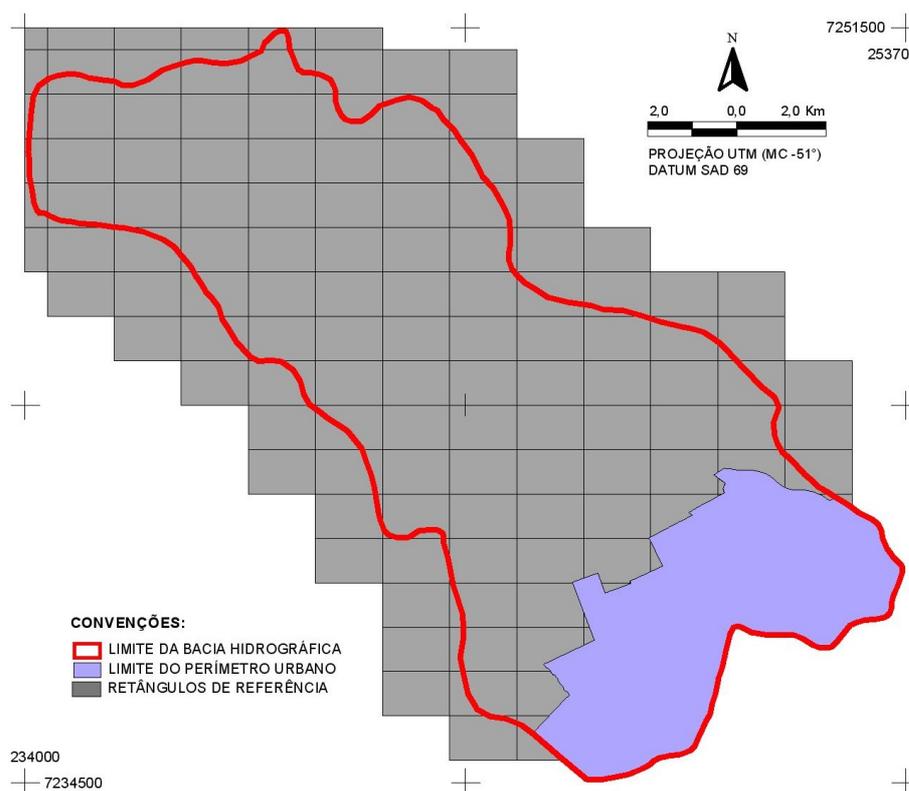


Figura 4 - Grade de referência para captura da imagem rural.

FONTES: O AUTOR.

Nos vértices da malha foram inseridos pontos para serem usados como referência na união das cenas. Esses pontos foram importados *no GPS Track Maker* e lançados *no Google Earth*. Quando mostrados na tela tiveram a escala reduzida ficando praticamente imperceptível na imagem.

O trabalho de captura das telas foi executado empregando-se como referência os quatro pontos (retângulo) ajustados para ficarem posicionados nos extremos da área útil da imagem (Figura 5), permitindo a maior aproximação possível e conseqüentemente um maior detalhamento do terreno. Após a imagem capturada e convertida em uma figura nomeada com o número do correspondente retângulo, as telas adjacentes foram salvas respeitando-se a mesma aproximação da tela.



Figura 5 - Detalhe da área útil de uma das 122 telas capturadas.

FONTE: GOOGLE EARTH (2005), ADAPTADO.

Finalizado o trabalho de captura das telas, foi preciso unir as 122 partes para obtenção de uma única imagem da área rural de toda a bacia. Esse mosaico foi construído com a utilização do *Software Spring 4.2*, e cada figura foi georreferenciada usando como controle os pontos materializados na imagem e sua correspondente coordenada na malha produzida sobre a bacia.

Segundo FERREIRA JÚNIOR (2005), os pontos de controle são feições passíveis de identificação na imagem e no terreno, ou seja, são feições homólogas cujas coordenadas são conhecidas na imagem e no sistema de referência. Cruzamentos de estradas, pistas de aeroportos e confluência de rios são candidatos naturais a pontos de controle.

Dessa forma os pontos de controle foram usados para georreferenciar o mosaico da área rural. Foram identificados nesta imagem 27 pontos (22 na área rural e 5 no perímetro urbano) que pudessem ser facilmente localizados no campo (Figura 6).

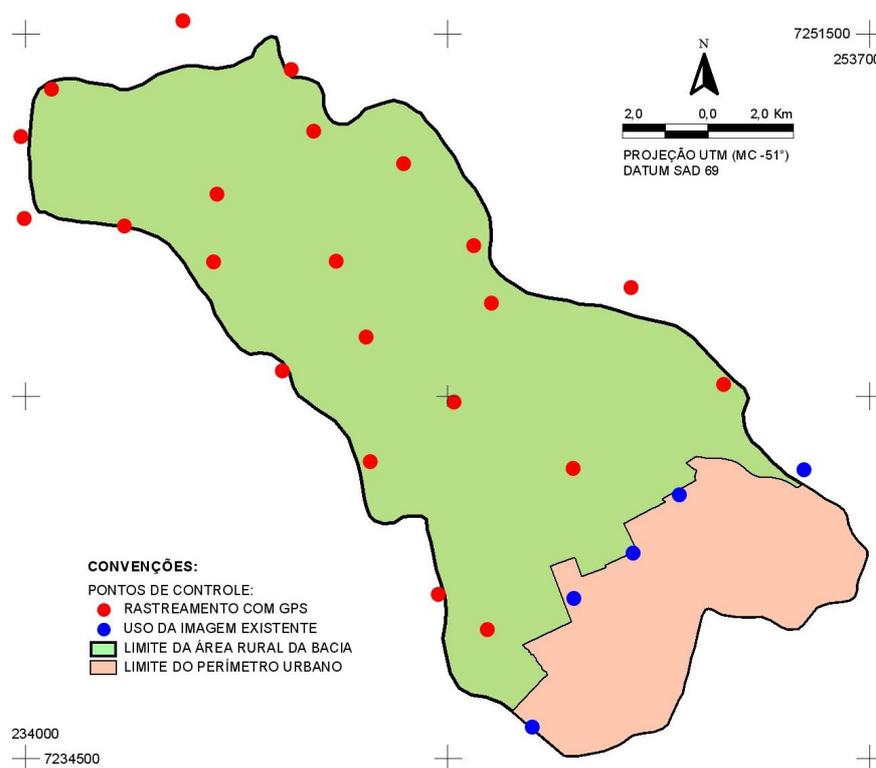


Figura 6 - Identificação dos pontos de controle capturados.

FONTES: O AUTOR.

As coordenadas dos pontos na área rural foram obtidas com a utilização de um aparelho GPS topográfico da marca GeoTec com, no mínimo, dez minutos de rastreamento por ponto. Para correção diferencial desses pontos foi utilizada a base homologada pelo IBGE, localizada no edifício da COPEL em Cascavel, formando uma linha de base inferior a 23 km em relação ao ponto mais distante.

Um exemplo desse procedimento adotado na área rural da bacia pode ser analisado na Figura 7A1 que mostra um limite de propriedade identificado na imagem de satélite rural e a correspondente localização no campo com a instalação do aparelho GPS na cerca de divisa da propriedade (Figura 7A2). Da mesma forma, na Figura 7B1 é mostrado um ponto no trevo de acesso para um posto de combustível localizado na imagem de satélite, e na foto ao lado, a instalação do aparelho GPS para o rastreamento das coordenadas deste local (Figura 7B2).

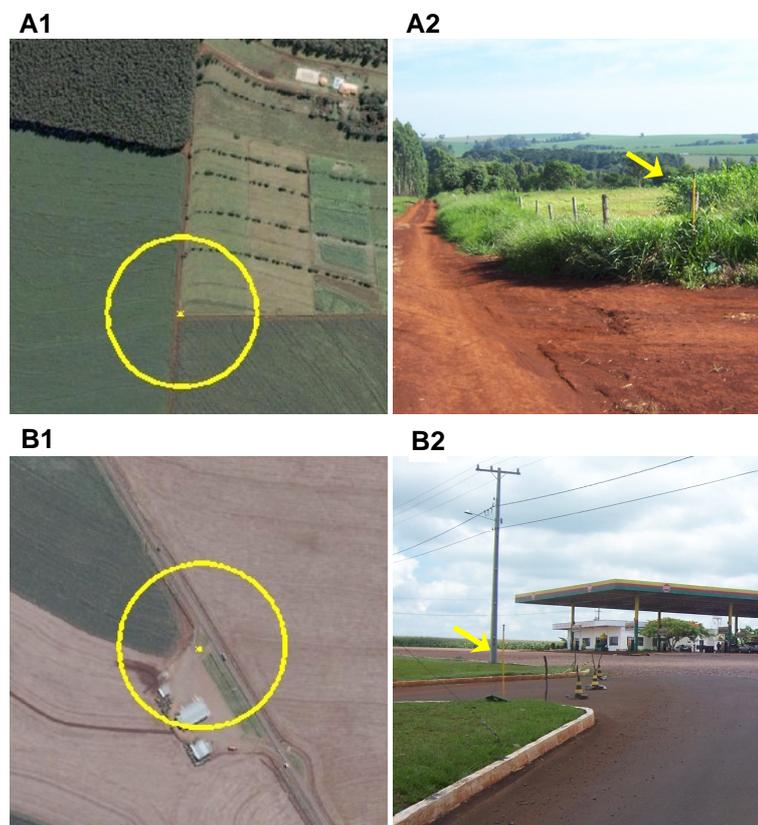


Figura 7 - Pontos de GPS localizados na imagem e rastreados no campo.

FONTE: A1, B1: GOOGLE EARTH (2006); A2, B2: O AUTOR.

Os cinco pontos localizados próximo ao limite do perímetro urbano (Figura 6) não foram rastreados com GPS, em função da sobreposição da imagem *QuickBird* existente com a imagem da área rural. As coordenadas desses pontos foram obtidas pela identificação de um local em comum nas duas imagens. Conforme se vê abaixo, o canto do muro da Figura 8A (imagem urbana) pode ser localizado facilmente na Figura 8B (imagem rural).

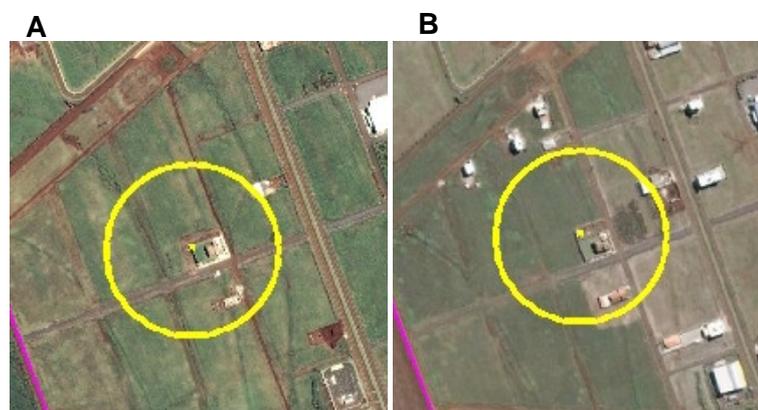


Figura 8 - Sobreposição da imagem existente à imagem da área rural.

FONTE: A: CASCAVEL (2005); B: GOOGLE EARTH (2006).

Finalizado o georreferenciamento da imagem da área rural, as imagens (urbana e rural) foram unidas em um arquivo de imagem com resolução espacial compatível em toda área da bacia hidrográfica do Rio das Antas.

3.2.4 Classificação do Uso do Solo

Usando a imagem de satélite como plano de fundo para visualização do espaço geográfico da bacia hidrográfica, foram identificadas 14 classes diferentes de uso do solo, enquadradas em: loteamento, rua urbana, agricultura, corpos d'água, faixa de drenagem, horticultura, reflorestamento, solo exposto, vegetação arbustiva, vegetação de grande porte, vegetação de médio porte e vegetação rasteira, ocupação rural e estrada rural. As duas primeiras classes são exclusivas do perímetro urbano e as duas últimas restritas à área rural da bacia.

No estudo de OLIVEIRA, DUARTE e SANTO (2006), a classificação do uso do solo foi fragmentada em 10 classes de ocupação. Foi usada uma imagem do satélite Ikonos do ano de 2003 como referência no mapeando das áreas de alagamento da Usina do Monjolinho (Nonoai - RS), numa área total de 169,24 km².

A vetorização dos cursos d'água sobre a imagem foi o primeiro serviço, em razão desta camada ter sido executada em uma escala com detalhamento inferior, fazendo com que o desenho dos rios não correspondesse ao visualizado na imagem. Foi necessário criar uma nova camada de hidrografia executada com o uso de entidades vetoriais (polilinha) desenhadas exatamente sobre o traçado visualizado na imagem de satélite, usando como referência a camada antiga de hidrografia e as curvas de nível.

Da mesma forma, o eixo das estradas foi traçado sobre a imagem utilizando-se linhas consecutivas. Porém, por não ser possível mensurar a área ocupada por linhas abertas, foi preciso atribuir uma largura representativa a essas entidades para quantificação das áreas. Foi atribuída aos rios uma faixa

de 4 metros, às estradas rurais 6 metros e à rodovia BR-467 uma faixa de 30 metros de largura, em função da sua duplicação.

Com a hidrografia e estradas rurais representadas por polígonos, as outras classes foram sendo identificadas e desenhadas sobre a imagem, conforme visualizado na Figura 9.



Figura 9 - Vetorização das classes de uso do solo sobre a imagem.

FONTE: GOOGLE EARTH (2006), ADAPTADO.

O entorno das construções e moradias da área rural foram enquadradas na classe: ocupação rural; no perímetro urbano a classe: loteamento, compreendida pelo limite das quadras urbanizadas, nas quais estão inseridas as edificações, terrenos e áreas de passeio dos loteamentos.

Para cada entidade gráfica desenhada, uma linha correspondente na tabela de atributos era automaticamente inserida no banco de dados do *software ArcView 3.2*. A identificação de cada polígono foi realizada pelo preenchimento da classe correspondente e a quantificação com o cálculo da área em hectares (ha) executada pelo programa. Como se pode ver na Figura 10, na qual podem ser visualizadas as informações inseridas no banco de dados de um polígono com área de 4,7 ha pertencente à classe agricultura.

Com a finalização do trabalho de classificação do uso do solo, a bacia hidrográfica encontra-se, em sua totalidade, coberta por polígonos que representam a ocupação do espaço geográfico (Figura 10).

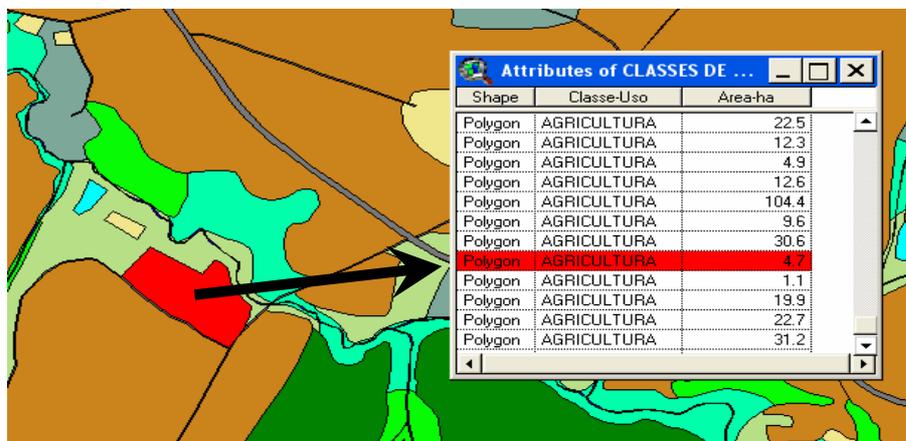


Figura 10 - Informações tabulares relacionadas à entidade gráfica.

FONTE: O AUTOR.

3.2.5 Cruzamento dos Dados e Produção de Mapas Temáticos

Além das camadas existentes: declividade, geomorfologia e uso do solo, foram criadas duas camadas: sub-bacia e área de influência. Os novos temas foram usados para reduzir o tamanho da área de estudo e como referência no cruzamento dos dados das camadas existentes.

Nessa fragmentação dos dados, a área rural da bacia foi dividida em três sub-bacias, usando como referência dois pontos no rio principal como secção de controle. A representação dessa nova divisão foi realizada por polígonos que somados ao desenho do perímetro urbano cobrem integralmente a área da bacia hidrográfica. Para identificar essa divisão as sub-bacias foram diferenciadas na tabela de atributos em quatro setores: urbano, alto (altitudes elevadas), mediano e baixo (altitudes inferiores).

Para verificar a situação do terreno nas proximidades dos cursos d'água, foi criada a camada chamada de área de influência, composta de três faixas consecutivas, a partir da classe faixa de drenagem, distanciadas 100 m entre si, cobrindo uma distância de 300 m ao longo dos rios.

A primeira faixa, a mais próxima do rio, foi dividida em duas partes, a primeira com 30 metros, representando a Área de Preservação Permanente - APP e a outra com os 70 metros restantes. Após essa divisão, as quatro áreas

foram nomeadas em zonas, sendo a zona 1 a mais próxima do rio e a zona 4 a mais distante.

Todas essas camadas de informação (cinco temas) foram relacionadas pelo cruzamento das entidades gráficas existentes, gerando uma nova distribuição dos dados vetoriais, mantendo as características na tabela de atributo do tema criado. Essa operação foi executada através do comando de união de temas do menu de ferramentas “*geoprocessing*” do *ArcView* 3.2 (Figura 11), que usa como base um par de temas e converte as informações em uma nova camada com a junção dos atributos existentes.

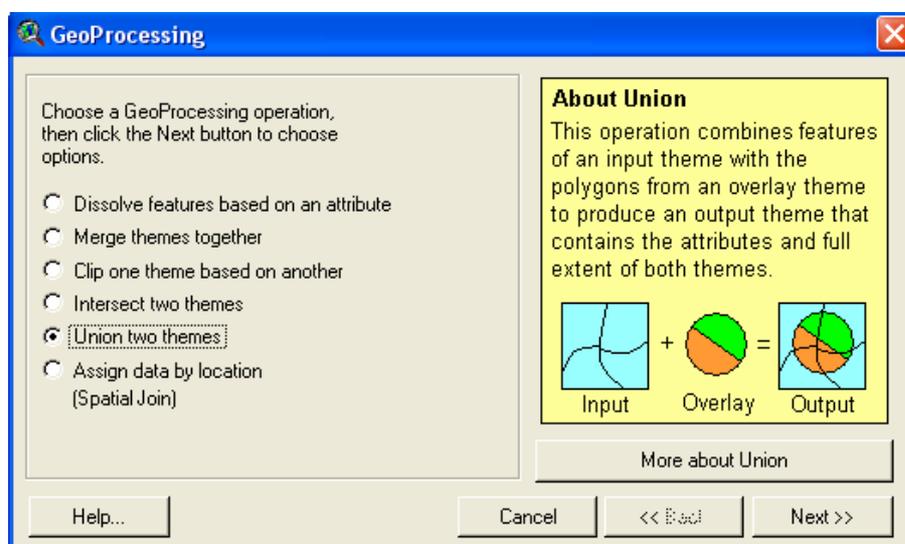


Figura 11 - Execução do comando e união de dois temas no ArcView.

FONTE: ESRI (1996).

No estudo de DONHA *et al.* (2006), foram utilizados seis fatores: solos, declividade, uso atual, distância da represa, dos rios e das nascentes. Para realizar o cruzamento de informações e a produção de mapas de fragilidade potencial e emergente, de uma área de estudo com aproximadamente 430 ha no município de Pinhais - PR.

A organização desses novos dados foi promovida por meio de mapas temáticos que permitem a separação e quantificação das entidades pela consulta na tabela de atributos que está inserida no banco de dados de cada tema. Facilitando a manipulação e a compreensão das informações.

Segundo RUHOFF (2004), os mapas temáticos são mapas que mostram uma região geográfica particionada em polígonos segundo valores relativos a um tema qualquer.

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Para o cálculo dos fatores físicos da bacia foi utilizada a metodologia proposta por VILLELA e MATTOS (1975). Foi necessário buscar maiores informações sobre o desenho geométrico da bacia, como: perímetro, largura média, comprimento axial e dados sobre a rede de drenagem e curso d'água.

Utilizando-se o *software ArcView*, esses valores foram encontrados de forma direta ou indireta. No caso do perímetro, apenas com o comando listar foi possível descobrir o seu valor. Para o cálculo da largura média foram necessários novos desenhos de referência para obter linhas perpendiculares ao comprimento axial. Essas linhas foram distanciadas de 1,5 km e o comprimento de cada uma também foi obtido pelo comando listar (Figura 12). A média dos valores dessas 15 linhas é perpendicular à largura média da bacia.

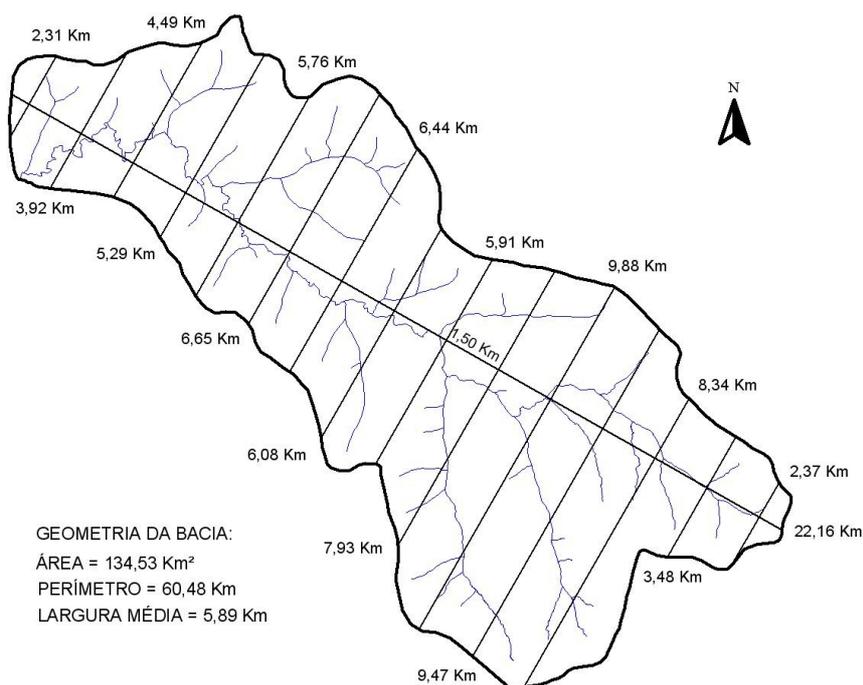


Figura 12 - Valores para o cálculo da largura média da bacia.

FONTES: O AUTOR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado foi a conversão de todas as informações referentes à bacia hidrográfica do Rio das Antas em meio digital, inseridas e georreferenciadas a um sistema de coordenadas. Assim, qualquer dado necessário pode ser obtido com muita facilidade e rapidez.

4.1 ÍNDICES FÍSICOS DA BACIA DO RIO DAS ANTAS

Para a caracterização da forma da bacia, serão utilizados os índices: fator de forma, índice de compacidade e índice de conformação.

Com as variáveis necessárias calculadas e aplicação das fórmulas propostas por VILLELA e MATTOS (1975), foram encontrados os valores mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Índices usados para caracterizar a forma da bacia

Índice	Valor	Unidade
Fator de forma	$F_f = 0,27$	adimensional
Índice de compacidade	$K_c = 1,46$	adimensional
Índice de conformação	$F_c = 0,23$	adimensional
Ordem de ramificação	3º Ordem	adimensional
Densidade de drenagem	$D_d = 0,82$	km/km ²
Densidade de curso d' água	$D_s = 0,36$	Rios/ km ²
Perfil do rio principal 1	$S_1 = 5,86$	m/km
Perfil do rio principal 2	$S_2 = 4,08$	m/km
Perfil do rio principal 3	$S_3 = 4,31$	m/km

Analisando-se esses valores é possível verificar que, pela forma da bacia, a potencialidade de ocorrência de picos de enchente é baixa. Em função do fator de forma ser igual a 0,27, mostrando que o comprimento é superior a três vezes o valor da largura, o índice de compacidade tem o valor de 1,46,

demonstrando que a bacia não se aproxima da forma circular. O índice de conformação igual a 0,23 indica que a forma da bacia não está próxima da figura de um quadro e o perfil do rio principal 3 indica que a declividade do terreno é baixa.

LIMA, BARBOSA e DANTAS NETO (1998) utilizaram os parâmetros físicos: freqüência de rios, fator de forma, coeficiente de capacidade, densidade de drenagem e extensão média de escoamento superficial. Para caracterizar hidrologicamente duas bacias hidrográficas, com área de 760 e 340 km², respectivamente, em que, para a bacia de 760 km² encontram os índices: $F_f = 0,20$ e $K_c = 1,67$ e para bacia de 340 km² os valores de $F_f = 0,36$ e $K_c = 1,62$.

Com a classificação dos rios quanto à ordem, é possível mensurar o grau de ramificação dos cursos d'água. O Rio das Antas é um rio de 3ª ordem (Figura 13B). Seus contribuintes são mostrados na Figura 13A.

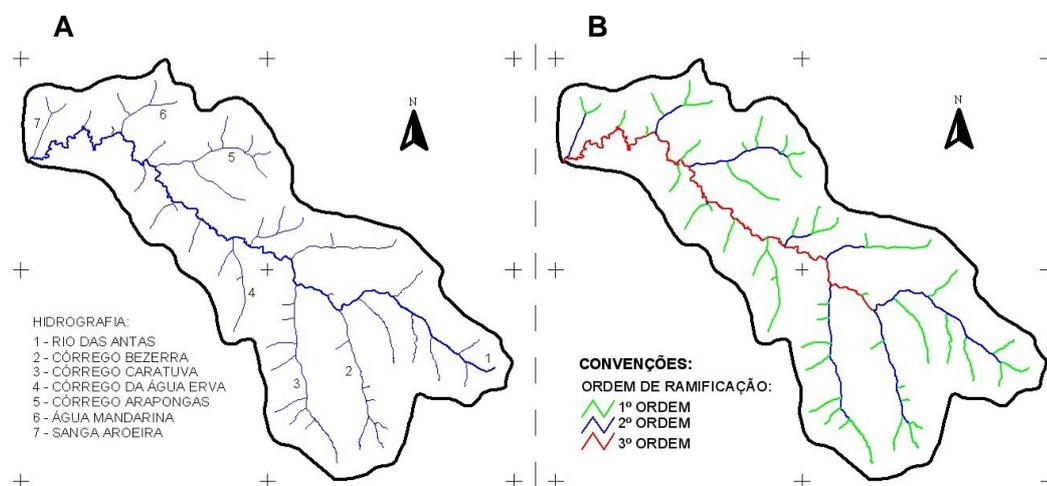


Figura 13 - Nomenclatura e ordem dos cursos d'água da bacia.

FONTE: O AUTOR.

Uma forma de representar o comportamento do rio principal em relação à declividade foi pela execução do perfil longitudinal (Figura 14).

Nele é possível verificar que da nascente até o encontro com o Rio Cará (ponto de controle) existe um desnível de, aproximadamente, 200 metros em uma extensão de, aproximadamente, 31 quilômetros.

Também é possível verificar que existem somente dois trechos com maior declive, no primeiro quilômetro (inserido no perímetro urbano) e no décimo segundo quilômetro que está localizado na área rural da bacia.

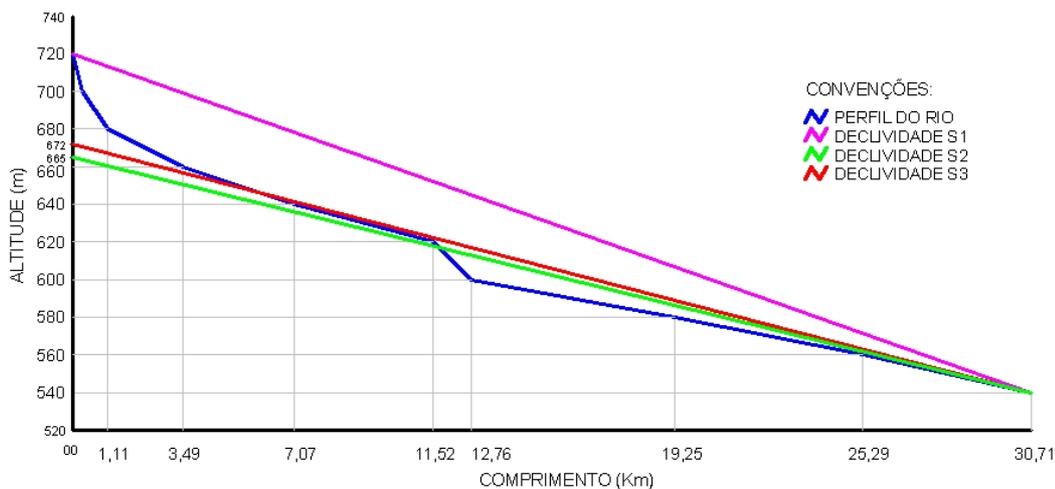


Figura 14 - Perfil longitudinal e declividade do Rio das Antas.

FONTE: O AUTOR.

4.2 DIVISÃO DAS ÁREAS

As técnicas utilizadas possibilitaram compreender a divisão de áreas dentro da bacia hidrográfica. Com área total de 13.453 ha, possui uma área de 2.831 ha (21,0%) inserida no perímetro urbano do município de Cascavel e 10.622 ha (79,0%) correspondem à parte rural do município (Figura 15A).

Em relação a data das imagens, na totalidade do perímetro urbano e em 53% da área rural a cobertura é feita por imagens de satélite do ano de 2004. O restante da área, 47% da parte rural, é coberta por imagens do ano de 2006 (Figura 15B).

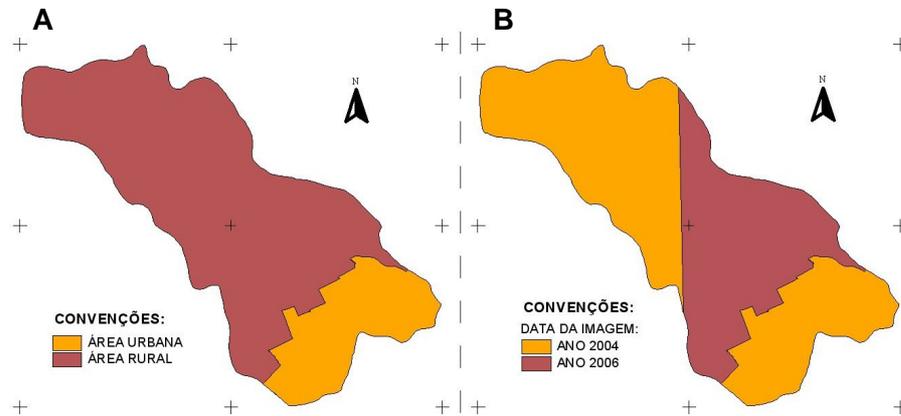


Figura 15 - Divisão das áreas e imagens da bacia hidrográfica.

FONTE: O AUTOR.

Considerando a visualização do espaço geográfico, foi possível cobrir toda área da bacia com imagem de satélite com alta resolução espacial, tornando possível a retirada de informações com elevado grau de detalhamento (Figura 16).

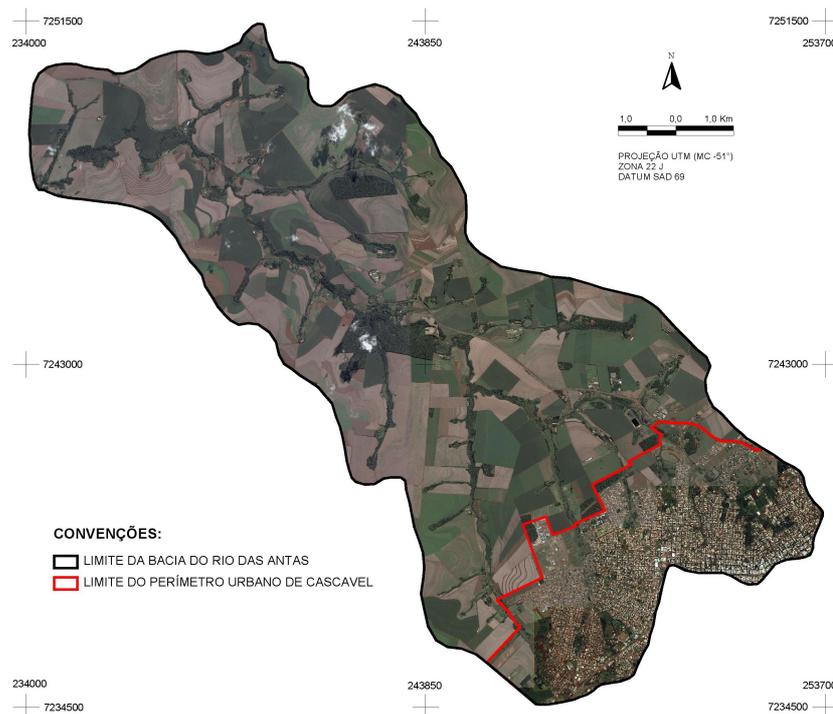


Figura 16 - Cobertura da bacia hidrográfica por imagem de satélite.

FONTE: O AUTOR.

A setorização da bacia hidrográfica em sub-bacias pode ser vista na Figura 17, na qual são mostrados os quatro setores criados: setor urbano com 21,1% da área total, o setor alto com 23,7%, o setor mediano com 36,4% e o setor baixo com 18,8% (Tabela 2).

O setor alto corresponde à sub-bacia com altitudes mais elevadas, fazendo limite com o perímetro urbano e o setor baixo à sub-bacia mais afastada da influência urbanização.

Tabela 2 - Fragmentação da bacia em quatro setores

Setores	Descrição	Área (ha)	Relação
Urbano	Perímetro urbano	2.831,2	21,1%
Alto	Sub-bacia (montante)	3.188,5	23,7%
Mediano	Sub-bacia (intermediária)	4.904,1	36,4%
Baixo	Sub-bacia (jusante)	2.529,2	18,8%
Total	---	13.453,0	100,0%

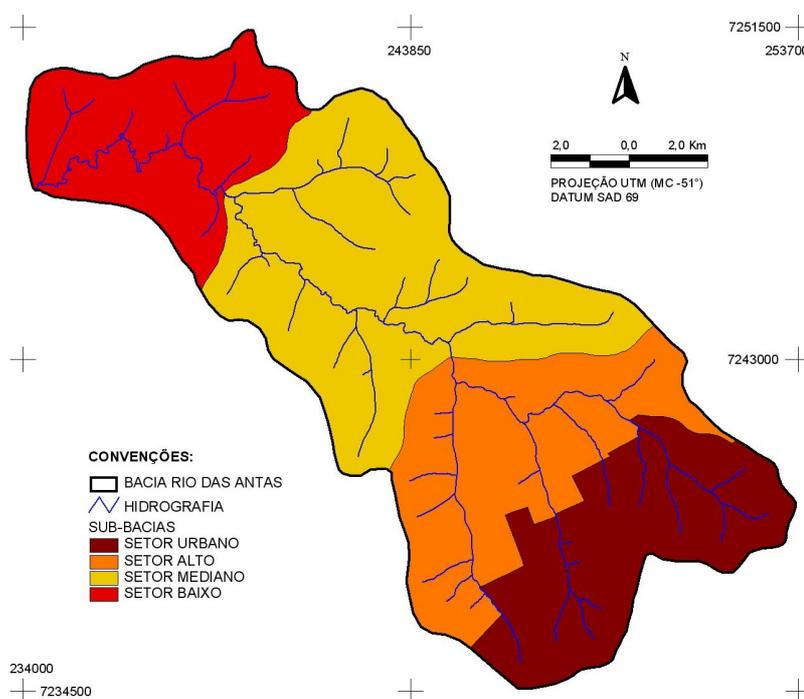


Figura 17 - Divisão da bacia hidrográfica em quatro setores.

FONTE: O AUTOR.

Com essa fragmentação os dados foram distribuídos, permitindo uma análise mais pontual dos resultados.

4.3 MAPA DE ALTIMETRIA E HIPSOMETRIA

A altimetria da bacia pode se visualizada na Figura 18A, na qual são mostradas as curvas de nível com eqüidistância de 20 metros.

Para uma melhor visualização da forma do terreno, foi gerado no módulo 3D do *ArcView*, o Modelo Digital do Terreno – MDT, que é uma representação da superfície terrestre por um conjunto de faces triangulares interligadas, onde se consegue analisar a declividade do local. Pelo modelo digital do terreno é possível visualizar as características da superfície do terreno e verificar com maior clareza os limites dos divisores de água, assim como sanar eventuais dúvidas referentes ao escoamento superficial.

Com o MDT criado, os dados de altimetria foram classificados em intervalos de 40 m, possuindo cada classe uma diferenciação de cores, como mostrado na Figura 18B, com essa visualização é possível verificar que as maiores altitudes encontram-se inseridas na área urbana da bacia hidrográfica.

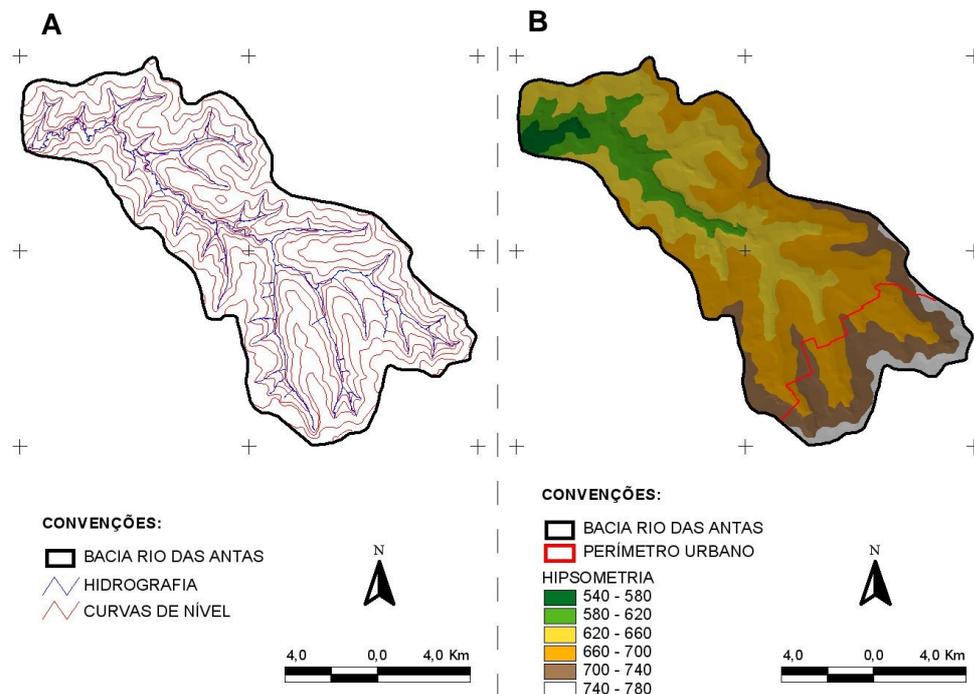


Figura 18 - Mapa da altimetria e hipsometria da bacia hidrográfica.

FONTE: MINEROPAR (2004), ADAPTADO.

4.4 MAPA DE DECLIVIDADE

Para verificação da situação da declividade da bacia foi utilizado o tema produzido por MINEROPAR (2004), com uma triangulação criada pelo MDT, as faces dos triângulos foram agrupadas em cinco classes de declividade. Os valores correspondentes às áreas de cada desenho representativo (polígonos) foram calculados, obtendo-se os valores mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Classes de declividade e relação com área total

Classe	Declividade (%)	Área (ha)	Relação
1	≤ 5	6.337,4	47,1%
2	5 a 10	5.781,0	43,0%
3	10 a 20	1.250,0	9,3%
4	20 a 30	71,7	0,5%
5	> 30	12,9	0,1%
Total	---	13.453,0	100,0%

Pelos resultados mostrados, constata-se a predominância das declividades inferiores a 5% na bacia. Com 90,1% da área correspondendo a declividades inferiores a 10% e apenas 0,6% a declividades superiores a 20%.

As classes 4 e 5, onde a declividade do terreno é superior a 20%, não correspondem a 1% da área da bacia. Essas áreas estão localizadas nas proximidades dos rios.

A espacialização dos resultados da declividade é mostrada no mapa temático da Figura 19.

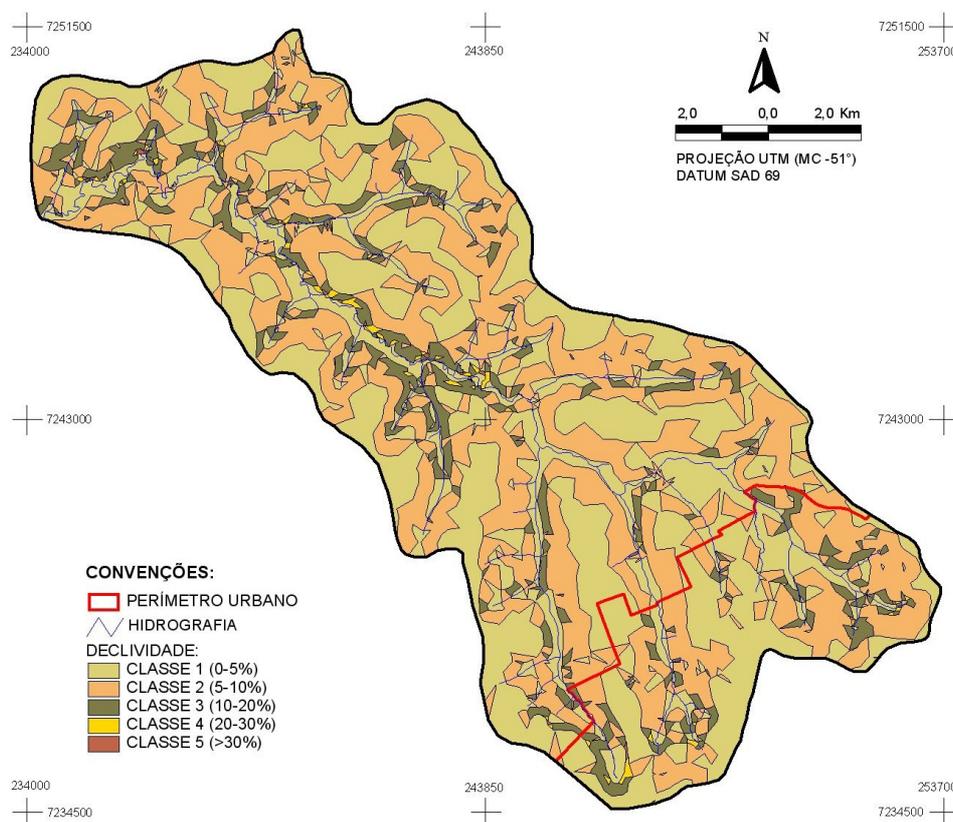


Figura 19 - Mapa temático da declividade da bacia hidrográfica.

FONTE: MINEROPAR (2004), ADAPTADO.

4.4.1 Declividade Fragmentada nos Quatro Setores

Os valores de declividade foram fragmentados em quatro setores e cada setor foi analisando separadamente.

Na Tabela 4 são mostrados os valores encontrados para o setor urbano da bacia. Seguindo a mesma relação da área total da bacia, na parte urbana, a classe predominante é a classe I, com 1.361,2 ha. 88,5% da área do perímetro urbano têm declividade inferior a 10% e somente 0,7% da área possuem declividade superior a 20%.

Tabela 4 - Classes de declividade no setor urbano da bacia

Classe	Declividade (%)	Área (ha)	Relação
1	≤ 5	1.361,2	48,1%
2	5 a 10	1.144,1	40,4%
3	10 a 20	306,0	10,8%
4	20 a 30	17,2	0,6%
5	> 30	2,7	0,1%
Total	---	2.831,2	100%

Na Tabela 5 são mostrados os valores encontrados no setor alto da bacia. Este setor possui uma área de 1.614,9 há, com declividade inferior a 5%. Em 95,1% da área a declividade é inferior a 10% e somente 0,1% da área corresponde a terrenos com declividade superior a 20%.

Tabela 5 - Classes de declividade no setor alto da bacia

Classe	Declividade (%)	Área (ha)	Relação
1	≤ 5	1.614,9	50,7%
2	5 a 10	1.416,2	44,4%
3	10 a 20	154,1	4,8%
4	20 a 30	2,8	0,1%
5	> 30	0,5	0,0%
Total	---	3.188,5	100%

Na Tabela 6 são mostrados os valores encontrados no setor mediano da bacia. Nesta parte intermediária da bacia rural, a relação entre as áreas é muito semelhante à parcela urbana, possuindo 46,4% da área inserida na classe 1, possuindo 88,6% da área com declividade inferior a 10% e 0,9% correspondendo a declividades superiores a 20%.

Tabela 6 - Classes de declividade no setor mediano da bacia

Classe	Declividade (%)	Área (ha)	Relação
1	≤ 5	2.275,1	46,4%
2	5 a 10	2.071,6	42,2%
3	10 a 20	514,6	10,5%
4	20 a 30	37,8	0,8%
5	> 30	5,0	0,1%
Total	---	4.904,1	100%

Na Tabela 7 são mostrados os valores encontrados no setor baixo da bacia. Em comparação aos outros setores, este é o único que possui a maior

parcela da área na classe 2, mas quando considerada a declividade inferior a 10%, o setor é semelhante aos outros com 88,4% da área nessa faixa, possuindo 0,7% da área com declividade superior a 20%.

Tabela 7 - Classes de declividade no setor baixo da bacia

Classe	Declividade (%)	Área (ha)	Relação
1	≤ 5	1.086,5	43,0%
2	5 a 10	1.149,7	45,4%
3	10 a 20	275,2	10,9%
4	20 a 30	13,0	0,5%
5	> 30	4,8	0,2%
Total	---	2.529,2	100%

Analisando-se os índices de declividade nos quatro setores é possível constatar que o setor alto é o que possui maior parcela da área com declividades inferiores a 10%, e o setor mediano é o local onde as declividades superiores a 20% possuem a maior ocorrência.

4.5 MAPA DE GEOMORFOLOGIA

Segundo JORGE (2004), os mapas de geomorfologia contribuem de forma significativa para a representação e compreensão da dinâmica das áreas degradadas.

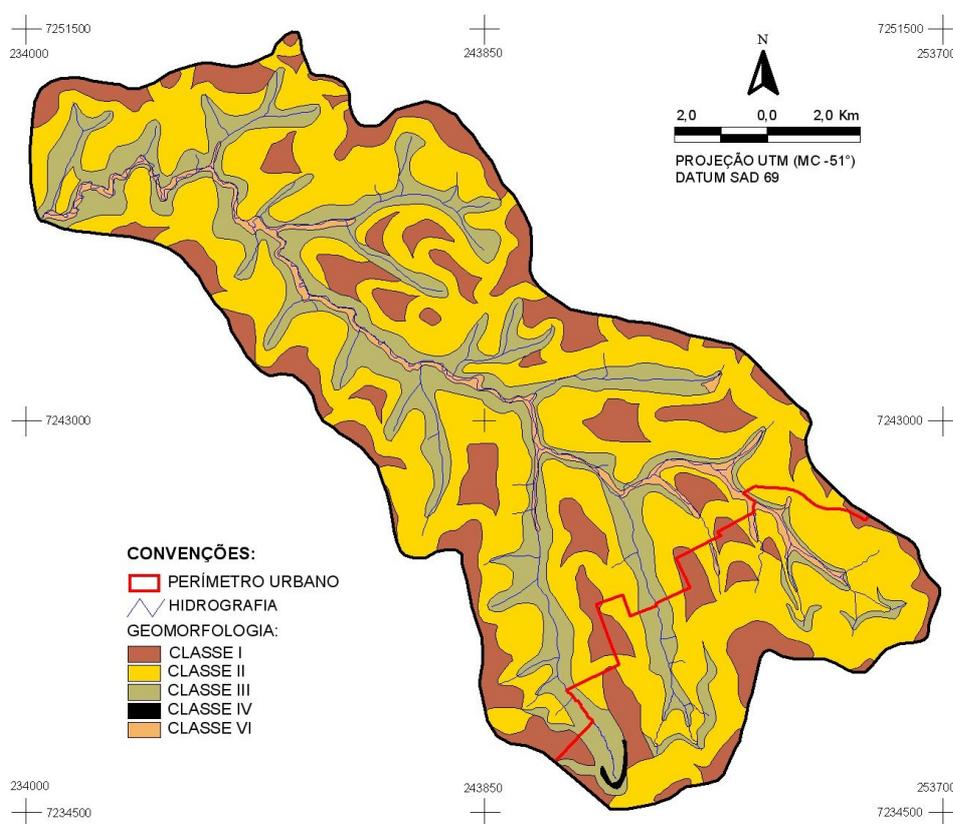
A representação da geomorfologia da bacia hidrográfica foi analisada utilizando-se a camada produzida por MINEROPAR (2004), em que as características do terreno são enquadradas em cinco classes, resultando nas informações mostradas na Tabela 8.

Analisando-se esses dados foi possível verificar que 74,2% da área da bacia é formada pelas classes I (topos convexos) e II (encostas suaves), mostrando que o relevo apresenta características planificadas. A classe VI (encostas íngremes), que representa terrenos acidentados, ocupa somente 15,2 ha inseridos no perímetro urbano.

Tabela 8 - Classes de geomorfologia inseridas na bacia hidrográfica

Classe	Descrição do terreno	Área (ha)	Relação
I	Topos convexos	2.678,4	19,9%
II	Encostas suaves	7.302,4	54,3%
III	Encostas intermediárias	3.042,1	22,6%
IV	Encostas íngremes	15,2	0,1%
VI	Planície aluvionar	414,9	3,1%
Total	---	13.453,0	100%

A visualização espacial dos dados mostrados acima pode ser analisada no mapa temático da Figura 20, que destaca o limite da área urbana da Cascavel.

**Figura 20 -** Mapa temático das classes de geomorfologia da bacia.

FONTE: MINEROPAR (2004), ADAPTADO.

Nesse mapa temático é possível verificar que os pontos com maior problema, em relação aos recursos hídricos, encontram-se próximos ao rio, pois, nessa área, o terreno possui maior grau de declividade, acarretando um maior escoamento superficial e lixiviação do solo. Também é possível perceber

que a área mais crítica, classe IV (Encostas Íngremes), encontra-se inserida no perímetro urbano, que em relação à área total não possui valor considerável.

4.5.1 Geomorfologia Fragmentada em Quatro Setores

Fragmentando-se a bacia em quatro setores, é possível analisar com mais detalhes o comportamento do terreno na bacia hidrográfica.

Na Tabela 9 são mostrados os dados da área correspondente à parcela urbanizada, na qual a classe com maior predominância é a das encostas suaves com 61,1% da área, considerando-se as classes I e II tem-se 81,7% do terreno deste perímetro. A classe IV (encostas íngremes), que só aparece na área urbana, corresponde a 0,5% da área do perímetro urbano, sendo 15,6% da área formada pela classe III.

Tabela 9 - Classes de geomorfologia no setor urbano da bacia

Classe	Descrição do terreno	Área (ha)	Relação
I	Topos convexos	582,3	20,6%
II	Encostas suaves	1.729,4	61,1%
III	Encostas intermediárias	443,0	15,6%
IV	Encostas íngremes	15,2	0,5%
VI	Planície aluvionar	61,3	2,2%
Total	---	2.831,2	100%

Na Tabela 10 são mostrados os dados da área correspondente ao setor alto, que possui 1.714,2 ha inseridos na classe II. Quando agrupadas as classes I e II somam 74,4% de áreas planificadas. As encostas intermediárias correspondem a 21,4% e a classe VI corresponde ocupa 4,2% da área do setor alto.

Tabela 10 - Classes de geomorfologia no setor alto da bacia

Classe	Descrição do terreno	Área (ha)	Relação
I	Topos convexos	659,2	20,6%
II	Encostas suaves	1.714,2	53,8%
III	Encostas intermediárias	681,4	21,4%
VI	Planície aluvionar	133,7	4,2%
Total	---	3.188,5	100%

Na Tabela 11 são mostrados os dados da área correspondente ao setor mediano, que tem 2.496,1 ha de encostas suaves e 71,6% da área planificada, quando agrupadas as classes I e II. As encostas intermediárias correspondem a 25,8% e a planície aluvionar a 2,6% da área deste setor intermediário.

Tabela 11 - Classes de geomorfologia no setor mediano da bacia

Classe	Descrição do terreno	Área (há)	Relação
I	Topos convexos	1.018,7	20,7%
II	Encostas suaves	2.496,1	50,9%
III	Encostas intermediárias	1.263,1	25,8%
VI	Planície aluvionar	126,2	2,6%
Total	---	4.904,1	100%

Na Tabela 12 são mostrados os dados da área correspondentes ao setor baixo. 1.362,5 ha estão inseridos na classe II e, considerando as classes I e II com 70,4% da área planificada, as encostas intermediárias correspondem a 25,9% e a planície aluvionar a 3,7% da área.

Tabela 12 - Classes de geomorfologia no setor baixo da bacia

Classe	Descrição do terreno	Área (ha)	Relação
I	Topos convexos	418,2	16,5%
II	Encostas suaves	1.362,5	53,9%
III	Encostas intermediárias	655,1	25,9%
VI	Planície aluvionar	93,4	3,7%
Total	---	2.529,2	100%

Em relação à classe I (topos convexos), os valores encontrados para os três primeiros setores são muito semelhantes: 20,6%, 20,6% e 20,7%, sofrendo uma redução quando analisado o quarto setor (altitudes baixas) que possui uma relação de 16,5% da área nessa classe.

Os setores baixo e mediano possuem as maiores percentagens das áreas enquadradas na classe III, com 25,8% e 25,9%, respectivamente. O setor urbano é o local com os maiores índices das classes I e II somadas, cobrindo 81,7% desse perímetro com as altitudes mais elevadas, como mostrado no mapa temático de hipsometria (Figura 18B).

4.6 MAPA DE USO DO SOLO

A quantificação do uso do solo da bacia hidrográfica do Rio das Antas foi dividida em 14 classes de homogeneidade, possuindo uma grande diferenciação entre a área urbana e a parte rural da bacia, conforme o mapa temático mostrado na Figura 21.

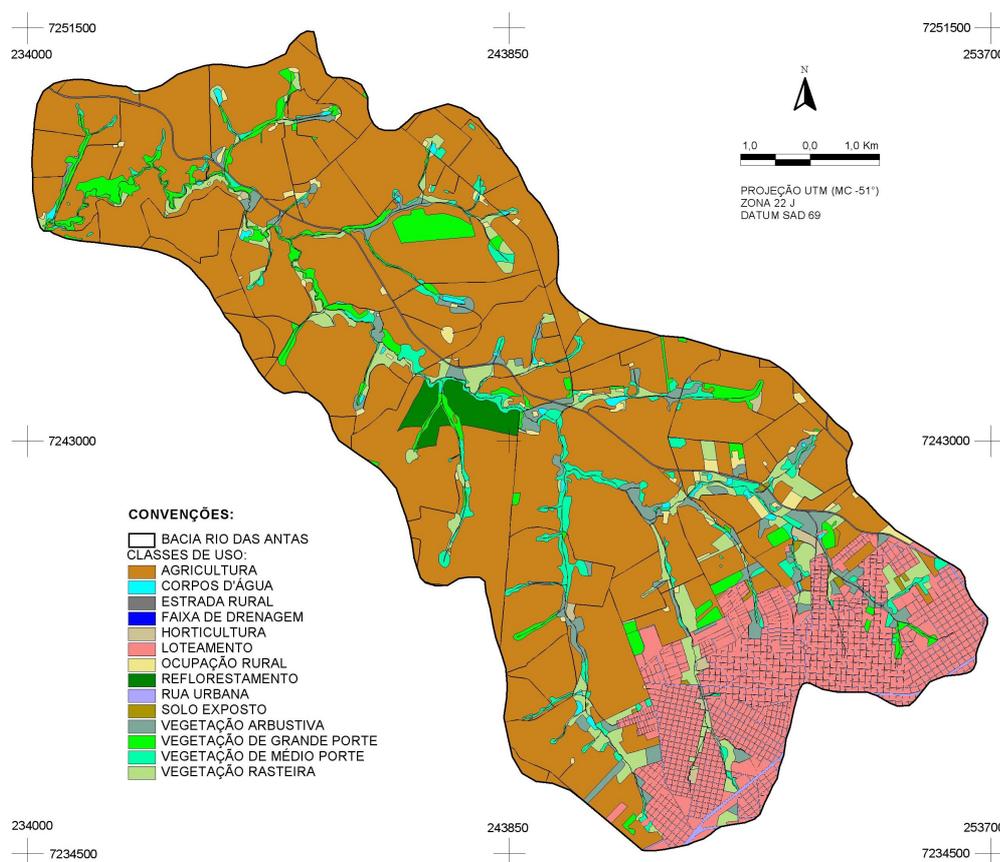


Figura 21 - Mapa temático do uso do solo na bacia hidrográfica.

FONTES: O AUTOR.

Das 14 classes de uso do solo, apenas três podem ser consideradas como áreas de mata fechada: reflorestamento, vegetação de grande porte e vegetação de médio porte. Assim, a soma destas classes representa a quantidade de floresta de cada local.

RODRIGUES (2004) utilizou uma imagem de alta resolução espacial para fazer a classificação manual do uso e ocupação do solo em 18 classes, em uma bacia hidrográfica de 92 km², entre área urbanizada e rural.

Os dados relacionados ao uso do solo, foram quantificados e apresentados na forma de tabelas que possuem os valores da área de cada classe e a correspondente relação com a área total do setor. Também foi discriminado o número de entidades representativas (polígonos) encontrados em cada classe.

No perímetro urbano, do total das 14 classes, foram encontradas 11 classes (Tabela 13), em que 59,4% da área é ocupada pela classe loteamento. Agrupando-se esta classe com a rua urbana tem-se 73,0% referentes à urbanização. Mesmo no perímetro urbano, a classe agricultura corresponde à 8,0% e a área de mata fechada cobre 4,8% deste espaço.

Tabela 13 - Classes de uso do solo no setor urbano da bacia

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Loteamento	18.347	1.683,3	59,4%
Rua urbana	16	383,7	13,6%
Agricultura	9	227,9	8,0%
Vegetação rasteira	21	182,0	6,4%
Vegetação arbustiva	26	161,6	5,7%
Vegetação de médio porte	20	69,4	2,5%
Vegetação de grande porte	9	64,1	2,3%
Horticultura	5	27,1	1,0%
Solo exposto	9	21,1	0,7%
Faixa de drenagem	1	7,9	0,3%
Corpos d'água	3	3,1	0,1%
Total	18.466	2.831,2	100%

Na Tabela 14 são mostradas todas as classes de uso do solo da área rural e respectivas quantificações. A classe agricultura corresponde a 8.524,2 ha ou 80,3% da área. Mostrando que o cultivo agrícola é muito desenvolvido na área rural da bacia. A área de mata fechada corresponde a 1.009,4 ha ou 9,5% da área da parcela rural da bacia.

Tabela 14 - Classes de uso do solo na parcela rural da bacia

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	133	8.524,2	80,3%
Vegetação de grande porte	48	475,5	4,5%
Vegetação rasteira	65	434,4	4,1%
Vegetação de médio porte	79	380,5	3,6%
Vegetação arbustiva	42	276,8	2,6%
Reflorestamento	3	153,4	1,4%
Ocupação rural	71	132,6	1,3%
Estrada rural	38	131,8	1,2%
Corpos d'água	31	56,3	0,5%
Faixa de drenagem	1	35,3	0,3%
Horticultura	3	13,3	0,1%
Solo exposto	8	7,7	0,1%
Total	522	10.621,8	100%

4.6.1 Uso do Solo no Setor Rural

Fragmentando-se os valores mostrados acima da parcela rural nos três setores, pode-se analisar as diferenciações de cada um.

Na Tabela 15 são mostrados os valores referentes ao setor alto da bacia com 11 classes. Nele a classe agricultura tem a menor relação de área com 78,6%, influenciado principalmente pela proximidade do perímetro urbano. Comprovado pelo valor representativo da classe ocupação rural e pelo baixo índice da vegetação de grande porte. A área de mata fechada corresponde a 227,3 ha (7,2%), apresentando este setor quatro classes que não atingem 1% da área.

Os valores mostrados na Tabela 16 mostram a situação do setor mediano da bacia com 12 classes. Nele cinco classes não atingem 1% da área. A maior ocorrência continua sendo a classe agricultura com 3.874,6 ha (79,0%), seguida pela classe vegetação de grande porte com 5,1% e a classe reflorestamento com 153,3 ha e a área ocupada por mata fechada corresponde a um total de 11,8% do setor.

Tabela 15 - Classes de uso do solo no setor alto da bacia

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	43	2.504,6	78,6%
Vegetação rasteira	19	181,8	5,7%
Vegetação de médio porte	25	170,8	5,4%
Vegetação arbustiva	20	127,5	3,9%
Ocupação rural	25	64,5	2,0%
Vegetação de grande porte	10	56,5	1,8%
Estrada rural	17	40,8	1,3%
Corpos d'água	13	21,7	0,7%
Faixa de drenagem	1	10,7	0,3%
Horticultura	1	5,5	0,2%
Solo exposto	5	4,1	0,1%
Total	179	3.188,5	100%

Tabela 16 - Classes de uso do solo no setor mediano da bacia

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	60	3.874,6	79,0%
Vegetação de grande porte	24	251,7	5,1%
Vegetação rasteira	29	190,2	3,9%
Vegetação de médio porte	36	176,0	3,6%
Reflorestamento	3	153,3	3,1%
Vegetação arbustiva	15	112,9	2,3%
Estrada rural	15	53,5	1,1%
Ocupação rural	30	45,2	0,9%
Corpos d'água	12	21,7	0,5%
Faixa de drenagem	1	15,8	0,3%
Horticultura	1	5,6	0,1%
Solo exposto	3	3,6	0,1%
Total	229	4.904,1	100%

Analisando-se os valores da Tabela 17, no setor baixo com 10 classes de uso, a agricultura possui o maior índice de ocupação em relação aos outros dois setores: 84,8%, seguida pela classe vegetação de grande porte com 6,6% da área. 4 classes que não atingem 1% deste setor. A área de mata fechada corresponde a 200,8 ha ou 7,9% do setor mais afastado do perímetro.

Em comparação aos três setores da área rural, o setor mais afastado da área urbana é o que possui maior percentagem da área ocupada pela classe agricultura: 84,8%. O setor mediano possui a maior relação de mata fechada: 11,8%, influenciado pela classe reflorestamento que ocupa 153,3 ha desta área.

Tabela 17 - Classes de uso do solo no setor baixo da bacia

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	45	2.145,3	84,8%
Vegetação de grande porte	15	167,3	6,6%
Vegetação rasteira	17	62,3	2,5%
Estrada rural	12	37,5	1,5%
Vegetação arbustiva	8	36,6	1,4%
Vegetação de médio porte	20	33,5	1,3%
Ocupação rural	17	22,9	0,9%
Corpos d'água	6	12,8	0,5%
Faixa de drenagem	1	8,8	0,4%
Horticultura	1	2,2	0,1%
Total	142	2.529,20	100%

4.7 RELAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA E USO DO SOLO

O cruzamento das informações de uso do solo com geomorfologia mostrou, para cada classe de geomorfologia, o tipo predominante de uso do solo, dividido em área urbana e rural.

Para verificação da ação do homem na ocupação do espaço físico da bacia, o uso do solo foi agrupado em duas categorias: antrópica e natural. A antrópica está relacionada à ação do homem na modificação do meio e compreende as classes de uso: loteamento, rua urbana, horticultura, ocupação rural, agricultura, solo exposto, corpo d'água e estrada rural, totalizando 8 itens.

A classificação natural considera os usos que não têm relação com a ação humana que são: faixa de drenagem, vegetação rasteira, vegetação arbustiva, vegetação de porte mediano, vegetação de grande porte e reflorestamento, compreendendo 6 itens.

4.7.1 Uso do Solo na Classe I – Geomorfologia

A classe I (topos convexos), com área de 2.678,4 hectares, foi relacionada ao mapa temático de uso do solo para verificação da forma de ocupação nos quatros setores da bacia hidrográfica (Figura 22).

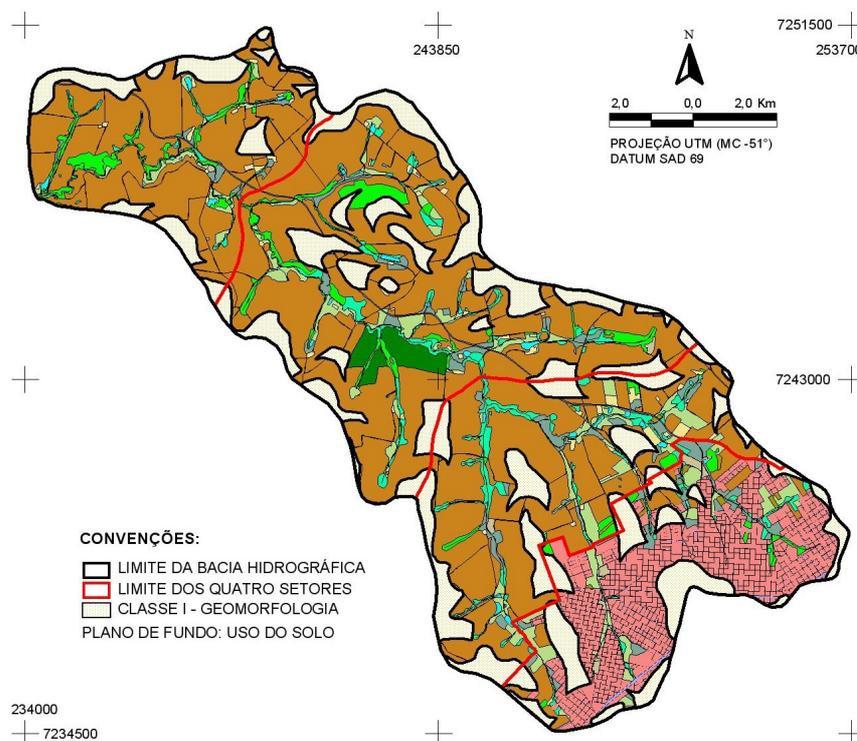


Figura 22 - Discriminação do uso do solo na classe I da geomorfologia.

FONTE: O AUTOR.

No setor urbano foram discriminadas 9 classes que são mostradas na Tabela 18. A classe loteamento possui maior ocorrência com 63,7% seguido da classe rua urbana 15,2%, totalizando 78,9% da área correspondente à urbanização. A agricultura corresponde a 10,8% da área e a área de mata fechada a 4,8%. Duas classes: solo exposto e faixa de drenagem, não atingem 1% da área total do setor urbano.

Tabela 18 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor urbano

Classe	Entidades (um)	Área (ha)	Relação
Loteamento	4.668	370,7	63,7%
Rua urbana	13	88,3	15,2%
Agricultura	7	63,4	10,8%
Vegetação arbustiva	6	23,2	4,0%
Vegetação de grande porte	3	18,0	3,1%
Vegetação de médio porte	7	10,1	1,7%
Vegetação rasteira	6	6,7	1,1%
Solo exposto	2	1,8	0,3%
Faixa de drenagem	1	0,1	0,0%
Total	4.713	582,3	100%

No setor rural também foram encontradas as 9 classes que são apresentadas na Tabela 19. A classe agricultura apresenta a maior ocorrência com 95,3%, seguida da classe vegetação de grande porte com 1,7%, e estrada rural com 1,4%. A percentagem de mata fechada corresponde a 1,8% desta área e 5 classes não chegam a 1% da área total do setor rural da bacia.

Tabela 19 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - área rural

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	127	1.998,2	95,3%
Vegetação de grande porte	14	35,0	1,7%
Estrada rural	57	29,2	1,4%
Ocupação rural	15	23,5	1,1%
Vegetação arbustiva	3	3,7	0,2%
Vegetação rasteira	4	3,6	0,2%
Vegetação de médio porte	5	1,8	0,1%
Reflorestamento	1	1,0	0,0%
Faixa de drenagem	2	0,1	0,0%
Total	228	2.096,1	100%

Em relação à forma da ocupação humana nos dois setores, os valores encontrados são mostrados nos gráficos da Figura 23.

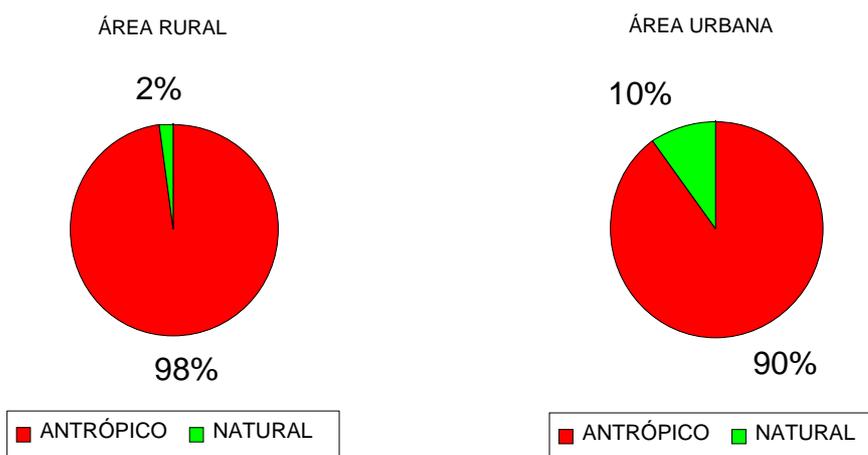


Figura 23 - Forma de ocupação na classe I da geomorfologia.

É possível verificar que a atividade antrópica na parcela rural dessa classe ocupa praticamente toda área (98%), restando somente 2% da área para a classificação natural. No perímetro urbano existe uma semelhança de valores. A atividade antrópica ocupa 90% da área e a ocupação natural corresponde a 10%.

4.7.1.1 Uso do solo na classe I - setor rural

No setor alto foram discriminadas 8 classes que são mostradas na Tabela 20. A classe agricultura possui maior ocorrência com 94,9%, seguida pelas classes: vegetação de grande porte e estrada rural, com 1,5%, cada. A cobertura de mata corresponde a 1,6% da área e 4 classes não atingem 1% da área total deste setor.

Tabela 20 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor alto

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	40	625,5	94,9%
Vegetação de grande porte	5	10,0	1,5%
Estrada rural	19	9,6	1,5%
Ocupação rural	5	9,3	1,4%
Vegetação arbustiva	2	3,2	0,5%
Vegetação rasteira	2	0,7	0,1%
Vegetação de médio porte	2	0,4	0,1%
Faixa de drenagem	2	0,1	0,0%
Total	77	658,8	100%

Na Tabela 21 são mostradas as 8 classes de uso do solo encontradas no setor mediano da bacia. A classe agricultura é a de maior ocorrência com 94,8% da área, seguida pela classe vegetação de grande porte com 2,2% e ocupação rural com 1,4%. Totalizando 2,4% de área de mata fechada e possuindo 4 classes que não atingem 1% da área total do setor mediano da bacia.

No setor mais afastado da área urbana foram encontradas 5 classes, mostradas na Tabela 22. A classe agricultura é predominante com 97,4%, seguida pela classe estrada rural com 1,7% e vegetação de grande porte com 0,6%. Apresenta 3 classes que não correspondem a 1% da área total do setor baixo.

Tabela 21 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor mediano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	66	965,2	94,8%
Vegetação de grande porte	7	22,6	2,2%
Ocupação rural	9	14,0	1,4%
Estrada rural	28	12,4	1,2%
Vegetação rasteira	1	1,7	0,2%
Vegetação de médio porte	4	1,4	0,1%
Reflorestamento	1	1,0	0,1%
Vegetação arbustiva	1	0,5	0,0%
Total	117	1.018,8	100%

Tabela 22 - Uso do solo na classe I (geomorfologia) - setor baixo

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	33	407,5	97,4%
Estrada rural	15	7,2	1,7%
Vegetação de grande porte	2	2,4	0,6%
Vegetação rasteira	1	1,2	0,3%
Ocupação rural	1	0,2	0,0%
Total	52	418,5	100%

Comparando-se os três setores da área rural, em relação à ocupação da classe I da geomorfologia, é possível perceber que a atividade agrícola é predominante nos topos convexos. Possuindo uma semelhança entre os valores de percentagem encontrados nos dois primeiros setores com, aproximadamente, 95% da área ocupada pela agricultura. O setor baixo é o que possui a maior relação de ocupação pela classe agricultura, com 97,4% da sua área e a menor parcela de mata fechada (0,6%).

4.7.2 Uso do Solo na Classe II – Geomorfologia

A classe II (encostas suaves) possui área total de 7.302,4 hectares. O cruzamento das informações com as classes de uso do solo nos quatro setores da bacia é mostrado na Figura 24.

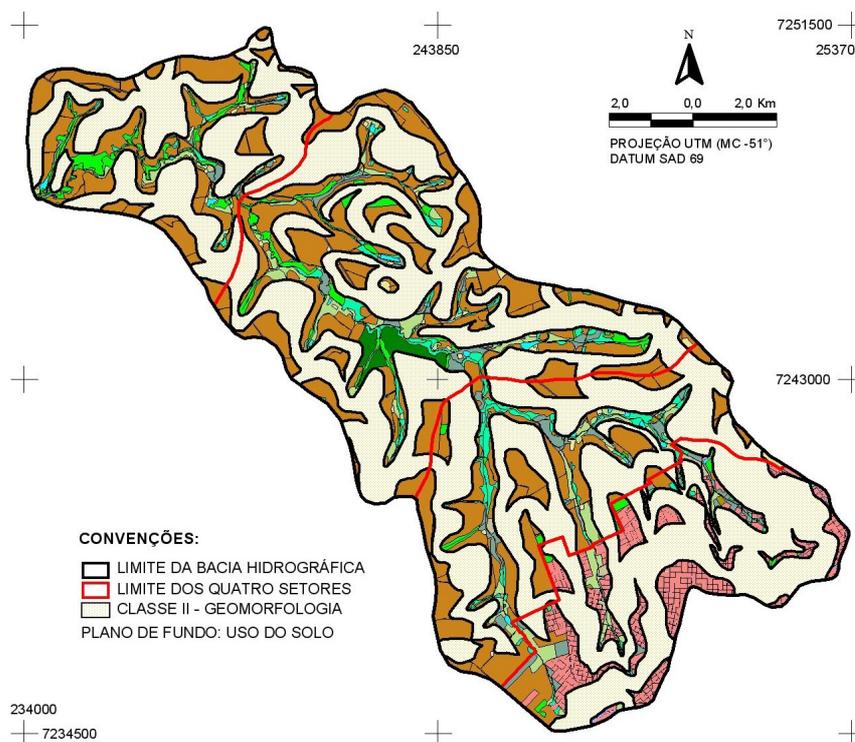


Figura 24 - Discriminação do uso do solo na classe II da geomorfologia.

FONTES: O AUTOR.

No setor urbano foram relacionadas 11 classes de uso do solo, mostradas na Tabela 23. A classe loteamento possui maior ocorrência: 63,8% da área, seguida pela classe rua urbana: 14,6%, totalizando 78,4% da área equivalente à área urbanizada. A agricultura corresponde a 6,1% da área, a área de mata fechada cobre 3,9% e 4 classes não atingem 1% da área total do setor.

Tabela 23 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor urbano

Classe	Contagem (un)	Área (km ²)	Relação
Loteamento	12.580	1.104,2	63,8%
Rua urbana	15	252,7	14,6%
Agricultura	9	104,8	6,1%
Vegetação rasteira	16	92,7	5,4%
Vegetação arbustiva	18	79,9	4,6%
Vegetação de médio porte	15	34,8	2,0%
Vegetação de grande porte	8	33,2	1,9%
Solo exposto	6	13,2	0,8%
Horticultura	5	9,2	0,5%
Faixa de drenagem	1	2,8	0,2%
Corpo d'água	2	1,9	0,1%
Total	12.675	1.729,4	100%

Na área rural foram encontradas as 12 classes mostradas na Tabela 24. A classe agricultura apresenta maior ocorrência com 90,1%, seguida pela classe vegetação de grande porte com 2,2% e vegetação rasteira com 1,8%. A área de mata fechada equivale a 4,3% e 4 classes não atingem 1% da área total do setor rural da bacia.

Os valores mostrados na classe II indicam uma redução nas percentagens das classes agricultura (parte rural) e áreas urbanizadas (perímetro urbano), que ainda continuam ocupando a maior parte da respectiva área. Verifica-se um pequeno aumento das percentagens das classes correspondentes à vegetação nestes dois locais em relação à classe I.

Tabela 24 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - área rural

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	120	5.013,9	90,1%
Vegetação de grande porte	32	122,3	2,2%
Vegetação rasteira	38	103,1	1,8%
Estrada rural	48	72,8	1,3%
Ocupação rural	42	68,6	1,2%
Reflorestamento	3	58,8	1,1%
Vegetação arbustiva	33	59,3	1,1%
Vegetação de médio porte	43	58,3	1,0%
Corpo d'água	10	7,5	0,1%
Horticultura	2	5,0	0,1%
Faixa de drenagem	4	1,9	0,0%
Solo exposto	3	1,5	0,0%
Total	378	5.573,0	100%

A Figura 25 mostra a ação do homem na classe II de geomorfologia.

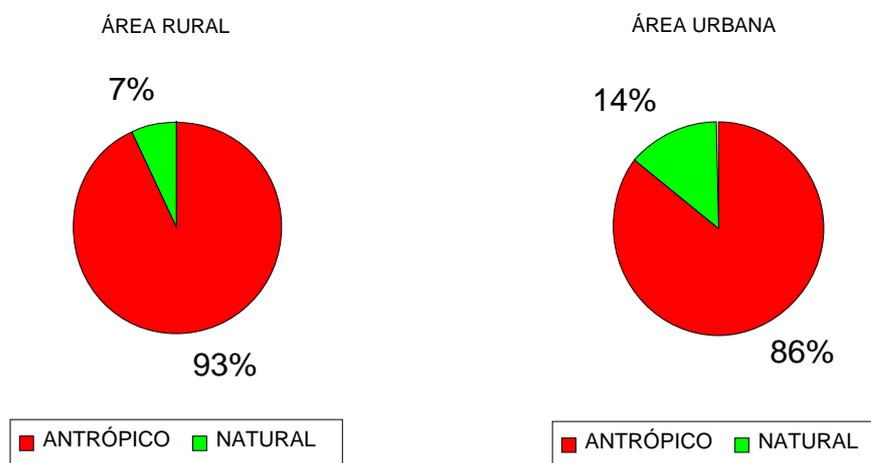


Figura 25 - Forma de ocupação da classe II da geomorfologia.

É possível verificar que a atividade antrópica na parte rural e na área urbana teve uma redução muito semelhante: 5% e 4%, respectivamente. Contudo a atividade antrópica ainda é muito superior à natural nos terrenos mais planejados da bacia.

4.7.2.1 Uso do solo na classe II - setor rural

No setor alto foram encontradas 11 classes, mostradas na Tabela 25. Com 86,1% a classe agricultura possui a maior ocorrência, seguida pelas classes vegetação rasteira com 4,1% e ocupação rural com 2,3%. A área de mata fechada cobre 3,7% da área e 4 classes não atingem 1% da área total deste setor.

Tabela 25 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor alto

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	39	1.475,7	86,1%
Vegetação rasteira	17	69,5	4,1%
Ocupação rural	18	41,9	2,3%
Vegetação de grande porte	6	32,5	1,9%
Vegetação arbustiva	14	32,2	1,9%
Vegetação de médio porte	20	31,4	1,8%
Estrada rural	21	25,5	1,5%
Corpos d'água	6	3,1	0,2%
Faixa de drenagem	5	1,1	0,1%
Solo exposto	1	1,0	0,1%
Horticultura	1	0,2	0,0%
Total	148	1.714,1	100%

Na Tabela 26 são mostradas as 12 classes de uso do solo encontradas no setor mediano da bacia. A classe agricultura corresponde a 89,6% da área, seguida pela classe vegetação de grande porte com 3,2% e reflorestamento com 2,4%. A área de mata fechada cobre 6,6% deste setor e 7 classes não atingem 1% desta área.

Tabela 26 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor mediano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	58	2.236,0	89,6%
Vegetação de grande porte	14	79,4	3,2%
Reflorestamento	3	58,8	2,4%
Estrada rural	23	27,3	1,1%
Vegetação de médio porte	21	25,5	1,0%
Vegetação rasteira	14	23,6	0,9%
Vegetação arbustiva	13	23,1	0,9%
Ocupação rural	14	15,2	0,6%
Horticultura	1	4,8	0,2%
Corpos d'água	3	1,4	0,1%
Faixa de drenagem	3	0,7	0,0%
Solo exposto	2	0,5	0,0%
Total	169	2.496,3	100%

No setor mais afastado da área urbana foram encontradas 9 classes, mostradas na Tabela 27. A classe agricultura continua predominante com 95,6%, seguida pela classe estrada rural com 1,5% e ocupação rural com 0,8% da área. A mata fechada equivale a 0,9% e 7 classes não correspondem a 1% da área total do setor baixo.

Tabela 27 - Uso do solo na classe II (geomorfologia) - setor baixo

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	37	1.302,2	95,6%
Estrada rural	14	20,0	1,5%
Ocupação rural	11	11,5	0,8%
Vegetação de grande porte	12	10,4	0,8%
Vegetação rasteira	9	10,0	0,7%
Vegetação arbustiva	6	4,0	0,3%
Corpos d'água	1	3,0	0,2%
Vegetação de médio porte	5	1,4	0,1%
Faixa de drenagem	2	0,1	0,0%
Total	97	1.362,6	100%

Comparando-se os três setores rurais, verifica-se que a classe agricultura é predominante. O setor baixo é o que possui a maior ocupação: 95,6% e o setor mais próximo do perímetro urbano é o que possui o menor índice: 86,1%. O setor intermediário é o que possui a maior ocupação por mata fechada: 6,6% e o setor baixo é o que possui a menor área de floresta: 0,9% das áreas classificadas como encostas suaves.

4.7.3 Uso do Solo na Classe III – Geomorfologia

Na classe III (encostas intermediárias), com área total de 3.042,1 hectares, foram relacionadas as áreas mostradas na Figura 26.

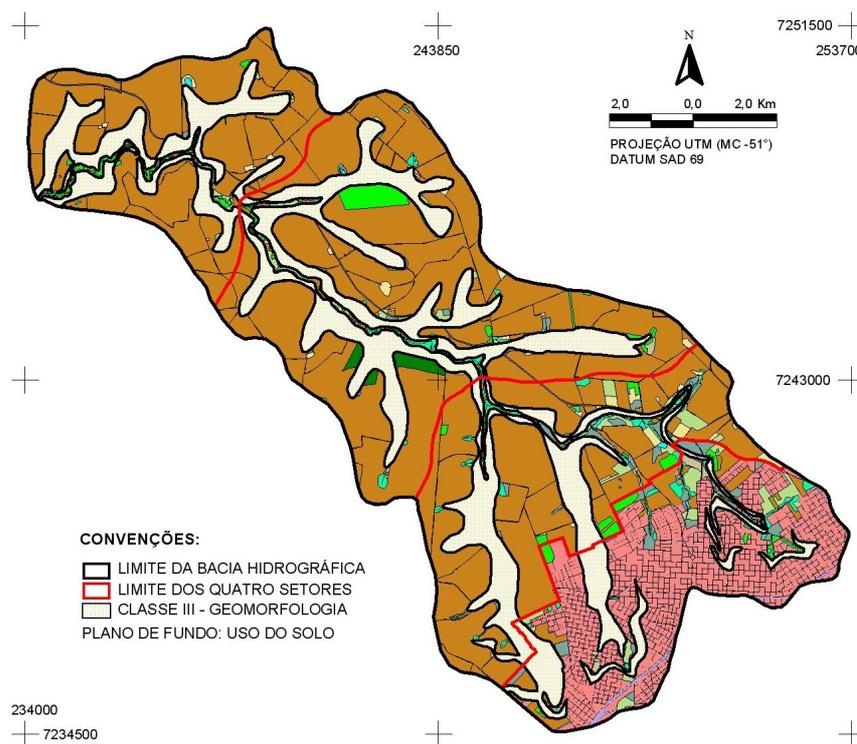


Figura 26 - Discriminação do uso do solo na classe III da geomorfologia.

FONTE: O AUTOR.

No setor urbano foram discriminadas 10 classes que são mostradas na Tabela 28. A classe loteamento possui maior ocorrência com 42,8%, seguida pela classe vegetação rasteira com 17,7% e agricultura com 12,5%, totalizando 51,6% da área correspondente às classes relacionadas à urbanização. A mata fechada ocupa 6,4% deste setor. Somente 2 classes: solo exposto e faixa de drenagem, não atingem 1% da área total do setor urbano.

Tabela 28 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor urbano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Loteamento	2.420	189,5	42,8%
Vegetação rasteira	12	78,4	17,7%
Agricultura	3	55,2	12,5%
Rua urbana	7	39,1	8,8%
Vegetação arbustiva	18	36,6	8,3%
Vegetação de médio porte	11	17,2	3,9%
Vegetação de grande porte	6	11,1	2,5%
Horticultura	3	9,0	2,0%
Solo exposto	2	3,7	0,8%
Faixa de drenagem	6	3,2	0,7%
Total	2.488	443,0	100%

No setor rural foram relacionadas 12 classes, apresentadas na Tabela 29. A classe agricultura continua predominante com 55,9% da área, seguida pela classe vegetação rasteira com 10,1%, e vegetação de grande porte ocupando 9,5%. A cobertura por mata fechada equivale a 22,0% da área e, da mesma forma que no perímetro urbano, somente 2 classes não atingem 1% da área total do setor rural da bacia.

Tabela 29 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - área rural

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	104	1.453,6	55,9%
Vegetação rasteira	59	262,6	10,1%
Vegetação de grande porte	40	246,3	9,5%
Vegetação de médio porte	72	237,0	9,1%
Vegetação arbustiva	39	177,2	6,8%
Reflorestamento	3	87,1	3,4%
Corpo d'água	26	39,0	1,5%
Ocupação rural	40	35,9	1,4%
Faixa de drenagem	5	22,9	0,9%
Estrada rural	23	27,7	1,1%
Horticultura	3	6,0	0,2%
Solo exposto	6	3,8	0,1%
Total	420	2.599,1	100%

Nesta classe é possível verificar um considerável acréscimo nos valores das classes correspondentes à vegetação e uma sensível redução nos índices de urbanização e atividade agrícola, mostrando uma característica diferenciada de ocupação em terrenos mais deformados, o que pode ser

visualizado na Figura 27, que mostra a separação da atividade antrópica e natural.

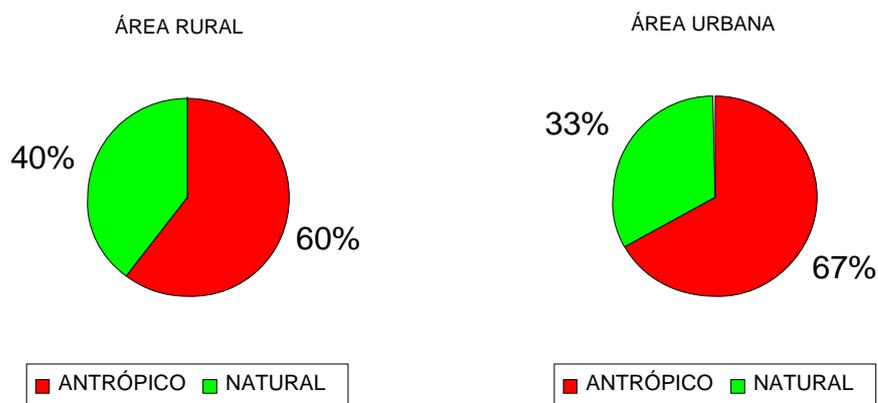


Figura 27 - Forma de ocupação da classe III da geomorfologia.

A ocupação antrópica na classe III tem uma redução significativa em relação às classes anteriores, tanto na área rural como urbana. A percentagem da classificação natural na área rural é superior à do perímetro urbano, contrariando os valores encontrados nas classes I e II da geomorfologia, mostrados anteriormente.

4.7.3.1 Uso do solo na classe III - setor rural

No setor alto foram discriminadas 11 classes, mostradas na Tabela 3. A classe agricultura possui 57,8%, seguida pelas classes: vegetação rasteira com 13,3% e vegetação de médio porte com 12,8%. A cobertura de mata fechada compreende 14,5% da área e 4 classes não atingem 1% da área total.

A Tabela 31 mostra as 11 classes de uso do setor mediano, no qual a classe agricultura cobre 51,1% da área, seguida pelas classes: vegetação rasteira com 10,7% e de grande porte com 10,3%. 27,6% da área ocupada por mata fechada e 2 classes não correspondem a 1% da área total deste setor.

Tabela 30 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor alto

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	24	393,6	57,8%
Vegetação rasteira	16	88,4	13,0%
Vegetação de médio porte	22	87,3	12,8%
Vegetação arbustiva	16	63,9	9,4%
Vegetação de grande porte	4	11,9	1,7%
Corpos d'água	9	10,1	1,5%
Ocupação rural	10	9,4	1,4%
Faixa de drenagem	4	5,6	0,8%
Horticultura	1	5,3	0,8%
Estrada rural	5	5,1	0,7%
Solo exposto	4	0,8	0,1%
Total	115	681,4	100%

Tabela 31 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor mediano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	47	643,7	51,1%
Vegetação rasteira	29	135,6	10,7%
Vegetação de grande porte	21	130,1	10,3%
Vegetação de médio porte	34	120,0	9,5%
Reflorestamento	3	87,1	6,9%
Vegetação arbustiva	15	83,2	6,6%
Corpos d'água	11	20,0	1,6%
Ocupação rural	18	15,2	1,2%
Estrada rural	11	13,0	1,0%
Faixa de drenagem	2	11,9	0,9%
Solo exposto	2	3,0	0,2%
Total	193	1.262,8	100%

A Tabela 32 mostra as 10 classes relacionadas no setor baixo. Nele, a classe agricultura ocupa 63,6% da área, seguida pela classe vegetação de grande porte e vegetação rasteira com 15,9% e 5,9%, respectivamente. Um total de 20,4% da área corresponde à mata fechada e 2 classes não equivalem a 1% da área total do setor com as menores elevações.

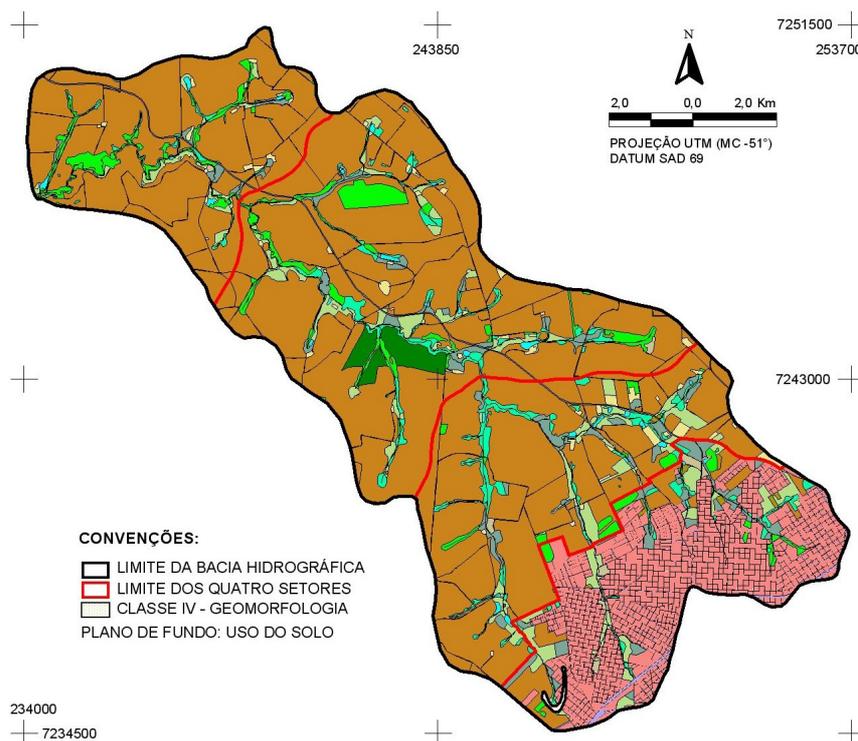
Dos três setores rurais, o que possui maior índice da classe agricultura é o setor baixo com 63,6% da sua área. O menor índice é encontrado no setor intermediário: 51,1%. Este setor é o que apresenta maior ocupação por mata fechada: 27,6% e a menor relação encontra-se no setor alto: 14,5% de mata.

Tabela 32 - Uso do solo na classe III (geomorfologia) - setor baixo

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	38	416,3	63,6%
Vegetação de grande porte	18	104,3	15,9%
Vegetação rasteira	15	38,6	5,9%
Vegetação arbustiva	9	30,1	4,6%
Vegetação de médio porte	18	29,7	4,5%
Ocupação rural	12	11,3	1,7%
Estrada rural	13	9,6	1,5%
Corpos d'água	6	8,9	1,4%
Faixa de drenagem	5	5,4	0,8%
Horticultura	2	0,7	0,1%
Total	136	654,9	100%

4.7.4 Uso do Solo na Classe IV – Geomorfologia

A classe IV (encostas íngremes) possui 15,2 hectares inseridos no perímetro urbano. As classes de uso são discriminadas na Tabela 33 e a visualização na Figura 28.

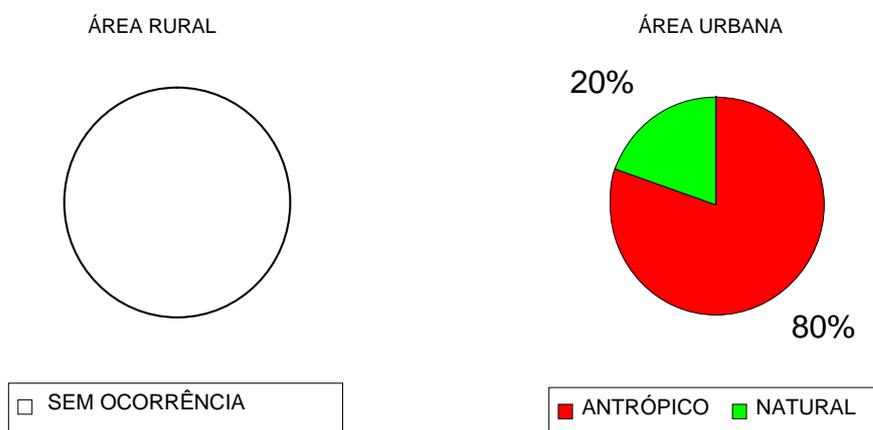
**Figura 28** - Discriminação do uso do solo na classe IV da geomorfologia.

FONTE: O AUTOR.

Tabela 33 - Uso do solo na classe IV (geomorfologia) - setor urbano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Loteamento	85	8,2	53,9%
Agricultura	1	2,8	18,4%
Vegetação de médio porte	2	2,0	13,2%
Rua urbana	1	0,9	5,9%
Vegetação rasteira	2	0,8	5,3%
Vegetação de grande porte	1	0,5	3,3%
Total	92	15,2	100%

A classe loteamento é a que possui maior relação: 53,9% da área, seguida pela classe agricultura: 18,4% e vegetação de médio porte: 13,2%. A ação do homem nesta classe é visualizada na Figura 29.

**Figura 29** - Forma de ocupação da classe IV da geomorfologia.

Mesmo sendo a classe com os maiores índices de deformação do terreno e correspondendo aos locais com maiores tendências a problemas ambientais, a atividade antrópica representa uma ocupação de 80% da área desta classe, contra 20% da atividade natural.

4.7.5 Uso do Solo na Classe VI – Geomorfologia

Para a classe VI (planície aluvionar), com área total de 414,9 hectares, os dados resultantes do cruzamento de informações com o mapa temático de uso do solo são mostrados na Figura 30.

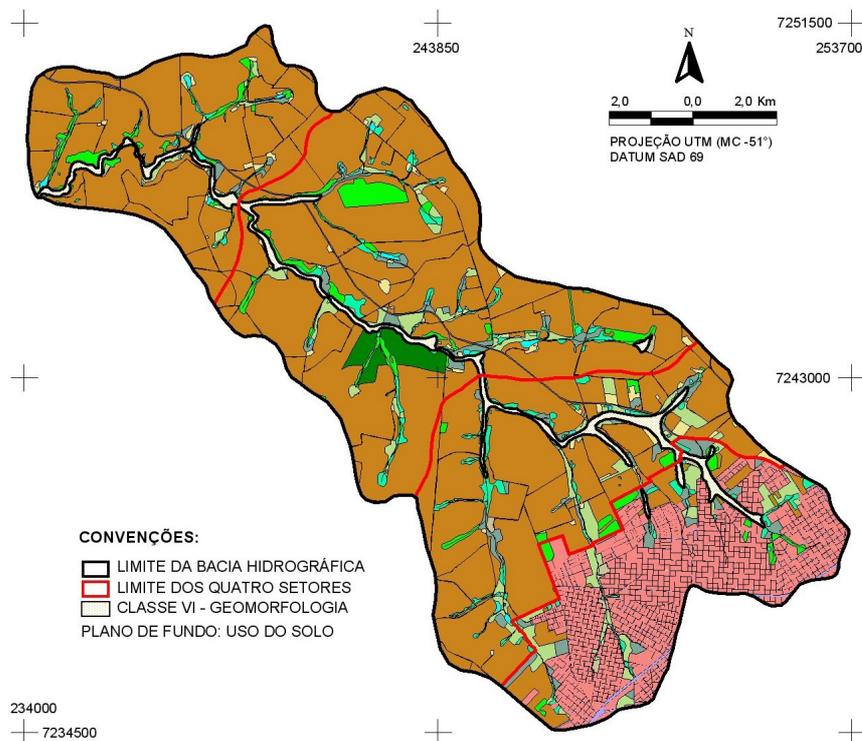


Figura 30 - Discriminação do uso do solo na classe VI da geomorfologia.

FONTES: O AUTOR.

Os valores das 11 classes encontradas para o setor urbano são apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor urbano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação arbustiva	12	21,8	35,5%
Loteamento	122	10,7	17,5%
Horticultura	2	8,9	14,5%
Vegetação de médio porte	7	5,7	9,3%
Vegetação rasteira	3	3,3	5,4%
Solo exposto	4	2,4	3,9%
Rua urbana	2	2,3	3,8%
Agricultura	3	1,9	3,1%
Faixa de drenagem	2	1,8	2,9%
Vegetação de grande porte	1	1,4	2,3%
Corpo d'água	1	1,1	1,8%
Total	159	61,3	100%

As três classes de maior ocorrência são: vegetação arbustiva: 35,5%, loteamento: 17,5% e horticultura: 14,5%. A classe agricultura ocupa 3,1% e a mata fechada cobre 11,6% da área urbana.

Na parcela rural foram identificadas 12 classes, mostradas na Tabela 35. As classes vegetação de médio e grande porte são predominantes com 23,5% e 20,1% da área, respectivamente. Seguidas pelas classes: vegetação rasteira com 18,5% e agricultura com 16,6%. A cobertura por mata fechada equivale a 45,5% da área total da área rural desta classe.

Tabela 35 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - área rural

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação de médio porte	19	83,5	23,5%
Vegetação de grande porte	13	71,2	20,1%
Vegetação rasteira	25	65,4	18,5%
Agricultura	32	58,7	16,6%
Vegetação arbustiva	13	36,7	10,4%
Faixa de drenagem	1	10,4	2,9%
Corpo d'água	12	9,7	2,7%
Reflorestamento	2	6,6	1,9%
Ocupação rural	5	4,5	1,3%
Solo exposto	2	2,3	0,7%
Horticultura	2	2,3	0,7%
Estrada rural	6	2,3	0,7%
Total	132	353,6	100%

Pode-se observar na Figura 31 que , tanto na área urbana como na área rural, há uma predominância do uso natural. A ação natural da parte urbanizada: 55% é inferior à da parcela rural 77%.

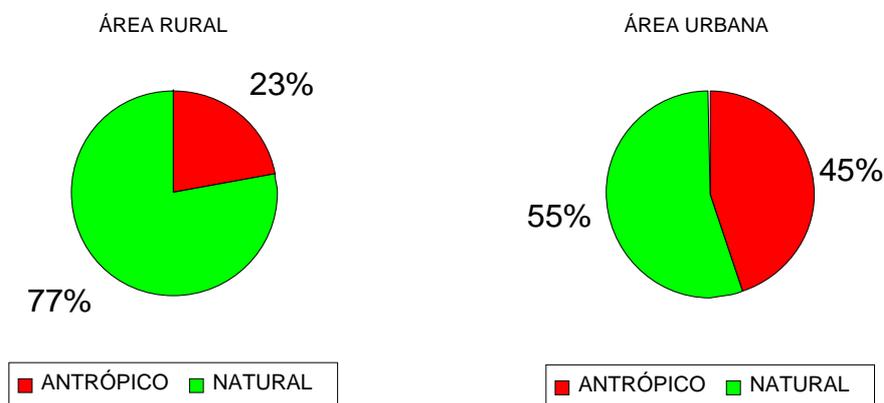


Figura 31 - Forma de ocupação da classe VI da geomorfologia.

4.7.5.1 Uso do solo na classe VI - setor rural

Fragmentando-se os valores totais da parcela rural, encontra-se a discriminação das 10 classes de uso do solo referentes ao setor alto da bacia, apresentados na Tabela 36. As três classes de maior ocorrência são: vegetação de médio porte: 38,7%, vegetação arbustiva: 21,1% e vegetação rasteira: 17,3%. A classe agricultura ocupa 7,2% e a mata fechada representa 40,1% desta área.

Tabela 36 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor alto

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação de médio porte	10	51,9	38,7%
Vegetação arbustiva	8	28,3	21,1%
Vegetação rasteira	8	23,2	17,3%
Agricultura	9	9,6	7,2%
Corpos d'água	8	8,5	6,3%
Ocupação rural	3	3,9	2,9%
Faixa de drenagem	1	3,8	2,8%
Solo exposto	2	2,3	1,7%
Vegetação de grande porte	3	1,9	1,4%
Estrada rural	3	0,8	0,6%
Total	55	134,2	100%

Na Tabela 37 são mostradas as 11 classes de uso do solo encontradas no setor mediano. As três classes mais representativas são: agricultura: 23,5%, vegetação rasteira: 23,5% e vegetação de médio porte: 23,1%. A área de mata fechada representa 43,7% e 4 classes não atingem 1% da área.

No setor mais distante da urbanização foram encontradas 9 classes, mostradas na Tabela 38. A classe vegetação de grande porte é predominante: 53,4%, seguida pela classe agricultura: 1,7% e vegetação rasteira: 13,5%. A área de mata fechada é representada por 56,1% e somente 1 classe não abrange 1% da área total do setor baixo.

Tabela 37 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor mediano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	12	29,6	23,5%
Vegetação rasteira	10	29,6	23,5%
Vegetação de médio porte	4	29,1	23,1%
Vegetação de grande porte	6	19,6	15,4%
Reflorestamento	2	6,6	5,2%
Vegetação arbustiva	3	6,0	4,8%
Faixa de drenagem	1	3,2	2,5%
Estrada rural	4	0,9	0,7%
Horticultura	1	0,7	0,6%
Ocupação rural	2	0,6	0,5%
Corpos d'água	1	0,3	0,2%
Total	46	1.26,2	100%

Tabela 38 - Uso do solo na classe VI (geomorfologia) - setor baixo

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação de grande porte	5	49,7	53,4%
Agricultura	14	19,5	20,9%
Vegetação rasteira	7	12,6	13,5%
Faixa de drenagem	1	3,4	3,6%
Vegetação de médio porte	6	2,5	2,7%
Vegetação arbustiva	2	2,4	2,6%
Horticultura	1	1,6	1,7%
Corpos d'água	3	0,9	1,0%
Estrada rural	3	0,6	0,6%
Total	42	93,2	100%

Comparando-se os três setores rurais, é possível verificar que existe alternância entre as classes predominantes de uso do solo nessas áreas. O setor baixo é o que possui maior relação de área de mata fechada: 56,1%; o setor intermediário possui a maior percentagem da classe agricultura e o setor circunvizinho ao perímetro urbano enquadra três classes de vegetação como predominantes.

4.8 RELAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA COM OS CURSOS D'ÁGUA

Para verificar o comportamento das classes de geomorfologia, em relação ao afastamento dos corpos d'água, foram utilizadas as três faixas criadas com equidistância de cem metros para o cruzamento de informações.

Os valores das classes de geomorfologia inseridas na área de abrangência da faixa 1 podem ser verificados na Tabela 39, onde possível perceber que a classe III é predominante, pois ocupa uma área de 63,9% desta faixa, indicando a forte presença de terrenos dobrados nas proximidades dos cursos d'água. As classes VI (17,9%) e II (17,6%) possuem uma relação semelhante de áreas.

Tabela 39 - Discriminação da geomorfologia na faixa 1

Classe	Descrição	Área (ha)	Relação
III	Encostas intermediárias	1.364,8	63,9%
VI	Planície aluvionar	383,3	17,9%
II	Encostas suaves	375,7	17,6%
I	Topos convexos	12,9	0,6%
IV	Encostas íngremes	0,80	0,0%
Total	---	2.137,5	100%

Os valores visualizados na Tabela 40 mostram as classes da faixa 2, que possui sua área praticamente segmentada em duas partes. Formada quase na totalidade pelas classes III (51,94%) e classe II (43,45%). Mostrando que o terreno desta área começa a se planificar.

Tabela 40 - Discriminação da geomorfologia na faixa 2

Classe	Descrição	Área (ha)	Relação
III	Encostas intermediárias	1.033,0	51,9%
II	Encostas suaves	864,1	43,5%
I	Topos convexos	56,8	2,9%
VI	Planície aluvionar	28,4	1,4%
IV	Encostas íngremes	6,4	0,3%
Total	---	1.988,7	100%

Na Tabela 41 são discriminadas as classes inseridas na faixa 3, na qual 75,6% da área é composta pelas classes I e II, mostrando que, a partir deste ponto, há uma predominância de terrenos com pouca ondulação.

Tabela 41 - Discriminação da geomorfologia na faixa 3

Classe	Descrição	Área (ha)	Relação
II	Encostas suaves	1.285,6	68,7%
III	Encostas intermediárias	448,7	24,0%
I	Topos convexos	129,2	6,9%
IV	Encostas íngremes	5,4	0,3%
VI	Planície aluvionar	1,9	0,1%
Total	---	1.870,8	100%

4.9 RELAÇÃO DO USO DO SOLO E OS CURSOS D'ÁGUA

Para verificação da situação do uso do solo na área próxima aos córregos, foram utilizadas no cruzamento de informação as quatro zonas originadas a partir das faixas especificadas anteriormente. A discriminação dessas zonas é mostrada na Tabela 42 e sua visualização na Figura 32.

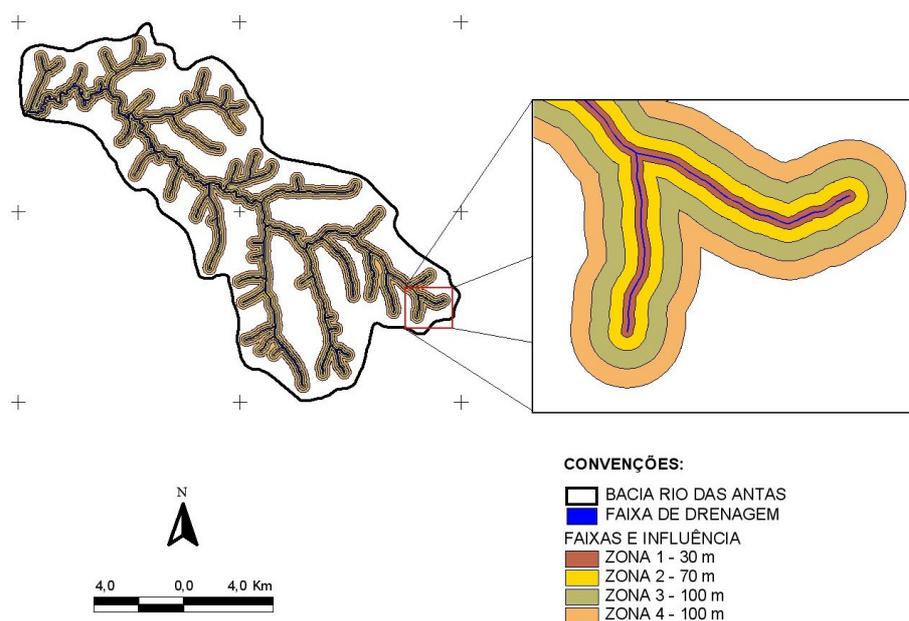


Figura 32 - Zonas de influência para verificação do uso do solo.

FONTE: O AUTOR.

Tabela 42 - Zonas de afastamento em relação ao curso d'água

Zona	Afastamento da faixa de drenagem	Área (ha)
1	0 a 30 m	684,6
2	30 a 100 m	1.452,9
3	100 a 200 m	1.988,7
4	200 a 300 m	1.870,8
Total	---	5.997,0

4.9.1 Uso do Solo na Zona 1

A zona 1, com 30 metros de largura contados a partir da classe faixa de drenagem, corresponde à área que deveria ser destinada à vegetação ciliar, conforme estabelecido pelo Código Florestal para cursos d'água com largura inferior a 10 metros.

As classes de uso do solo encontradas no perímetro urbano são apresentadas na Tabela 43. A maior ocorrência é a da classe vegetação rasteira: 20,3% da área. As classes que representam mata fechada cobrem somente 24,5% desta zona, revelando a falta da conscientização ambiental na área do perímetro urbano de Cascavel.

Tabela 43 - Uso do solo na zona 1 - setor urbano

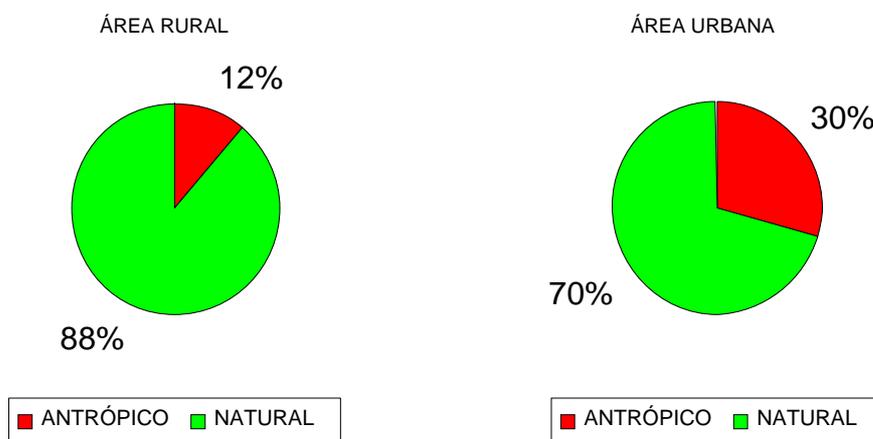
Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação rasteira	32	25,8	20,3%
Vegetação arbustiva	42	24,9	19,5%
Vegetação de médio porte	31	22,6	17,8 %
Loteamento	339	21,3	16,7%
Vegetação de grande porte	7	8,6	6,7%
Faixa de drenagem	13	7,8	6,1%
Rua urbana	10	6,8	5,3%
Horticultura	13	6,4	5,0%
Agricultura	6	1,3	1,0%
Solo exposto	6	1,0	0,8%
Corpo d'água	5	1,0	0,8%
Total	564	127,5	100%

Na área rural (Tabela 44) a classe vegetação de médio porte possui maior ocorrência, cobrindo 28,6% da área. A cobertura por mata fechada corresponde a 55,6%, ou seja, pouco mais da metade da área está protegida.

Tabela 44 - Uso do solo na zona 1 - área rural

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação de médio porte	114	159,3	28,6%
Vegetação de grande porte	69	149,1	26,8%
Vegetação rasteira	101	84,6	15,2%
Vegetação arbustiva	68	63,4	11,4%
Agricultura	74	45,5	8,2%
Faixa de drenagem	11	35,3	6,3%
Corpo d'água	41	12,8	2,3%
Estrada rural	37	2,9	0,5%
Ocupação rural	13	1,8	0,3%
Reflorestamento	3	0,9	0,2%
Horticultura	2	0,8	0,1%
Solo exposto	4	0,7	0,1%
Total	537	557,1	100%

A atividade humana na área urbana e rural da zona 1 é visualizada na Figura 33. Percebe-se que a atividade antrópica na parte urbana é superior em relação à área rural.

**Figura 33** - Forma de ocupação na zona 1.

4.9.1.1 Uso do solo na zona 1 - setor rural

Na Tabela 45 são apresentadas as 11 classes de uso do solo encontradas no setor alto. A classe vegetação de médio porte é predominante com 42,6% desta zona. A cobertura por mata fechada é igual a 46,9%, ou seja, não corresponde à metade da área desta zona.

Tabela 45 - Uso do solo na zona 1 - setor alto

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação de médio porte	36	71,0	42,6%
Vegetação rasteira	35	30,9	18,5%
Vegetação arbustiva	28	30,4	18,2%
Agricultura	21	10,8	6,5%
Faixa de drenagem	8	10,7	6,4%
Vegetação de grande porte	5	7,2	4,3%
Corpos d'água	15	3,9	2,3%
Solo exposto	3	0,6	0,4%
Estrada rural	12	0,5	0,3%
Horticultura	1	0,5	0,3%
Ocupação rural	4	0,3	0,2%
Total	168	166,8	100%

As 11 classes de uso do solo do setor mediano são mostradas na Tabela 46. A classe vegetação de médio porte aparece como a de maior índice: 27,8% e a cobertura de mata fechada totaliza 53,2% da área, ou seja, corresponde a pouco mais da metade da área da zona 1.

Tabela 46 - Uso do solo na zona 1 - setor mediano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação de médio porte	61	69,9	27,8%
Vegetação de grande porte	35	62,8	25,0%
Vegetação rasteira	50	43,9	17,5%
Vegetação arbustiva	30	25,5	10,2%
Agricultura	32	22,9	9,1%
Faixa de drenagem	3	15,8	6,3%
Corpos d'água	20	6,4	2,5%
Ocupação rural	6	1,2	0,5%
Estrada rural	21	1,7	0,7%
Reflorestamento	3	0,9	0,4%
Solo exposto	1	0,1	0,0%
Total	262	251,1	100%

Na Tabela 47 são apresentadas as 10 classes de uso do setor alto. A classe vegetação de grande porte é predominante, ocupando 56,8% desta zona, que possui 70,0% da área coberta pelas classes equivalentes à mata fechada.

Tabela 47 - Uso do solo na zona 1 - setor baixo

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Vegetação de grande porte	31	79,1	56,8%
Vegetação de médio porte	19	18,4	13,2%
Agricultura	25	11,8	8,5%
Vegetação rasteira	16	9,8	7,1%
Faixa de drenagem	2	8,8	6,3%
Vegetação arbustiva	11	7,5	5,4%
Corpos d'água	6	2,5	1,8%
Estrada rural	9	0,7	0,5%
Horticultura	1	0,3	0,2%
Ocupação rural	3	0,3	0,2%
Total	123	139,2	100%

Analisando-se os resultados dessa fragmentação da área rural em setores, é possível verificar que o setor mais afastado do perímetro urbano é o que possui a maior cobertura de floresta e o mais próximo o que possui a menor parcela da área ocupada por mata fechada.

4.9.2 Uso do Solo na Zona 2

A zona 2, que possui 70 metros de largura subseqüentes a APP, possui 10 classes de uso no setor urbano, conforme Tabela 48. A classe loteamento possui a maior percentagem de ocupação da área: 39,0% e somente 10,2% correspondentes à área de mata fechada.

Tabela 48 - Uso do solo na zona 2 - setor urbano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Loteamento	1.674	108,9	39,0%
Vegetação rasteira	30	46,2	16,5%
Vegetação arbustiva	35	38,2	13,7%
Rua urbana	6	24,1	8,6%
Vegetação de médio porte	23	20,3	7,3%
Horticultura	6	13,5	4,8%
Agricultura	6	13,0	4,6%
Vegetação de grande porte	7	8,1	2,9%
Solo exposto	5	5,6	2,0%
Corpo d'água	3	1,5	0,5%
Total	1.795	279,4	100%

Na parte rural desta zona, a classe agricultura corresponde a 45,1% e a cobertura por mata fechada a 24,8% da área.

Tabela 49 - Uso do solo na zona 2 - área rural

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	96	528,7	45,1%
Vegetação rasteira	85	172,4	14,7%
Vegetação de médio porte	95	143,8	12,3%
Vegetação de grande porte	58	121,2	10,3%
Vegetação arbustiva	55	112,0	9,5%
Corpo d'água	34	31,4	2,7%
Reflorestamento	3	25,5	2,2%
Ocupação rural	35	19,2	1,6%
Estrada rural	40	12,2	1,0%
Horticultura	3	4,2	0,4%
Solo exposto	6	2,9	0,2%
Total	510	1.173,5	100%

Em relação à atividade humana, na zona 2, foram encontrados os valores visualizados na Figura 34, que indicam uma predominância da atividade antrópica, tanto na área urbana com na parte rural da bacia, com uma diferença de 9% entre as áreas.

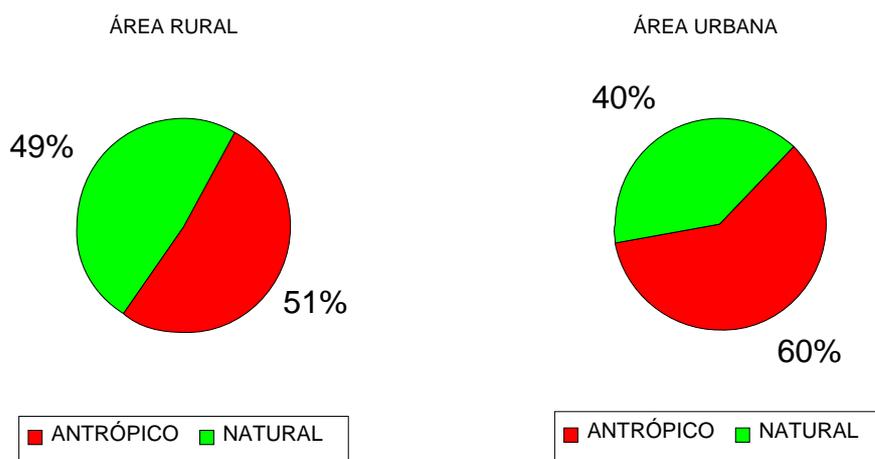


Figura 34 - Forma de ocupação na zona 2.

Considerando a fragmentação da área rural em setores (Apêndice A), verifica-se que a classe agricultura é predominante nos três setores. A maior ocorrência é verificada no setor baixo: 52,2%, seguido pelo setor mediano: 43,7% e pelo setor alto com 41,4%. A cobertura por mata fechada tem maior

relação no setor mediano: 28,1%, seguido pelo setor baixo: 23,7% e pelo setor alto com 20,6%.

4.9.3 Uso do Solo na Zona 3

No setor urbano da zona 3, que possui largura de 100 m, estão inseridas as 10 classes discriminadas na Tabela 50. A classe loteamento é predominante com 53,9% da zona. Somente 4,9% da área equivalem às classes que representam mata fechada.

Tabela 50 - Uso do solo na zona 3 - setor urbano

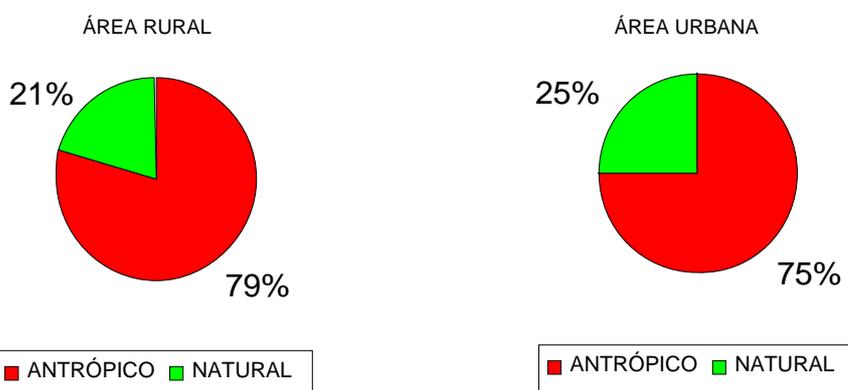
Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Loteamento	3.158	213,0	53,9%
Vegetação rasteira	20	45,0	11,4%
Rua urbana	3	44,1	11,2%
Vegetação arbustiva	20	35,3	8,9%
Agricultura	8	25,3	6,4%
Vegetação de médio porte	15	12,9	3,3%
Horticultura	5	7,3	1,8%
Vegetação de grande porte	7	6,4	1,6%
Solo exposto	5	5,3	1,3%
Corpo d'água	1	0,6	0,2%
Total	3.242	395,2	100%

Considerando a parcela rural, do total das 10 classes mostradas na Tabela 51, a classe agricultura ocupa uma área corresponde a 73,9% desta zona e a cobertura por mata fechada a 9,8% do total da área.

Tabela 51 - Uso do solo na zona 3 - área rural

Classe	Contagem (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	107	1.177,6	73,9%
Vegetação rasteira	61	104,6	6,6%
Vegetação arbustiva	43	72,2	4,5%
Vegetação de grande porte	35	62,3	3,9%
Vegetação de médio porte	56	47,1	3,0%
Reflorestamento	3	46,3	2,9%
Ocupação rural	48	40,3	2,5%
Estrada rural	43	23,6	1,5%
Corpo d'água	18	11,3	0,7%
Horticultura	3	5,6	0,3%
Solo exposto	5	2,6	0,2%
Total	422	1.593,5	100%

Em relação à atividade antrópica da zona 3, foram encontrados os valores visualizados na Figura 35.

**Figura 35** - Forma de ocupação na zona 3.

Tanto no setor urbano (75%) como na área rural (79%), verifica-se uma predominância da atividade antrópica em relação ao uso natural e há semelhança nos valores relacionados à ocupação natural. A menor ocorrência é identificada na parcela rural.

Considerando-se a fragmentação desta zona em setores (Apêndice B), verifica-se que a classe agricultura continua predominante nos três setores, com a maior ocorrência verificada no setor baixo: 80,1%, seguido pelo setor alto: 75,0% e com a menor relação o setor mediano: 70,0%. A cobertura por mata fechada tem maior relação no setor mediano: 14,8%, seguido pelo setor baixo: 6,7% e com a menor ocorrência o setor circunvizinho ao perímetro urbano: 20,6%.

4.9.4 Uso do Solo na Zona 4

A zona 4, também com largura de 100 m, possui 9 classes de uso na área urbanizada (Tabela 52). A classe loteamento equivale a 61,4% e a cobertura por mata fechada a 3,4% da área.

Tabela 52 - Uso do solo na zona 4 - setor urbano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Loteamento	3.448	239,2	61,4%
Rua urbana	6	49,5	12,7%
Agricultura	9	34,8	8,9%
Vegetação rasteira	13	28,6	7,3%
Vegetação arbustiva	15	20,5	5,3%
Vegetação de grande porte	4	8,1	2,1%
Vegetação de médio porte	5	5,1	1,3%
Solo exposto	6	3,7	1,0%
Corpo d'água	1	0,1	0,0%
Total	3.508	389,6	100%

Na parte rural da zona 4, que possui no total 11 classes de uso (Tabela 53), a classe agricultura é predominante, compreendendo 87,6% da área. A cobertura das classes equivalentes à mata fechada corresponde a 6,2% da área desta zona.

Tabela 53 - Uso do solo na zona 4 - área rural

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	99	1.296,9	87,6%
Vegetação de grande porte	24	38,7	2,6%
Reflorestamento	3	38,7	2,6%
Vegetação rasteira	31	32,8	2,2%
Estrada rural	43	20,1	1,4%
Vegetação arbustiva	25	18,5	1,3%
Ocupação rural	28	17,9	1,2%
Vegetação de médio porte	18	14,5	1,0%
Horticultura	2	2,0	0,1%
Corpo d'água	1	0,7	0,0%
Solo exposto	2	0,4	0,0%
Total	276	1.481,2	100%

Na Figura 36 é possível ser visualizado o domínio da atividade antrópica na área urbana e rural. A menor relação da classe natural localizada na parcela rural desta zona.

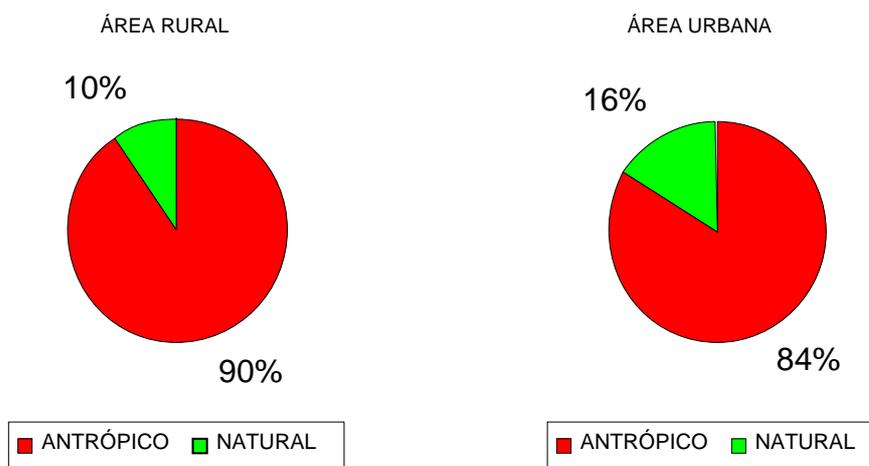


Figura 36 - Forma de ocupação na zona 4.

Considerando-se a fragmentação desta área rural em setores (Apêndice C), verifica-se que a classe agricultura continua predominante nos três setores. A maior ocorrência é verificada no setor baixo: 93,8%, seguido pelo setor alto: 89,6% e pelo setor mediano: 83,1%. A cobertura das classes relacionadas à mata fechada tem maior relação no setor mediano: 11,0%, seguido pelo setor baixo: 2,4% e com a menor percentagem de floresta o setor alto: 1,7%.

4.10 RESERVA LEGAL

Com os dados encontrados, foi possível simular as condições de preservação ambiental relacionadas à cobertura florestal que, segundo o Código Florestal Brasileiro, devem ser de 20% das propriedades rurais.

Considerando-se a área rural da bacia, que possui no total 10.621,8 ha, e descontando-se a área de 557,1 ha correspondente a zona 1, tem-se uma área de referência com 10.064,7 ha, ou seja, deveriam ser cobertos por remanescentes florestais um total de 2.012,9 ha (20%). Porém somente

700,1 ha são ocupados pelas classes: vegetação de grande porte, reflorestamento e vegetação de médio porte, que representam as classes de uso do solo exigidas pela legislação.

Chegando ao resultado que mostra somente 34,8% da área de reserva legal ocupados por remanescentes florestais, sendo necessário o reflorestamento de 1.312,8 ha para o efetivo cumprimento da lei.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa sobre a caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio das Antas, permitem concluir que:

- A utilização do *software ArcView 3.2* foi fundamental na manipulação, relacionamento e quantificação das informações.
- O mosaico da imagem de satélite da área rural mostrou-se eficiente na visualização da ocupação atual da bacia e base para esta coleta dos dados de uso do solo.
- A bacia hidrográfica do Rio das Antas, por estar inserida parcialmente no perímetro urbano do município de Cascavel, possui características completamente diferentes em relação ao uso do solo, quando comparadas as parcelas pertencentes à área rural e à parte urbana. Do total de 134,53 km², 21% correspondem à parcela urbanizada e 79% pertencem à área rural.
- Os índices físicos mostram que a área não possui problemas relacionados ao comportamento hidrológico, pois a forma geométrica da bacia e as características da rede de drenagem indicam baixa propensão à ocorrência de cheias.
- Os terrenos desta bacia possuem declividades baixas. 47,11% da área possuem uma inclinação inferior a 5% de declividade e somente 9,9% da área total tem declividades superiores a 10%.
- Em relação à geomorfologia, a bacia apresenta 74,2% da área inserida nas classes: topos convexos e encostas suaves, mostrando que a bacia não apresenta problemas relativos a terrenos acidentados, sendo um incentivo à prática da agricultura.
- Considerando-se o uso do solo na área urbana, 73,0% da área é ocupada por classes relacionadas à urbanização e na parte rural,

a classe agricultura é predominante: 80,3% desta parcela. O setor alto é o que possui a maior relação de área de cultivo: 84,8% e o setor circunvizinho ao perímetro possui a menor relação: 78,6%.

- O cruzamento dos dados da geomorfologia com as informações do uso do solo mostrou que, tanto na área urbana como na rural, os terrenos mais planificados são ocupados pelas classes relacionadas à ação antrópica.
- Os topos convexos possuem 98% da parcela rural e 90% da área urbana cobertos por classes relacionadas à atividade antrópica. Os índices naturais são aumentados proporcionalmente, em razão da deformação do terreno que, para as encostas intermediárias, ocupam 40% e 33% das áreas rural e urbana, respectivamente.
- Na verificação da vegetação ciliar, o perímetro urbano possui somente 24,5% da área formada pelas classes correspondentes à mata fechada. Quando analisado na parcela rural, este índice sobe para 55,6% da área. Em relação aos setores rurais, o setor baixo é o que possui maior relação de área coberta por mata, que representa 70,0% da sua área e o setor alto possui a menor relação com 46,9%.
- O descaso ambiental é confirmado pela quantificação da reserva legal que deveria possuir 2.012,9 ha cobertos por remanescentes florestais, porém somente 34,8% desta área são ocupados pelas classes correspondentes à mata fechada, sendo necessário o reflorestamento de 1.312,8 ha, para o cumprimento da lei.

REFERÊNCIAS

AQUINO, M. D.; MOTA, S.; TAVARES, S.; LOPES, M. M.; NERY, H. A. A importância da mata ciliar na qualidade da água dos reservatórios que abastecem a região metropolitana de Fortaleza. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 1 CD-ROM.

ANDRADE PINTO, L. V. A; FERREIRA, E.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Revista Cerne**, Lavras - MG, v. 11, n. 1, p. 49-60, 2005.

ARAÚJO, R. N. **Mapeamento da cobertura do solo utilizando imagem Spot**. 2004. 35 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

CASCAVEL. Prefeitura Municipal de Cascavel. Secretaria de Planejamento – SEPLAN. **Base cartográfica municipal**. 2005.

CARVALHO, M. A.; CHAUDRHY, F. H. Aplicação de hidrograma unitário geomorfológico na previsão de respostas hidrológicas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 6, n. 4. p. 5-17 p. 2001.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 7, n. 3. p. 43-51, 2002.

CHAVES, F. T. **O uso do geoprocessamento para o planejamento de corredores de biodiversidade na bacia hidrográfica do rio Caraíba em um modelo de gestão compartilhada**. 2005. 49 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

CRISÓSTOMO, A. P. N. **Mapeamento geoambiental com imagem de satélite do Vale do Paraíba**. 2003. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

CUNHA, A. M.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; REZENDE, S. B.; RIBEIRO, L. S. Mosaico digital de aerofotos não-convencionais na avaliação de recursos naturais: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental – Agriambi**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 182-187, 2006.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental – Agriambi**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **ArcView GIS v. 3.2**. Redlands – USA: ESRI, 1996.

FERNANDES, S. C.; CERNESSON, F.; EID, N. J. Avaliação de imagens de alta e muita alta resolução espacial como subsídio à gestão dos recursos hídricos. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 1 CD-ROM.

GALVÍNCIO, J. D.; SOUSA, F. A. S. Uso do modelo Topaz para a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 9, n. 4. p. 69-75, 2004.

GOOGLE EARTH. **Google earth plus**. v. 3.0. Explorar, procurar e descobrir. Disponível em: <<http://www.earth.google.com/download-earth.html>>. Acesso em: 10/04/2006.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/Sma/Estacoes_IAPAR/Estacoes_Parana.htm>. Acesso em: 08/06/2006.

JORGE, M. C. O. **Zoneamento ambiental do município de Ubatuba – SP**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

FERREIRA JÚNIOR, F. B. **Mapeamento da cobertura do solo utilizando imagem Áster - usina hidroelétrica de Emborcação**. 2005. 31 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

LIMA, J. R.; BARBOSA, M. P.; DANTAS NETO, J. Avaliação do incremento de açudes e sua relação com o uso do solo, através de uso de imagens TM/Landsat-5: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente – Agriambi**, Campina Grande, v. 2, n. 2. p. 243-245, 1998.

LIMA, Z. M. C.; RIBEIRO, M. R.; LIMA, A.T.O. Utilização de imagem TM/Landsat-5 como ferramenta no mapeamento de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente – Agriambi**, Campina Grande, v. 5, n. 3. p. 425-430, 2001.

MINERAIS DO PARANÁ S/A. - MINEROPAR, **Avaliação geológica, geotécnica para o planejamento territorial e urbano do Município de Cascavel**. Relatório final de serviço geológico nos municípios. Curitiba: Mineropar, 2004. 52 p.

NAPOLEÃO, R. P. **Zoneamento ambiental como subsídio à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Capivari (SP)**. 2003. 192 f. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

OLIVEIRA, F. H.; DUARTE, A. C.; SANTO, M. A. Mapeamento do Uso de Solo da Futura Área de Inundação para Construção da Usina Hidrelétrica de Monjolinho RS. CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO – COBRAC, 2006. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. 1 CD-ROM.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre – RS: Evangraf. 627 p. 2003.

RODRIGUES, G. A. **Identificação e espacialização das sub-bacias de maior potencial erosivo, na bacia hidrográfica da Lagoa de Ibité – MG**. 2004. 32 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. 2004. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

SANTOS, G. A.; ANDRADE, M. M. Identificação de corpos d'água na bacia do Rio Jenipapo utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 1 CD-ROM.

SOARES, P. V.; PEREIRA, S. Y.; SIMÕES, S. J. C.; BERNARDES, G. P. Aplicação do conceito de geoindicadores na avaliação da disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas – uma abordagem introdutória. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 11, n. 1. p. 111-117, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo-SP: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Uso do solo na zona 2 da área rural da bacia hidrográfica

Setor Alto

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	28	146,2	41,4%
Vegetação de médio porte	32	66,7	18,9%
Vegetação rasteira	27	56,0	15,9%
Vegetação arbustiva	23	50,5	14,3%
Corpos d'água	14	13,0	3,7%
Ocupação rural	9	7,5	2,1%
Vegetação de grande porte	5	6,1	1,7%
Estrada rural	13	2,9	0,8%
Horticultura	1	2,6	0,7%
Solo exposto	3	1,8	0,5%
Total	155	353,3	100%

Setor Mediano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	43	233,6	43,7%
Vegetação rasteira	40	82,7	15,5%
Vegetação de médio porte	46	65,6	12,3%
Vegetação de grande porte	27	59,1	11,0%
Vegetação arbustiva	22	42,6	8,0%
Reflorestamento	3	25,5	4,8%
Corpos d'água	14	12,3	2,3%
Ocupação rural	15	7,7	1,4%
Estrada rural	21	4,6	0,9%
Solo exposto	3	1,1	0,2%
Horticultura	1	0,3	0,1%
Total	235	535,1	100%

Setor Baixo

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	31	148,9	52,2%
Vegetação de grande porte	27	56	19,7%
Vegetação rasteira	18	33,7	11,8%
Vegetação arbustiva	11	18,9	6,6%
Vegetação de médio porte	19	11,5	4,0%
Corpos d'água	6	6,1	2,1%
Estrada rural	12	4,7	1,7%
Ocupação rural	11	4,0	1,4%
Horticultura	1	1,3	0,5%
Total	136	285,1	100%

APÊNDICE B – Uso do solo na zona 3 da área rural da bacia hidrográfica

Setor Alto

Classe	Contagem (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	31	362,0	75,0%
Vegetação rasteira	20	41,8	8,7%
Vegetação arbustiva	16	29,2	6,0%
Vegetação de médio porte	19	19,4	4,0%
Ocupação rural	14	13,5	2,8%
Estrada rural	14	6,3	1,3%
Corpos d'água	9	4,8	1,0%
Vegetação de grande porte	2	2,7	0,6%
Horticultura	1	2,4	0,5%
Solo exposto	3	0,6	0,1%
Total	129	482,7	100%

Setor Mediano

Classe	Contagem (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	49	514,2	70,0%
Vegetação rasteira	27	47,1	6,4%
Reflorestamento	3	46,3	6,3%
Vegetação de grande porte	19	37,2	5,1%
Vegetação arbustiva	18	34,3	4,7%
Vegetação de médio porte	29	24,7	3,4%
Ocupação rural	21	13,3	1,8%
Estrada rural	22	9,4	1,3%
Corpos d'água	5	3,1	0,4%
Horticultura	1	2,7	0,4%
Solo exposto	2	2,0	0,3%
Total	196	734,3	100%

Setor Baixo

Classe	Contagem (un)	Área (há)	Relação
Agricultura	33	301,4	80,1%
Vegetação de grande porte	14	22,4	5,9%
Vegetação rasteira	14	15,7	4,2%
Ocupação rural	13	13,5	3,6%
Vegetação arbustiva	10	8,7	2,3%
Estrada rural	13	7,9	2,1%
Corpos d'água	4	3,4	0,9%
Vegetação de médio porte	10	3,0	0,8%
Horticultura	1	0,5	0,1%
Total	112	376,5	100%

APÊNDICE C – Uso do solo na zona 4 da área rural da bacia hidrográfica

Setor Alto

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	31	402,0	89,6%
Vegetação rasteira	11	16,5	3,7%
Ocupação rural	10	8,5	1,9%
Vegetação arbustiva	10	8,2	1,8%
Vegetação de grande porte	4	5,1	1,1%
Vegetação de médio porte	3	2,8	0,6%
Estrada rural	12	5,3	1,2%
Horticultura	1	0,1	0,0%
Solo exposto	1	0,1	0,0%
Total	83	448,6	100%

Setor Mediano

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	46	573,9	83,1%
Reflorestamento	3	38,7	5,6%
Vegetação de grande porte	11	25,7	3,7%
Vegetação rasteira	15	14,4	2,1%
Vegetação de médio porte	11	11,5	1,7%
Vegetação arbustiva	13	9,0	1,3%
Ocupação rural	10	6,2	0,9%
Estrada rural	26	8,9	1,3%
Horticultura	1	1,9	0,3%
Solo exposto	1	0,3	0,0%
Total	137	690,5	100%

Setor Baixo

Classe	Entidades (un)	Área (ha)	Relação
Agricultura	29	321,0	93,8%
Vegetação de grande porte	9	7,9	2,3%
Ocupação rural	8	3,2	0,9%
Estrada rural	12	5,9	1,7%
Vegetação rasteira	5	1,9	0,6%
Vegetação arbustiva	2	1,3	0,4%
Corpos d'água	1	0,7	0,2%
Vegetação de médio porte	4	0,2	0,1%
Total	70	342,1	100%