

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

PAULA MARIELE MENEGUZZO

**“EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA
BACIA DO ARROIO DA RONDA (PONTA GROSSA - PR) E SUA INFLUÊNCIA
NOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS”**

PONTA GROSSA

2009

PAULA MARIELE MENEGUZZO

**“EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA
BACIA DO ARROIO DA RONDA (PONTA GROSSA - PR) E SUA INFLUÊNCIA
NOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS”**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Mestrado em Gestão do Território.

Orientador: Dr. Edivaldo Lopes Thomaz

PONTA GROSSA
2009

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

M541e Meneguzzo, Paula Mariele
“Evolução do uso da terra na Bacia do Arroio da Ronda (Ponta Grossa-PR) e sua influência nos processos geomorfológicos”. / Paula Mariele Meneguzzo. Ponta Grossa, 2009.
148 f.
Dissertação (Mestrado em Geografia - Linha de Pesquisa : Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador : Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz

1. Bacia hidrográfica. 2. Uso da terra 3. Processos morfológicos . 4. Ponta Grossa . I. Thomaz, Edivaldo Lopes. II. T.

CDD : 370.71

TERMO DE APROVAÇÃO

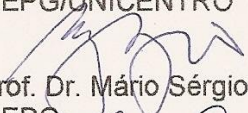
PAULA MARIELE MENEGUZZO

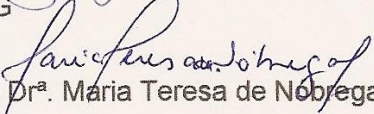
**"EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA BACIA DO ARROIO DA RONDA
(PONTA GROSSA - PR) E SUA INFLUÊNCIA NOS PROCESSOS
GEOMORFOLÓGICOS "**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador


Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz
UEPG/UNICENTRO


Prof. Dr. Mário Sérgio de Melo
UEPG


Prof.ª Dr.ª Maria Teresa de Nobrega
UEM

Ponta Grossa, 31 de agosto de 2009

Dedico este trabalho à minha mãe Fátima, ao Professor Mário Sérgio, ao Professor Edivaldo e ao meu esposo Juliano, pois sem o incentivo e apoio dessas pessoas esse trabalho não teria sido concluído.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Fátima que com carinho e amor esteve sempre ao meu lado, ajudando em tudo o que podia, dando incentivo e calma nos momentos mais angustiantes.

Ao Prof. Dr. Mário Sérgio de Melo pelas palavras amigas e de incentivo proferidas em momentos difíceis, pelas sugestões e empréstimo de materiais.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz pelo aceite de orientação, pelas contribuições e auxílio no desenvolvimento desta dissertação.

Ao meu irmão Isonel pelas leituras críticas, idéias sugeridas e auxílio nos trabalhos de campo.

Ao meu pai Professor Ivan Meneguzzo pelo auxílio nos trabalhos de campo, pela ajuda financeira para desenvolver essa dissertação e por todo o esforço que fez durante toda a sua vida para nos proporcionar a melhor formação possível, tanto pessoal, quanto profissional. Agradeço também por todos os seus exemplos e conselhos que levarei por toda a minha vida e que fizeram de mim a pessoa e profissional que sou hoje.

Ao meu esposo Juliano pelo auxílio técnico prestado em todos os momentos e principalmente nos instantes finais, bem como pela compreensão de minha ausência em muitos instantes.

A Prof^ª. Dr^ª. Sílvia Méri Carvalho sempre pronta a ajudar e contribuir. Meus sinceros agradecimentos pelo empréstimo de materiais, sugestões, carinho e amizade.

Aos amigos Everaldo Skalinski e Rafael Dias pela troca de conhecimentos, ajuda nos momentos necessários e nos trabalhos de campo.

Ao geógrafo Jorge Lubachevski e ao Instituto João XXIII pela acolhida e auxílio nos trabalhos de campo.

Ao geógrafo Alides Batista Chimin Júnior pelo auxílio na elaboração de mapas.

Ao Mestrado em Gestão do Território, aos Professores do Programa e do Departamento de Geociências por compartilharem seus conhecimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–CAPES pela concessão de bolsa.

Ao geógrafo Luciano Daru (PMPG) pela atenção prestada sempre que solicitado.

Ao Major André E. Nascimento e ao Cabo Silivan de A. Moreira pela atenção dispensada e auxílio no trabalho de campo na área militar do 3º Regimento de Carros de Combate .

Ao Sr. Hércules do Departamento de Planejamento (PMPG) pela atenção dispensada para consulta de materiais técnicos.

Ao Núcleo Regional de Educação da Área Metropolitana Norte, pela compreensão e apoio nos momentos finais.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo principal avaliar a evolução do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (Ponta Grossa - PR) e sua influência nos processos geomorfológicos, no período compreendido entre 1980 até 2009. Este intervalo temporal foi dividido em três: 1980-1989, 1990-1999 e 2000-2009, sendo que em cada um desses períodos foram identificados processos geomorfológicos, os quais desenvolveram-se em terrenos com características físicas diferenciadas, bem como estavam presentes em diferentes classes de uso da terra. Alguns processos, mostraram-se mais característicos de usos ligados à área rural, como os *pipings* que associam-se a colapsos. Outros predominavam em áreas urbanizadas, como é o caso dos sulcos. Após a identificação dos processos, utilizou-se a equação de concentração de processos (CP), a qual resulta na concentração de processos/km². Assim, em cada intervalo temporal a equação foi aplicada, mostrando que à medida que houve o aumento da urbanização, o valor de CP cresceu, indicando que este fenômeno pode influenciar sobremaneira os processos geomorfológicos. A equação CP também foi aplicada em algumas características físico-ambientais da bacia, como litologia, declividade e solos, o que também indicou maior concentração sobre determinadas classes. O interesse em se estudar a evolução do uso da terra e a influência nos processos geomorfológicos, está ligada ao crescimento da área urbanizada de Ponta Grossa nas últimas décadas, o que associou-se aos fatores naturais, que acabaram por originar as áreas de riscos geoambientais, as quais ainda são pouco estudadas na área em apreço e ainda não recebem a devida atenção dos dirigentes locais.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, uso da terra, processos geomorfológicos, Ponta Grossa.

ABSTRACT

This research had as main objective to assess the evolution of land use in the Arroio do Ronda's Basin (Ponta Grossa - PR) and its influence on the geomorphological processes in the period 1980 to 2009. This time interval was divided into three periods: 1980-1989, 1990-1999 and 2000-2009, and in each of these periods were identified geomorphological processes, which are developed on lands with different physical characteristics, and were present in different classes of land use. Some cases were more typical of uses associated with rural areas such as pipings that are associated with collapse. Other processes are prevailed in urban areas, such as the grooves. After the processes identification, using the concentration processes equation (CP), which results in concentration of processes /km². Thus, in each time interval the equation was applied, showing that the measure was the increase in urbanization, the amount of CP increased, indicating this phenomenon may influence considerably the geomorphological processes. The CP equation was also applied in some physical and environmental characteristics of the basin, such as lithology, slope and soils, which also indicated a greater concentration on certain classes. The interest in studying the land's evolution use and influence in geomorphological processes, is linked to the growth of the urbanized area of Ponta Grossa in recent decades, which joined to the natural factors, which ultimately lead to areas of geoenvironmental's risk, still little studied in the present and not yet received the due attention of local leaders.

Key-words: watershed, land use, geomorphological processes, Ponta Grossa.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo	13
Figura 2– Fotos ilustrativas de cada classe de uso da terra	42
Figura 3 – Legenda adotada para a representação dos processos erosivos, feições antrópicas e áreas de risco	46
Figura 4 – Mapa geológico da bacia do Arroio da Ronda.....	54
Figura 5 – Perfil geológico esquemático da cidade de Ponta Grossa - PR.....	56
Figura 6 – Mapa de declividade da bacia do Arroio da Ronda	60
Figura 7 – Esboço pedológico da bacia do Arroio da Ronda	61
Figura 8 – Foto aérea da bacia do Arroio da Ronda no ano de 1960	67
Figura 9 – Mapa de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda – 1980	71
Figura 10 - Mapa de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda – 1995.....	74
Figura 11 - Mapa de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda – 2004.....	76
Figura 12 - Mapa de processos geomorfológicos identificados na bacia do Arroio da Ronda entre 1980-1989.....	78
Figura 13 – Foto de Escorregamento ocorrido na Vila Santo Antonio no ano de 1983 (E4)...	80
Figura 14 - Mapa de processos geomorfológicos identificados na bacia do Arroio da Ronda entre 1990-1999.....	85
Figura 15 - Foto de escorregamento ocorrido no estacionamento da PMPG.....	86
Figura 16 – Foto de Ravina na R: 12 – Vila Nova no ano de 1998.....	87
Figura 17 – Foto de Inundação na BR 376- km 494.	89
Figura 18 - Mapa de processos geomorfológicos identificados na bacia do Arroio da Ronda entre 2000-2009.....	91
Figura 19 – Foto de Escorregamento nas cabeceiras do Arroio da Ronda.....	92
Figura 20 – Fotos de Capões de mata onde estão situados os <i>pipings</i> 13, 14, 15 e 16.	94
Figura 21 – Fotos de Capão de mata onde havia <i>piping</i> associado a colapsos.....	96
Figura 22 – Ocupações irregulares na cidade de Ponta Grossa, com destaque para a bacia do Arroio da Ronda.	111
Figura 23 – Áreas de risco na cidade de Ponta Grossa com destaque para a bacia do Arroio da Ronda.....	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Chave de interpretação das classes de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda-1980	43
Quadro 2 - Chave de interpretação das classes de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda-1995	43
Quadro 3 - Chave de interpretação das classes de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda-2004	44
Quadro 4 – Distribuição das boçorocas e ravinas profundas por formação geológica.....	48
Quadro 5 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a formação geológica.....	50
Quadro 6 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a declividade.....	50
Quadro 7 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a classe de solo.	51
Quadro 8 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a classe específica de uso da terra	51
Quadro 9 – Área ocupado por cada classe de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (1980, 1995 e 2004)	70
Quadro 10 – Número de processos identificados entre 1980-2009 e o percentual que representam.....	79
Quadro 11 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição na área urbana e rural.....	98
Quadro 12 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com a litologia.....	103
Quadro 13 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com as classes de solos	104
Quadro 14 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com a declividade.....	106
Quadro 15 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com a classe específica de uso da terra	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico da temperatura e precipitação mensal e anual	63
Gráfico 2 – Distribuição da pluviosidade sazonal (1980-2004)	64
Gráfico 3 – Resultados das entrevistas realizadas	113

LISTA DE ORGANOGRAMAS

Organograma 1 – Esquema teórico de construção de uma nomenclatura da cobertura terrestre	39
Organograma 2- Esquema de construção da nomenclatura utilizada no mapeamento do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda.....	40

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Concentração de boçorocas e ravinas profundas	47
Equação 2 - Concentração de processos (CP)	97
Equação 3 – Definição de risco	108

LISTA DE SIGLAS

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná
NUCLEAM – Núcleo de Estudos em Meio Ambiente
PMPG – Prefeitura Municipal de Ponta Grossa
SEDU – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano
SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná
UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa
UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	TEORIA SISTÊMICA	15
3.2	DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM BACIA HIDROGRÁFICA	17
3.3	USO DA TERRA E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA	24
3.4	DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREA RURAL	26
3.5	DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA NO ESPAÇO URBANO	28
4	METODOLOGIA	32
4.1	REVISÃO DA LITERATURA E LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS	32
4.2	TRABALHO DE CAMPO	33
4.3	LEVANTAMENTO EM JORNAIS	33
4.4	ENTREVISTAS	34
4.5	MAPEAMENTOS TEMÁTICOS	35
4.5.1	Mapa geológico	35
4.5.2	Mapa de declividade	36
4.5.3	Esboço pedológico	37
4.5.4	Mapas de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (1980, 1995 e 2004)	38
4.5.5	Mapa de feições erosivas/processos geomorfológicos	44
4.6	AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA BACIA DO ARROIO DA RONDA (PONTA GROSSA - PR) E INFLUÊNCIA NOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS	46
5	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO DA BACIA DO ARROIO DA RONDA	52
5.1	LOCALIZAÇÃO	52
5.2	ASPECTOS FÍSICOS DA BACIA DO ARROIO DA RONDA	52
5.2.1	Características lito-estruturais	52
5.2.2	Características geomorfológicas e pedológicas	56
5.2.3	Clima	62
6	EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA BACIA DO ARROIO DA RONDA	65
6.1	ASPECTOS HISTÓRICOS E ATUAIS DA OCUPAÇÃO NA BACIA DO ARROIO DA RONDA	65
7	PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS NA BACIA DO ARROIO DA RONDA (1980-2009)	77
7.1	PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS ENTRE 1980 – 1989	77
7.2	PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS ENTRE 1990-1999	84
7.3	PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS ENTRE 2000-2009	89
8	AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA BACIA DO ARROIO DA RONDA E SUA INFLUÊNCIA NOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS	97
8.1	CONCENTRAÇÃO DE PROCESSOS CONFORME A LITOLOGIA, DECLIVIDADE, SOLOS E USO DA TERRA	102
8.1.1	Evolução do uso da terra em áreas urbanas: a dinâmica das áreas de risco	108
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
9	REFERÊNCIAS	118

1 INTRODUÇÃO

O uso da terra é um assunto do interesse de profissionais de diferentes áreas, dentre eles, geógrafos, biólogos e arquitetos por exemplo. Os trabalhos e projetos que abordam essa temática vêm aumentando e, se bem elaborados, podem ser de grande valia para a gestão e planejamento urbano e/ou regional.

Contudo, a maioria dos estudos sobre o assunto apenas identifica a evolução e o uso atual da terra em diferentes áreas pré-estabelecidas, usando metodologias diferenciadas, as quais estão pautadas em variados sistemas de interpretação de imagens em ambiente computacional. Mas, com os resultados dessas análises, poucos estudos são realizados e raras são as ações tomadas pelo poder público, com o intuito de melhorar a qualidade de vida dos moradores de um município.

Nesse contexto, o trabalho desenvolvido teve como objetivo principal avaliar a evolução do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (Ponta Grossa - PR) e a sua influência nos processos geomorfológicos, a fim de não ficar atrelado apenas à evolução do uso da terra, nem na quantificação de cada classe de uso. Ao contrário, essas informações foram tomadas como base para estudar a influência do uso da terra sobre os processos geomorfológicos ao longo do tempo em que ocorreu a evolução do uso da terra. Além disso, a área escolhida abrange parte do perímetro urbano e da área rural do município de Ponta Grossa (PR) (Figura 1), o que é um atrativo para essa pesquisa, porque também foi possível analisar os processos desenvolvidos em cada um desses espaços ao longo de vinte e nove anos, uma vez que foram considerados os intervalos temporais entre 1980-1989, 1990-1999 e 2000-2009. Em cada intervalo de tempo a delimitação da área urbana e rural do município mudou, existindo diferentes usos da terra, que em muitos casos mostraram-se influentes na ocorrência de processos geomorfológicos ocorridos na área de estudo.

Esta por sua vez, localiza-se na porção sudoeste da cidade de Ponta Grossa, sendo que o curso d'água principal segue na mesma direção até desaguar no Rio Tibagi, já na área rural do município.

A bacia hidrográfica estudada apresenta características naturais relevantes, como variação na litologia, sendo encontradas rochas (sedimentos) de épocas distintas, como os Sedimentos Quaternários, Formação Serra Geral, Grupo Itararé e a Formação Ponta Grossa. Eventos tectônicos ocorridos na região no Mesozóico, deixaram estruturas geológicas nas rochas, como o Gráben de Ponta Grossa, o qual exerce influência na declividade. Estas variam

entre 0 até valores superiores a 30%, encontrados nas cabeceiras norte e na margem direita, próximo à foz. Apesar de tais cabeceiras situarem-se em terrenos com declividades acima de 30%, o centro de Ponta Grossa está muito próximo dessas, o que torna-se um atrativo para a sua ocupação, o que tem sido observado desde o final da década de 1980 e início da década de 1990.

Em tal área da bacia, situam-se bairros antigos da cidade, com ocupação urbana consolidada (Nova Rússia e Ronda), sendo que a partir dessas está ocorrendo a expansão da urbanização na direção sul, onde existiam na década de 1980 vegetação de campo, cultivo e reflorestamento. Juntamente com o crescimento da urbanização ocorreu, também, o aumento no número de processos geomorfológicos identificados na bacia, os quais serão apresentados e discutidos ao longo deste trabalho.

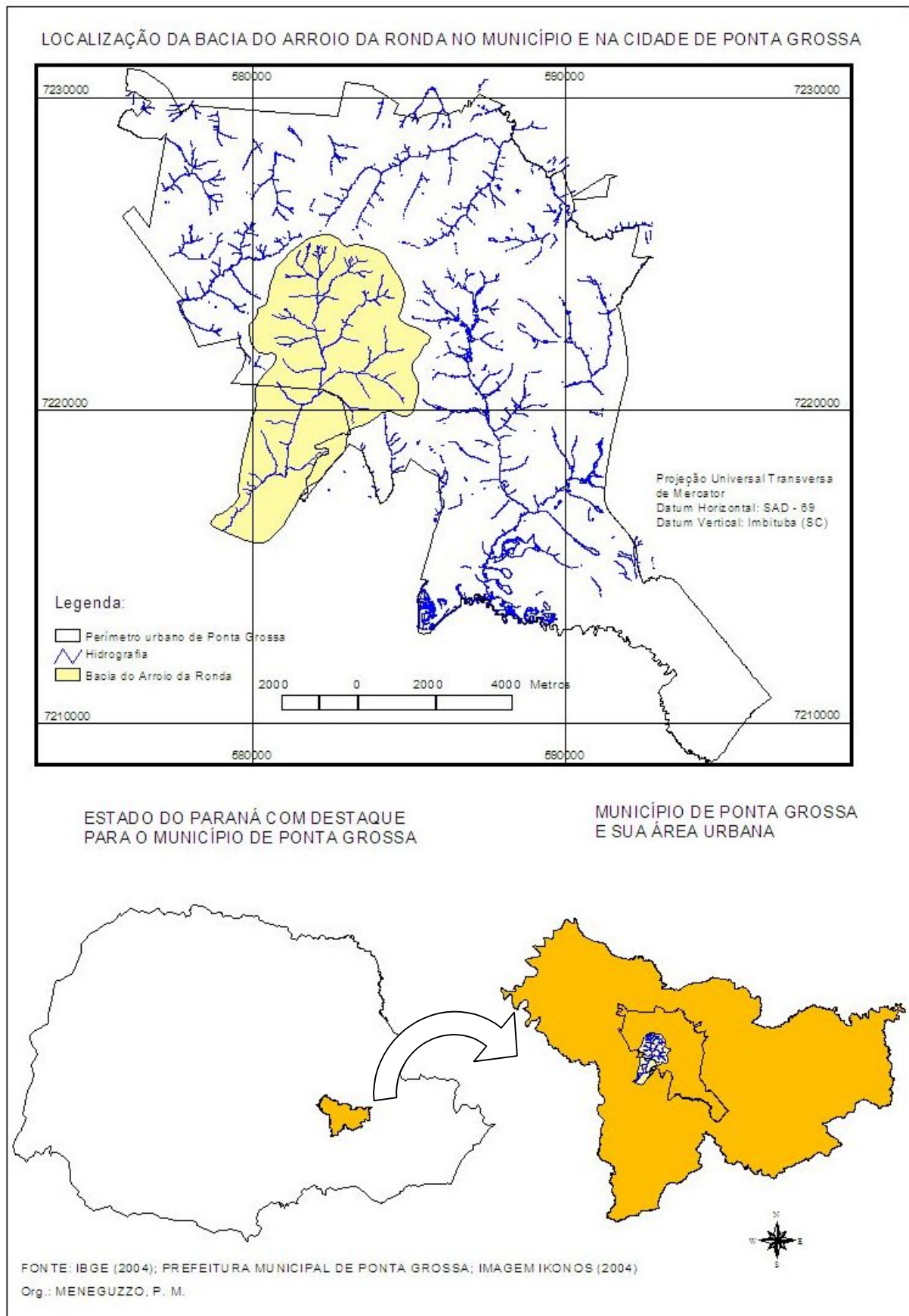


Figura 1 - Localização da área de estudo

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a evolução do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (Ponta Grossa - PR) e sua influência nos processos geomorfológicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e mapear o uso da terra na área de estudo numa perspectiva temporal;
- Comparar os processos geomorfológicos predominantes em áreas com uso rural e urbano;
- Estimar a frequência de formas erosivas de acordo com a litologia, declividade, solos e o uso da terra;
- Analisar a dinâmica das áreas de risco de acordo com a evolução do uso da terra em áreas urbanas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 TEORIA SISTÊMICA

Ao longo do desenvolvimento da ciência geográfica, novas perspectivas conceituais e analíticas foram introduzidas no âmbito deste campo do conhecimento, contribuindo assim para o seu enriquecimento (CHRISTOFOLETTI, 1990). No tocante às perspectivas holísticas, a mais desenvolvida e abrangente dentro das atividades geográficas, relaciona-se com a análise de sistemas, proveniente da Biologia Teorética e dos Sistemas Dinâmicos da Física e da Química (CHRISTOFOLETTI, 1999)¹.

A aplicação desta teoria na Geografia trouxe avanços nas pesquisas e no delineamento do seu setor de estudo, assim como proporcionou reconsiderações críticas para muitos de seus conceitos (CHRISTOFOLETTI, 1978). Isto se deve ao fato da Teoria Geral dos Sistemas ter surgido num momento em que o modelo mecanicista e o tratamento por parte de diversos assuntos mostravam-se insuficientes para atender os problemas de caráter teórico vigentes naquele momento histórico (BERTALANFFY, 1973).

Uma das situações que exemplificam a afirmação acima é o fato de muitos estudos sobre determinados processos geomorfológicos serem feitos de forma isolada, não considerando que eles (processos) estão inseridos em um contexto amplo, onde há relações complexas entre os diversos componentes do meio natural, sendo que para esta análise é aplicável a noção de sistemas. Segundo Tricart (1977, p. 19) entende-se que

... sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema.

A partir da própria definição de sistema, percebem-se algumas características implícitas desta teoria, ou como designou Capra (1996), algumas características-chave. Uma delas é a mudança das partes para o todo. Ao analisar o pensamento sistêmico e o pensamento reducionista, este predominante até o início do século XX, percebe-se que a relação entre as partes e o todo era encarada de forma diferente por cada um desses pensamentos.

Sob a ótica do pensamento cartesiano, os sistemas complexos poderiam ser analisados a partir de suas partes. Já o pensamento sistêmico defende a compreensão de um

¹ A formulação da Teoria Geral dos Sistemas é atribuída a Ludwig Von Bertalanffy, biólogo austríaco que elaborou a primeira teoria de organização dos sistemas vivos. Porém, entre vinte e trinta anos antes o russo Alexander Bogdanov desenvolveu uma teoria sistêmica comparável a de Bertalanffy, todavia esta não foi divulgada fora de seu país (CHRISTOFOLETTI, 2004).

sistema a partir do todo, e não apenas a compreensão a partir da análise de suas partes. “As propriedades sistêmicas são destituídas quando um sistema é dissecado em elementos isolados” (CAPRA, 1996, p. 46).

Por isso, o comportamento do todo não pode ser compreendido através das propriedades das suas partes. Estas só podem ser entendidas dentro de um todo maior. “Desse modo, o pensamento sistêmico é um pensamento “contextual”; e, uma vez que explicar fatos ou fenômenos considerando o seu contexto significa explicá-los considerando o seu ambiente, também podemos dizer que todo pensamento sistêmico é pensamento ambientalista” (CAPRA, 1996, p. 46).

Com isso, a mudança que a Teoria Sistêmica trouxe, ao analisar não partes, mas o todo, acarretou em uma mudança de objetos para relações. Na visão mecanicista, o mundo é entendido como uma coleção de objetos que interagem uns com os outros havendo relações entre eles, porém essas relações são entendidas como secundárias. Já no pensamento sistêmico os objetos são vistos como redes de relações que, por sua vez, estão em redes maiores onde as relações são vistas como primordiais (CAPRA, 1996).

Com a Teoria Sistêmica, a forma de se compreender a natureza também mudou, pois esta teoria critica a visão de que a natureza está dividida em áreas separadas, sendo que para sua compreensão é necessária a integração das diversas áreas do conhecimento.

Ao longo da história da Ciência várias disciplinas foram construídas, que, por sua vez, desconstruíram o todo em partes, ou elementos, construindo cada qual uma temática ou tema de interesse (SANTOS, 2004). Contudo, na maioria das vezes não se considerava que determinado elemento de uma dada disciplina estava contido em um sistema maior, pois como afirma Christofolletti (1999, p. 51) “O universo parece ser composto de conjuntos de sistemas, cada um sendo contido dentro de um outro maior, semelhante a um conjunto de blocos” e para se definir cada um é necessário considerar o interesse de quem se propõe a estudá-lo. Outro ponto importante introduzido pela teoria em pauta, é que a própria definição de sistema é dinâmica e em consequência, adequada a fornecer os conhecimentos básicos para sua atuação, ao contrário de um inventário, por natureza estático (TRICART, 1977).

A noção de sistema é antiga na esfera científica, sendo usada para designar o conjunto de elementos, como o sistema solar, mas sua utilização permaneceu mais como termo designativo do que como objeto de investigação intensiva (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Na Geografia, o conceito de sistema foi abordado na Geomorfologia por Chorley (1962), sendo considerado também por Christofolletti em 1979, Strahler em 1980, Hugget em 1985 e Scheidegger em 1991 (CHRISTOFOLETTI, 2004). Contudo, cabe ressaltar que

A preocupação em focalizar as questões geográficas sob a perspectiva sistêmica representou característica que favoreceu e dinamizou o intenso desenvolvimento da denominada Nova Geografia. Esse movimento encontra-se, evidentemente, interligado com a aplicação da teoria geral dos sistemas (CHRISTOFOLETTI, 1979).

O clássico exemplo dado para ilustrar um sistema, é a bacia hidrográfica, considerada um sistema aberto. Um dos componentes da bacia hidrográfica, a vertente também pode ser analisada sob a ótica sistêmica, pois ela se constitui em um sistema aberto, onde há entrada, circulação e saída de energia e matéria que se processa entre os seus constituintes, desencadeando assim, a atuação dos processos morfogenéticos. Estes moldam as suas formas ao longo do tempo. Além disso, há uma relação entre as vertentes e os canais fluviais, pois se ocorrer um processo geomorfológico na vertente, certamente o canal também sofrerá alguma mudança.

Os processos geomorfológicos fazem parte da dinâmica das paisagens, uma vez que a sua atuação ajuda a modelar o relevo, alterando as paisagens ao longo dos anos. Contudo, esses processos podem ter influência humana, no sentido de acelerar os já existentes ou mesmo desencadear novos processos.

3.2 DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM BACIA HIDROGRÁFICA

Os processos geomorfológicos são importantes na esculturação da superfície terrestre, ocorrendo em diferentes locais do planeta, desenvolvendo-se tanto nas vertentes quanto nos canais fluviais, que se constituem em elementos componentes das bacias hidrográficas. Neste trabalho serão abordados os processos geomorfológicos que se desenvolvem tanto nas vertentes, quanto nos canais fluviais.

Por isso, torna-se relevante discutir nesta seção os tipos de processos e seus respectivos desenvolvimentos, dando ênfase ao compartimento geomorfológico em que ocorrem. Assim, nas vertentes, serão abordadas erosões lineares e os movimentos de massa. Relacionados aos canais fluviais, citam-se: as erosões de margens (solapamento de margens com conseqüentes desmoronamentos) e as inundações.

O conceito de erosão está relacionado aos processos de desgaste da superfície do terreno, remoção e transporte de partículas de solos ou de fragmentos e partículas de rochas (BIGARELLA, 2003). A erosão atua pela ação das águas correntes, das ondas, dos movimentos das geleiras e dos ventos. Contudo, a água é considerada o agente normal e mais importante na esculturação das paisagens (BIGARELLA, 2003).

Se a erosão é um importante agente na esculturação da superfície terrestre, entende-se que este é um processo natural, pois vem ao longo de milhões de anos transformando o relevo. Contudo, faz-se uma ressalva à afirmação anterior: a erosão pode também ser considerada antrópica, ou seja, quando seu início e desenvolvimento se dão pela interferência do homem.

Sendo assim, pode-se classificar a erosão em: natural ou geológica e ou antrópica. A primeira ocorre em equilíbrio com a formação do solo, sendo menos evidente e percebida apenas ao longo do tempo (BIGARELLA, 2003). Já na erosão antrópica, não há equilíbrio entre a formação do solo e a erosão, não havendo tempo para a recuperação natural. Neste caso, há remoção de grande massa de material em curto prazo, inutilizando o solo no meio rural pela remoção de horizontes importantes para a agricultura e também pelo desenvolvimento de feições erosivas. Já nas propriedades situadas no meio urbano, a erosão pode afetar consideravelmente as obras, edificações e circulação viária.

A erosão antrópica é mais comum em áreas onde se desenvolvem usos da terra que não consideram as características naturais (substrato rochoso, solos, cobertura vegetal e relevo) e também onde não são realizadas medidas preventivas de controle e combate à erosão evitando o início do processo.

O processo erosivo na superfície do terreno, tem início com o impacto das gotas de chuva em um solo descoberto ou com pouca cobertura vegetal. Em função da energia cinética das gotas que caem sobre o solo, pode ocorrer com menor ou maior facilidade a ruptura dos agregados, resultando em crostas que por sua vez causam a selagem do solo (GUERRA, 2007). Esse processo de desagregação das partículas pelas gotas de chuva é conhecido como *splash* ou salpicamento (GUERRA, 2007).

Este é considerado o estágio inicial do processo erosivo, pois rompe com os agregados, preparando-os para o transporte pelo escoamento superficial (GUERRA, 2007). O *splash* depende do tamanho das gotas de chuva, da velocidade com que estas caem, bem como da erodibilidade dos solos.

Se a água não conseguir infiltrar em consequência da selagem do solo, ela vai se acumular nas irregularidades dos solos (microtopografia) que podem ter de 1 a 2 mm de profundidade, até cm, dependendo do solo e do tipo de máquinas agrícolas utilizadas no cultivo. À medida que a água se acumula na superfície do solo, nas denominadas poças, estas começam a se ligar umas com as outras, iniciando o escoamento superficial que neste momento é do tipo difuso (escoamento em lençol) (GUERRA, 2007). Este tipo de fluxo d'água origina a erosão em lençol ou erosão laminar. Esta inicia-se pelo escoamento difuso

das águas, não havendo fluxos em linhas preferenciais no terreno. Portanto, a erosão laminar, em muitos casos precede a erosão linear, pois ela retira as camadas superficiais dos solos, onde encontram-se nutrientes importantes para as plantas.

O segundo estágio do escoamento superficial é o fluxo linear, onde começa a ocorrer a concentração dos fluxos de água em linhas preferenciais no terreno, podendo esta corresponder a trilhas deixadas pelo gado, linhas do arado (no caso de áreas rurais), ou ainda de ruas que cortam em sentido perpendicular as curvas de nível, sem sistema adequado de coleta das águas em áreas urbanas.

À medida que o fluxo se torna concentrado em canais bem pequenos, em pontos aleatórios da encosta, a profundidade do fluxo aumenta e a velocidade diminui, devido ao aumento da rugosidade, e há uma queda da energia de fluxo, causada pelo movimento de partículas que são transportadas por esses pequenos canais que estão se formando e que são embriões das futuras ravinas (GUERRA, 2007, p. 31).

Ainda nesta fase, a concentração do fluxo de água carregado de sedimentos faz com que haja forte atrito entre essas partículas e o fundo dos pequenos canais, gerando mais erosão nos canais que começaram a se formar (GUERRA, 2007).

Sendo assim, de acordo com o modo como ocorre o escoamento superficial, a erosão é classificada em: a) laminar, a qual é responsável pela retirada dos horizontes superficiais dos solos, causada pelo escoamento difuso das águas; b) erosão linear, onde a água escoar em linhas de fluxo que ocasionam pequenas feições nos terrenos como os sulcos ou feições de porte maior como as ravinas e as boçorocas (INFANTI JR; FORNASARI FILHO, 1998).

No que se refere as erosões lineares, existe ampla discussão na literatura a respeito da definição de sulcos, ravinas e boçorocas, sendo que cada ciência postulou suas próprias definições. Em virtude deste fato, após a análise da bibliografia concernente ao assunto, adotou-se definições de diferentes autores, dentre eles a proposta por Bigarella (2003), que utiliza como critério para determinação das erosões lineares a profundidade por elas apresentada.

“Os sulcos consistem em erosões lineares abertos pelos pequenos filetes que se encaixam na superfície pela remoção de detritos ao longo do seu fluxo, na maior inclinação da vertente” (BIGARELLA, 2003, p. 924). O tamanho atribuído a um sulco compreende o intervalo entre 5 a 30 cm de profundidade (BIGARELLA, 2003), podendo esses originar-se após episódios de precipitações intensas. Também pode favorecer seu desenvolvimento o

padrão inicial deixado pelo arado ou trilhas de gado, principalmente quando direcionados vertente abaixo.

As ravinas são outro tipo de feição erosiva, que apresentam pequenos deslizamentos nas suas paredes internas, causados pelo solapamento da sua base, devido ao escoamento das águas acarretando assim o aumento de suas dimensões (OLIVEIRA, 1994 *apud* RIDENTE JR, 2000). Conforme Bigarella (2003) pode-se considerar como ravina feições erosivas maiores que 100 cm. As ravinas podem se originar pela evolução progressiva dos sulcos ou ainda de forma independente. É comum que essas feições iniciem-se pela ação antrópica não conservacionista, como consequência do mau uso do solo (BIGARELLA, 2003).

Existem formas erosivas que se originam pela ação das águas sub-superficiais, neste caso tem-se a erosão interna ou *piping*. Esses são dutos subterrâneos com dimensões que atingem alguns centímetros ou metros (GUERRA, 2001). A origem desses se dá pelo transporte de materiais incoesos podendo também estar associado “... ao colapso de microestruturas de agregados do solo pelo fluxo da água subterrânea” (MEDEIROS, 2000, p. 07).

Bull e Kirkby (1997 *apud* Augustin e Aranha, 2006) atribuem a ocorrência dos dutos (*pipings*) a fatores como: alto gradiente hidráulico, presença de íons solúveis no solo, períodos de seca prolongados que favorecem a ocorrência de fissuras, além de chuvas intensas e irregulares que reativam percolações concentradas em sub-superfície.

Segundo Pierson (1983 *apud* Augustin e Aranha, 2006), acrescenta-se ainda como mecanismos dos *pipings* a erosão sub-superficial, promovida pela ocorrência de olhos d’água em situações com alto gradiente hidráulico ou alto poder de agregação do solo, passagens deixadas por raízes decompostas e a ação de escavamento de micro, meso e macro-fauna.

Ainda segundo o referido autor, a existência de rocha alterada, ou de horizontes menos permeáveis, podem influenciar na concentração sub-superficial da água levando, eventualmente à formação desses canais.

Nesses dutos ocorre um transporte elevado de sedimentos, aumentando assim suas dimensões. À medida que a erosão subterrânea evolui, pode ocorrer o colapso dos materiais situados acima. Quando isso ocorre verifica-se uma evolução da erosão das laterais e da base do canal, aumentando assim suas dimensões, originando a boçoroca (GUERRA, 2001).

Este último processo citado pode ter origem através do desenvolvimento de *pipings* ou ainda evoluir a partir de ravinas. Trata-se de uma feição erosiva cujos mecanismos de origem e evolução são complexos. Suas dimensões são variáveis podendo atingir

comprimentos de várias centenas de metros e profundidades em torno de 15 e 30 metros (BIGARELLA, 2003).

Além das erosões que ocorrem nas vertentes, estejam elas localizadas em áreas urbanas ou rurais, devem ser ressaltados também os movimentos de massa que atuam no modelado da paisagem e podem trazer perdas econômicas e sociais às pessoas que eventualmente estejam instaladas nas cercanias.

O movimento de massa aqui abordado é o escorregamento. Entendendo-se escorregamento como: “Descidas de solo ou das massas de rochas decompostas geralmente por efeito da gravidade” (GUERRA; GUERRA, 2008, p. 244).

O material mobilizado pelos escorregamentos é bastante variável, podendo ser solo, rochas, ou uma complexa mistura de solo e rocha ou até mesmo lixo doméstico. Estes materiais abundantes nos grandes centros urbanos, possuem comportamento geomecânico bem definido e normalmente estão associados ao alto risco de acidentes (FERNANDES; AMARAL, 1998).

Os escorregamentos podem ser condicionados por características climáticas, por propriedades referentes ao substrato rochoso e às formações superficiais, como solos depósitos de colúvio e tálus, rochas alteradas, pelas características geomorfológicas, como a declividade das encostas, pelo regime hidrológico, o qual envolve as águas superficiais e subterrâneas e, por fim, as formas de uso e ocupação da terra (AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998).

Fernandes e Amaral (1998) citam, mais especificamente, como condicionantes geológicos e geomorfológicos dos escorregamentos: as fraturas, as falhas, as discontinuidades no solo, a morfologia da encosta e os depósitos de encostas. “As falhas e fraturas representam importantes discontinuidades, tanto em termos mecânicos quanto hidráulicos” (FERNANDES; AMARAL, p. 149, 1998). A origem das fraturas é variável, podendo ser tectônicas ou atectônicas. Estas últimas influenciam as frentes de intemperismo, pois com frequência a água que infiltra em porções mais elevadas do maciço rochoso, percola lateralmente ao longo dos planos de fratura, originando o aparecimento de zonas de isointemperismo as quais podem representar discontinuidades mecânicas. Acima da fratura atectônica, mais especificamente a fratura de alívio de pressão, o material se encontra em estágio mais avançado de alteração, enquanto abaixo a rocha está praticamente sã.

As falhas representam caminhos preferenciais de alteração, permitindo que a frente de intemperismo avance para o interior do maciço de modo mais efetivo. As falhas afetam também a dinâmica hidráulica dos fluxos subterrâneos nas encostas (Deere e Patton, 1970

citado por FERNANDES; AMARAL p. 153). Quando as falhas não estão preenchidas, os planos de falhas atuam como caminhos preferenciais para o fluxo subterrâneo. Ao contrário, quando há preenchimento da falha, por soluções percolantes, dá-se em geral, uma impermeabilização do plano de falha, o que acarreta em uma barreira para o fluxo de água. A presença de diques básicos pode influenciar a dinâmica hidrológica de modo semelhante às falhas, podendo mesmo gerar a ocorrência de escorregamentos (FERNANDES; AMARAL, 1998).

As discontinuidades que podem estar presentes nos solos e que influenciam os escorregamentos, são as feições estruturais relíquias do embasamento rochoso e horizontes de solos formados por processos pedogenéticos. Estas discontinuidades podem atuar no condicionamento da distribuição das poro-pressões no interior da encosta e conseqüentemente, na sua estabilidade (FERNANDES; AMARAL, 1998).

A morfologia das encostas pode atuar direta ou indiretamente na geração de movimentos de massa. A atuação direta, é dada pela correlação entre declividade da encosta e a frequência de escorregamentos. Indiretamente relaciona-se ao papel que a encosta, exerce na geração de zonas de convergência dos fluxos de água superficiais e subterrâneas.

Os depósitos de encosta (tálus e colúvio) combinados com a forma da encosta faz com que esses depósitos assumam grande importância como condicionantes do processo.

Conforme Augusto Filho (1995) o homem vem se constituindo no mais importante agente modificador da dinâmica das encostas, sobretudo através das diversas formas de uso e ocupação da terra em áreas naturalmente suscetíveis aos movimentos gravitacionais de massa, acelerando e ampliando os processos de instabilização.

Os processos até aqui tratados desenvolvem-se nas vertentes. Contudo, os materiais erodidos irão atingir os cursos d'água, sendo transportados e/ou depositados ao longo do canal fluvial, alterando a sua dinâmica. Para compreender como os canais de drenagem relacionam-se com as vertentes e estas com os canais, podem-se relacionar três exemplos diferentes.

Em uma vertente onde há cobertura vegetal que responde pela infiltração de água e conseqüentemente pela pedogenização, haverá uma tendência a armazenar água no lençol freático e assim alimentar o curso d'água, evidenciando-se uma variação regular de descarga e vazão (CASSETI, 1995).

A partir do momento em que a vertente começa a ser ocupada, a primeira ação antrópica é a retirada da vegetação. Assim o solo fica exposto à insolação, ação dos ventos e principalmente à erosão hídrica, havendo aumento da carga sedimentar que atingirá o curso d'água até que haja a selagem do horizonte superficial do solo. O comportamento da descarga

começa a ser alterado, assim o fluxo superficial implicará no início de torrencialidades da vazão, antes controlada pelo lençol freático (CASSETI, 1995).

Quando a vertente encontra-se urbanizada, o escoamento superficial aumenta, pois as superfícies tornam-se impermeabilizadas, impedindo a infiltração de água que recarregará o lençol freático. Assim, a descarga fluvial será controlada quase que exclusivamente pelo escoamento de superfície, respondendo pelas torrencialidades observadas nos grandes centros urbanos. Os terrenos não impermeabilizados fornecem grande carga de sedimentos aos canais fluviais, contribuindo assim com o assoreamento dos cursos d'água (CASSETI, 1995).

Estes consistem em processos geomórficos de deposição de sedimentos nos canais fluviais (GUERRA; GUERRA, 2008). Havendo remoção de materiais das encostas, esses são levados até os canais fluviais e a partir daí transportados em suspensão (partículas menores como silte e argila), saltação (areia) e rolamento (seixos). Como a carga sedimentar é anômala, os sedimentos não conseguem apenas se acumular nas planícies de inundação, mas também no fundo dos canais, causando assim o assoreamento. Portanto, o assoreamento ocorre quando o canal de drenagem não têm mais capacidade de transporte, sendo comum em cursos d'água de baixo gradiente, pela redução das superfícies de infiltração ou ainda pela elevação do nível de base por construções de barragens (CASSETI, 1995).

Quando a vazão dos cursos d'água é alta, as águas fluviais começam a erodir às margens dos canais, removendo grande quantidade de material. Esse processo é conhecido como solapamentos de margens. Associado a ele está outro processo, o desmoronamento. Este é entendido como “... deslocamento rápido de um bloco de terra, quando o solapamento criou um vazio na parte inferior da vertente” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 29).

Os solapamentos seguidos de desmoronamentos são encontrados com facilidade nos rios e arroios que cortam as cidades em decorrência da existência de materiais passíveis de serem removidos e também pelo aumento de vazão quando ocorrem chuvas intensas.

O aumento da vazão nos canais fluviais quando de intensos episódios chuvosos, aliados às alterações no regime hidrológico, afetam prejudicialmente populações que eventualmente residam nas planícies de inundação. As inundações ocorrem quando a descarga do rio torna-se elevada e excede a capacidade do canal, extravasando suas margens e alagando as planícies adjacentes (RICCOMINI; GIANNINI; MANCINI, 2001).

Apesar de nos comentários sobre os processos geomorfológicos em canais fluviais, os exemplos mencionados na maioria se referirem às áreas urbanas, cabe ressaltar que as mesmas conseqüências podem ser encontradas nas áreas rurais, onde há agricultura e pastagens, podendo ocorrer também assoreamento dos cursos d'água e conseqüente

solapamento de margens associados a desmoronamentos, assim como o aumento de áreas inundadas. Além disso, não se pode deixar de frisar o pensamento sistêmico, ou seja, em uma bacia que está localizada parte em uma área urbanizada e parte no meio rural, como é o caso da bacia do Arroio da Ronda, todas as ações feitas na área urbanizada incidirão também no meio rural, seja pela deposição de sedimentos nos canais fluviais, seja pelo aumento das águas que convergem para os cursos d'água, ou ainda pelo maior poder erosivo alcançado pelas águas fluviais, solapando as margens.

3.3 USO DA TERRA E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA

Os trabalhos contemporâneos que tratam do uso e evolução da terra receberam influência dos trabalhos produzidos pela Comissão do Interior dos Estados Unidos e também pela Comissão Européia, caracterizados pela incorporação de novas tecnologias para aquisição de imagens, pela visão de conjunto de uso da terra e pela preocupação com a questão ambiental. Este último aspecto tem sido relevante, pois se constitui em um dos motivos pelos quais o tema tem ganhado cada vez mais importância entre profissionais de diferentes áreas, em virtude da ampla discussão travada acerca do desenvolvimento sustentável (IBGE, 2006).

Em relação ao que seria uso da terra, existem várias definições correntes no meio científico e dentre essas se destaca aquela apresentada por Bie, Leeuwen e Zuidema (1996 *apud* IBGE, 2006, p. 35) onde se entende uso da terra "... como uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios, através do uso dos recursos da terra ...". Diante do exposto e sabendo-se que ao longo do tempo o homem utilizou diferentes instrumentos, que por sua vez influenciavam as suas operações que resultavam em diferentes usos da terra, reforça-se o que Santos e Silveira (2004) afirmam, de que além do uso da terra, deve-se verificar também a evolução que este teve ao longo do tempo, pois assim é possível constatar as suas conseqüências, quer sejam em termos de impactos negativos sobre a fauna, a flora, os recursos hídricos, solos, ou ainda para alguns grupos sociais que sofrem as conseqüências de um uso da terra desenfreado e que não considera as características do meio físico. Como exemplo, citam-se os moradores das áreas de riscos geambientais que são muito comuns nas cidades brasileiras.

Quanto ao que se entende por cobertura da terra, este pode ser encarado como

“... os elementos da natureza como a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem, que recobrem a superfície da terra” (BIE, LEEUWEN E ZUIDEMA, 1996 *apud* IBGE, 2006, p. 35). Apesar dos termos uso da terra e cobertura da terra serem usados em alguns casos como sinônimos, na verdade eles apenas têm íntima relação entre si, sendo comum que as atividades humanas estejam ligadas à cobertura da terra. Quando são utilizadas imagens é registrada a cobertura da terra, e não a atividade diretamente. Por isso, para que se extraia essa última é necessário correlacionar as atividades de uso da terra com as coberturas que serão então interpretadas a partir de modelos e características morfológicas dos alvos, bem como dos arranjos espaciais (IBGE, 2006).

O uso e ocupação da terra é um tema de fundamental importância para diferentes estudos, dentre eles os planejamentos, pois representa as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais (SANTOS, 2004).

É neste contexto que apenas recentemente os estudos sobre o uso e ocupação da terra têm abordado as consequências de determinados usos, destacando problemas ambientais, o que anteriormente não era alvo de atenção, pois almejava-se apenas classificar as formas de uso e ocupação, utilizando produtos obtidos através de sensores remotos. Daí a grande quantidade de artigos produzidos mostrando apenas qual é o uso e ocupação da terra atual, ou passada de uma determinada região, sendo esses resultados pouco utilizados para outras análises, ou mesmo para uma tomada de decisão por parte do poder público e/ou outros agentes construtores do espaço.

É comum que as formas de uso e ocupação sejam identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas, mas essas informações devem descrever a situação atual, as mudanças recentes e como se deu a ocupação ao longo do tempo (SANTOS, 2004). Assim, esse tema seria um importante elo para a análise das fontes de poluição e para conhecer as alterações do meio biofísico e socioeconômico (SANTOS, 2004) sobretudo através da separação de duas grandes classes de uso da terra que seriam urbano e rural. Com isso poderia se conhecer as atividades realizadas em cada um desses ambientes e suas consequências para os elementos naturais da paisagem.

A consulta a mapas de uso da terra que retratam as formas e a dinâmica de ocupação, são valiosos instrumentos também para a construção de indicadores ambientais e avaliação da capacidade de suporte ambiental frente aos diferentes manejos empregados na produção, podendo contribuir para a sustentabilidade do desenvolvimento (IBGE, 2006).

Destaca-se, ainda, que os mapeamentos de uso e ocupação da terra são imprescindíveis na análise de aspectos socioeconômicos, planejamento e gestão do território, uma vez que “O conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso e da cobertura da terra é fundamental para orientar a utilização racional do espaço” (IBGE, 2006, p. 22). O tema uso e ocupação da terra também pode ser utilizado para orientar as atividades econômicas de uma área, as quais trarão desenvolvimento para uma região, tendo assim um valor estratégico.

Autores, como Oliveira *et al.* (2008) afirmam que o enfoque nas mudanças temporais dos recursos naturais, em diferentes escalas (local e regional), vem produzindo dados quantitativos que têm se constituído em uma ferramenta para os programas de conservação, pois possibilitam monitorar as paisagens ao longo do tempo.

Para que os mapas de uso e ocupação da terra fossem cada vez mais produzidos e utilizados por diferentes profissionais, não se pode esquecer do desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, que possibilitou a utilização de fontes de informações detalhadas e que permitem uma rápida atualização das mesmas .

Na atualidade há ampla difusão de novas tecnologias que fizeram com que as informações circulassem velozmente, além da incorporação de muitas tecnologias que hoje são instrumentos imprescindíveis no processo de gestão dos territórios. Santos e Silveira (2004, p. 95) destacam, que:

... há hoje uma informação globalmente organizada, que se constrói e se difunde com instrumentos de trabalhos específicos, isto é, sistemas técnicos sofisticados, exigentes de informação e produtores de informação sobre o território. É o caso dos satélites, que retratam a face do planeta a intervalos regulares e, nesse ritmo, permitem verificar a evolução do território

Os diferentes usos da terra realizados pelo homem imprimem no meio físico alterações que podem ser intensas e contínuas. Estas intervenções podem resultar em elevado risco, danos econômicos e/ou sociais ou ainda em benefícios para a sociedade.

3.4 DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREA RURAL

A compreensão do que é o espaço rural até os dias de hoje, trava uma ampla discussão no campo teórico em diferentes países. Porém, não se pretende prolongar-se nesta questão, sendo apresentados alguns pontos relevantes para a compreensão do que é e de como se caracteriza o espaço rural, que possibilitam melhor entendê-lo, assim como compreender os usos que nele são realizados e como podem influenciar os processos geomorfológicos.

Segundo Abramovay (2000) existem várias maneiras para delimitar o rural, com destaque para três critérios: - a delimitação administrativa ou normativa; - o peso econômico na ocupação de mão-de-obra da agricultura e - certo número de pessoas residentes. Cada país utiliza um critério para estabelecer seus espaços rurais, no caso do Brasil, este é delimitado com base no primeiro critério citado.

Para sabermos se uma área é urbana ou rural, em nosso país, devemos consultar a lei que estabelece o perímetro urbano do município e que delimita claramente os limites entre o urbano e o rural (TAVARES, 2003).

Afirma-se que o meio rural compreende o espaço que não é urbano, caracterizando-se por atividades econômicas e uso da terra diferentes dos predominantes nas cidades. Tradicionalmente, as atividades rurais são basicamente aquelas ligadas ao setor primário da economia, como a agricultura e pecuária. Porém, na atualidade, o espaço rural não pode ser reduzido apenas por sua função agrícola, pois ele representa hoje também local de moradia, de lazer e de empregos ligados às atividades não agrícolas, como é o caso do turismo, que tem modificado a utilização do espaço rural.

Contudo, as principais atividades desenvolvidas neste espaço ainda são a agricultura, a pecuária e as atividades madeireiras (reflorestamentos).

Cada um desses usos da terra culminam em ações que possivelmente trarão problemas ligados à erosão, caso não sejam adotadas medidas preventivas de controle e combate deste processo.

As áreas agrícolas destinam-se a cultivos (perenes ou temporários) podendo agravar ou ocasionar processos erosivos (laminar e/ou linear) quando há exposição dos solos e ausência de práticas conservacionistas, que visam o manejo adequado do solo (ALMEIDA; FREITAS, 1996).

No caso das pastagens onde predominam a vegetação herbácea, arbustos e árvores esparsas, as trilhas deixadas pelo pisoteio do gado, favorecem a concentração das águas pluviais que removem detritos e originam feições erosivas. Conforme a evolução dessas feições, elas podem comprometer os pastos, as infra-estruturas do entorno, e atingir áreas de cultivo, podendo gerar prejuízos, sobretudo financeiros (ALMEIDA; FREITAS, 1996).

Já os reflorestamentos, por serem áreas de recomposição da cobertura vegetal, atuam de modo semelhante à vegetação natural, podendo exercer ação protetora em relação aos processos geomorfológicos (ALMEIDA; FREITAS, 1996).

Exemplos de alterações no meio físico são apontados em estudos que verificaram a perda de solo em áreas com diferentes usos da terra. Em áreas florestadas a perda de solo seria

de 4 kg/ha/ano, uma vez que a cobertura florestal contribui com a estabilidade dos solos e ajuda na infiltração da água. Nas pastagens a perda é de 700 kg/ha/ano. Onde há cultivo de café, as perdas podem chegar a 1100 kg/ha/ano e no algodão 38000 kg/ha/ano (BIGARELLA, 2003). Neste último tipo de uso, os escoamentos superficiais são máximos, pois a aração e as contínuas capinas tornam o solo fofo e facilmente erodível (BIGARELLA, 2003).

Para a delimitação da área urbana e da área rural da bacia do Arroio da Ronda foi adotada a proposta de Mathias, 2004, que estabeleceu a área urbanizada no ano de 1980, coleta de materiais à PMPG e consulta ao Plano Diretor Participativo de Ponta Grossa do ano de 2006, onde foi proposto novo perímetro urbano.

Contudo, entre os usos da terra que mais alteram as paisagens naturais, destacam-se a industrialização e a urbanização. Estes usos modificam as paisagens de forma intensa e prolongada, desde a sua implementação e durante seu funcionamento (ALMEIDA; FREITAS, 1996).

3.5 DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA NO ESPAÇO URBANO

O espaço urbano e o espaço rural, são formas de organização do espaço, produzidas pelo homem, sendo sobretudo o espaço urbano um reflexo da sociedade que nele vive e que o constrói, ou seja, é um produto histórico e social, resultado da ação de várias gerações que através de seu trabalho realizado ao longo do tempo, agem sobre o espaço, modificando-o e transformando-o em um produto cada vez mais distante do meio natural (SILVEIRA, 2003).

Segundo Corrêa (1997) o espaço urbano é complexo, podendo ser apreendido através de seis características indissociáveis: fragmentação, articulação, reflexo e condicionante social, palco de lutas sociais e campo simbólico.

Essas características do espaço urbano refletem um espaço que é produto da dinâmica de uma sociedade que se reproduz através do modo de produção capitalista, o qual vem, ao longo de séculos, mudando a organização das sociedades e também fazendo com que o homem altere profundamente os antigos ambientes naturais.

Nos espaços urbanos o principal uso da terra encontrado são as áreas urbanizadas, caracterizadas pela concentração de construções, ocupadas por residências, indústrias e comércios, onde há disponibilidade e concentração de infra-estrutura básica, equipamentos de utilidade pública, como os de lazer (ALMEIDA; FREITAS, 1996).

Desde a implantação, funcionamento e transformação o uso urbano gera as mais significativas alterações no ambiente natural, sendo essas alterações intensas e contínuas ao longo do tempo.

Vale destacar que o “... processo de transformação de um espaço natural ou rural em espaço urbano” (SILVEIRA, 2003, p. 31) é definido como urbanização.

Nos países subdesenvolvidos o processo de urbanização foi rápido, intenso, seletivo e desigual, tendo como causas, fatores que se relacionam ao desenvolvimento econômico, social e tecnológico (SILVEIRA, 2003).

Em decorrência do acelerado e desordenado processo de urbanização, inúmeras consequências são verificadas nos espaços urbanos de diferentes regiões do nosso país ou do mundo, sendo algumas comuns a todos, como o crescimento desordenado, a especulação imobiliária, a infra-estrutura urbana inadequada, a segregação espacial, o desemprego, a violência urbana, a proliferação de loteamentos clandestinos e ocupações irregulares (SILVEIRA, 2003).

Ao se construir uma cidade ou no seu processo de expansão, várias alterações são feitas no meio físico, excluindo, ou comprometendo a qualidade e quantidade dos elementos que o compõem. Com isso, no espaço urbano passa-se a ter um predomínio de elementos artificiais (construídos pelo homem), que convivem com elementos naturais, resquícios do antigo ambiente original.

Edificar uma cidade exige solicitações ao meio físico que podem ser temporárias ou permanentes e que se enquadram em três categorias (CARVALHO; PRANDINI, 1998): - alteração do estado de tensão, onde se incluem as operações de escavações, aterros, taludes artificiais, canalização de cursos d’água e metrô; - alterações no regime hidrológico, causado sobretudo pela impermeabilização do solo e desequilíbrios nos perfis dos cursos d’água; - alterações diversas em outros parâmetros de qualidade ambiental, como vegetação e qualidade das águas.

Uma das maiores consequências da ocupação urbana inadequada associada às características do meio físico são: processos erosivos, sejam eles do tipo laminar ou linear (sulcos, ravinas e boçorocas), movimentos de massa (escorregamentos), inundações, assoreamento e erosões das margens fluviais. A maioria desses processos geomorfológicos pode ter como agente deflagrador ou acelerador as ações do homem, que acabam por alterar o regime hidrológico, sobretudo com a impermeabilização do solo, retirada da vegetação, concentração de águas pluviais e águas servidas ao longo das vertentes.

Conforme Almeida e Freitas (1996) a própria área urbanizada pode apresentar variações nas formas de uso e ocupação da terra que resultarão em diferentes processos geomorfológicos.

Sendo assim, em uma área com ocupação urbana já consolidada, onde há densidade de ocupação e disponibilidade de infra-estrutura, os processos ocorridos são decorrentes da pouca exposição do solo em consequência das altas taxas de impermeabilização, acarretando, assim, maior escoamento superficial, fazendo com que as águas se concentrem, estrangulando alguns sistemas de drenagem e intensificando as inundações.

Nas áreas urbanas em consolidação, a densidade de ocupação é média/alta (ALMEIDA; FREITAS, 1996), existindo alguns vazios urbanos, sobretudo nas fases de implantação de loteamentos. Também são encontrados solos expostos à erosão hídrica, principalmente quando o loteamento ainda está sendo ocupado. A implantação parcial de infra-estrutura voltada à captação das águas, associada à concentração e lançamento de águas, favorece a ocorrência de erosões lineares. Pode ainda haver assoreamentos, inundações e problemas de saneamento (ALMEIDA; FREITAS, 1996).

A área urbana parcelada corresponde a ocupação periférica de densidade média/baixa (ALMEIDA; FREITAS, 1996), onde existem loteamentos em implantação, voltados à classe social menos favorecida. Nestas áreas ainda há carência de equipamentos e infra-estrutura urbana, ocorrendo processos semelhantes aos do grupo anterior, mas com maior intensidade (ALMEIDA; FREITAS (1996).

Por isso a transformação de uma área onde antes predominavam apenas elementos naturais, em um espaço urbano capitalista, construído pelo homem sem conhecimento e respeito às potencialidades e limitações dos terrenos, pode muitas vezes desencadear um desequilíbrio. Isto pode gerar consequências indesejáveis para o próprio homem, como processos geomorfológicos que podem colocar as populações residentes nas proximidades ou até mesmo em locais mais distantes em situações de risco, ou transformar áreas naturalmente instáveis que depois de ocupadas são consideradas áreas de risco. Entendendo-as como “área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, UFSC e CEPED, 2004, p. 11).

É comum que nesses locais predominem assentamentos precários, habitados por pessoas de baixa renda e que estão sujeitas a danos a sua integridade física, assim como perdas materiais e patrimoniais (MINISTÉRIO DAS CIDADES, UFSC e CEPED, 2004). Conforme aponta De Castro (2000, p. 8) “La población pobre o destituida obligatoriamente se

ubica en las tierras de menor valor, las cuales inevitavelmente son las más inseguras desde la perspectiva ambiental”².

Em decorrência das cidades abrigarem um maior número de pessoas que o espaço rural, pelo fato de nelas se concentrarem diferentes atividades produtivas, que atraem cada vez mais pessoas, alguns estudiosos a consideram “espaços de risco” (CASTRO; PEIXOTO e DO RIO, 2005). Nestes espaços o risco geralmente ocorre associado a funções inadequadas ou características conflitantes das formas de ocupação e uso da terra, sendo os processos produtivos/tecnológicos, sociais e “naturais” determinantes das situações de perdas potenciais ou efetivas (CASTRO; PEIXOTO e DO RIO, 2005).

Esses autores consideram as cidades espaços de riscos, sendo esses de diferentes naturezas, como os riscos sociais (carências da sociedade, guerras, conflitos, assaltos, etc), riscos tecnológicos (circunscreve-se no âmbito das atividades industriais e processos produtivos) e os riscos naturais (relacionam-se a processos e eventos de origem natural ou induzida pelas atividades humanas). Todos esses riscos podem ser encontrados nas cidades, sendo que um pode predominar sobre o outro.

Ressalta-se que, o tipo de risco tratado neste trabalho são os riscos naturais, aqui denominados de geoambientais. Este termo é adotado neste trabalho por relacionar-se a fenômenos de natureza não apenas geológica, mas também geomorfológica e hidrológica, excluindo-se as demais categorias de risco (MENEGUZZO, 2004).

² A população pobre ou destituída obrigatoriamente se localiza nas terras de menor valor, as quais inevitavelmente são as mais inseguras segundo a perspectiva ambiental (DE CASTRO, 2000, tradução nossa)

4 METODOLOGIA

4.1 REVISÃO DA LITERATURA E LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS

Inicialmente, foram realizadas pesquisas bibliográficas relacionadas ao assunto (uso da terra, processos geomorfológicos, riscos, áreas de risco, mapeamentos temáticos, entre outros) buscando-se em sítios da Internet, como o banco de teses da CAPES, revistas com edições virtuais, anais de eventos ligados aos temas desta pesquisa, e em bibliotecas como da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e Universidade Federal do Paraná (UFPR). Após a conclusão da pesquisa bibliográfica, foi iniciada a análise do material coletado com o intuito de melhor fundamentar e orientar os trabalhos práticos desenvolvidos, como a interpretação da imagem de satélite e das fotografias aéreas, assim como toda a pesquisa.

Além de textos, foram pesquisados, também, materiais cartográficos para caracterizar a evolução do uso terra na área estudada. Para tanto, várias instituições públicas foram consultadas e visitadas com o objetivo de obter o material que se desejava.

As fotografias aéreas de Ponta Grossa em escala 1:25.000 foram obtidas no Laboratório de Cartografia da UEPG. As fotos de 1995 em escala 1: 8.000 foram consultadas nas dependências da Prefeitura de Ponta Grossa. Contudo, nesta instituição algumas fotografias que recobriam a área de estudo foram extraviadas, sendo necessário adquirir cópias na SEDU/PARANÁCIDADE em Curitiba (PR).

Para o ano de 2004 foi utilizada a imagem do satélite IKONOS com resolução espacial de 1 m (um metro) cedida pelo Laboratório de Geoprocessamento da UEPG.

Fez-se necessário, também, levantar dados climáticos como a precipitação e a temperatura (diária, mensal e anual). Estas informações foram obtidas junto ao IAPAR e ao SIMEPAR. Foram consultadas duas instituições, pois até julho de 2002 a estação do IAPAR, que funcionava no Parque Estadual de Vila Velha encontrava-se em atividade, após essa data, os dados passaram a ser coletados apenas pela estação do SIMEPAR. Para essa pesquisa, foram disponibilizados pelas instituições citadas anteriormente, todos os dados necessários em forma de tabelas produzidas no *software* Excel, sendo que os fornecidos pelo IAPAR tiveram que ser tratados no mesmo *software* utilizando-se de diferentes fórmulas, a partir das quais obteve-se o total de precipitação mensal e anual. Porém aqueles fornecidos pelo SIMEPAR já haviam sido trabalhados, constando dados diários, mensais e anuais. As informações relativas a precipitação são relevantes para a pesquisa, pois muitos dos processos

geomorfológicos são deflagrados em virtude de sua ação. Já os dados de temperatura foram úteis para caracterizar o clima predominante na área de estudo.

4.2 TRABALHO DE CAMPO

Com a realização dos trabalhos de campo, objetivou-se checar as diferentes classes de solos presentes na área em apreço, visitar alguns pontos que suscitaram dúvidas quando consultada a carta geológica (Folha Ponta Grossa), localizar novas evidências da atuação de processos geomorfológicos, bem como verificar o estado atual daqueles identificados nas imagens de sensores remotos e também checar algumas classes de uso da terra não detectadas na imagem do satélite IKONOS. Ressalta-se que, esse último aspecto é relativo ao ano de 2004.

Ainda nos trabalhos de campo, buscou-se perceber as diferenças de uso da terra e processos geomorfológicos existentes entre a área urbana e a área rural da bacia do Arroio da Ronda, sendo alguns desses aspectos registrados em fotografias, que serão expostas e explicadas ao longo desse trabalho.

4.3 LEVANTAMENTO EM JORNAIS

Como o recorte temporal estabelecido nesta pesquisa é de 29 anos, fez-se necessário também, utilizar como fonte de informações acerca dos processos geomorfológicos ocorridos em décadas passadas, os jornais da cidade de Ponta Grossa.

Estes encontram-se arquivados na Casa da Memória seguindo a ordem cronológica, o que facilitou a pesquisa. Assim, foi consultado o Jornal da Manhã, pois este já existia em 1980 e não sofreu interrupções em suas publicações, ao contrário dos demais jornais da cidade. A referida pesquisa teve como intuito encontrar reportagens que tratassem de processos geomorfológicos e áreas de risco existentes na bacia estudada.

Antes do início da pesquisa nos jornais, foram consultados dados da precipitação anual, mensal e diária de Ponta Grossa obtidos junto ao IAPAR e ao SIMEPAR. Com isso, verificou-se os anos, meses e dias em que a precipitação foi considerável e em alguns casos anormal para a estação do ano em que ocorreram. Após a pesquisa nos dados climáticos de precipitação, os dias, meses e anos que apresentaram maiores quantidades de chuva foram registrados em uma tabela. As datas relativas a esses episódios foram então o ponto de partida

para as pesquisas nos jornais. Tal estratégia mostrou-se pertinente, pois nos períodos com maior quantidade de chuva, com frequência eram noticiados nos jornais a ocorrência de processos geomorfológicos na bacia, e no restante da cidade de Ponta Grossa.

Como nas reportagens, é comum serem citados os bairros, as ruas e os cruzamentos de ruas onde existem (existiam) processos, bem como o(s) dano(s) que estes trazem (trouxeram) para a comunidade, foi possível localizar espacialmente na área de estudo os processos geomorfológicos, os quais foram posteriormente mapeados conforme o período em que ocorreram e a legenda estabelecida para representar cada um deles.

4.4 ENTREVISTAS

Ainda em decorrência do recorte temporal deste trabalho, optou-se por entrevistar moradores da área de estudo, visando obter informações acerca dos processos geomorfológicos ocorridos e sobre a evolução do uso da terra. Os moradores, alvo principal das entrevistas, foram aqueles das áreas de risco mapeadas pela Prefeitura Municipal de Ponta Grossa (PMPG), onde é comum a ocorrência de processos. Foram também entrevistados os moradores mais antigos dos bairros inseridos na bacia do Arroio da Ronda, que por sua vez foram indicados por outros moradores desta mesma área de estudo.

Os proprietários de terras localizadas na área rural da bacia, não puderam ser entrevistados, pois, depois de várias visitas e recados deixados, os mesmos não foram encontrados, realizando-se somente entrevistas na área urbana.

Como realizar entrevistas é uma tarefa delicada, que requer conhecimento a respeito do assunto a ser tratado e cuidados na forma de abordar o entrevistado, optou-se por seguir algumas orientações propostas por May (2004) quando da realização de entrevistas.

Decidiu-se fazer as entrevistas do tipo semi-estruturadas, onde as perguntas são normalmente especificadas (Apêndice A), porém, o entrevistador tem espaço para ir além das respostas estabelecendo um diálogo com o entrevistado (MAY, 2004). O entrevistador pode buscar, tanto o esclarecimento das respostas dadas, podendo registrar informações qualitativas sobre o tópico em questão, como considerar também o contexto da entrevista. Isso permite que ele tenha mais espaço para ir além das respostas obtidas do entrevistado (MAY, 2004).

Este método foi de grande valia para a pesquisa, pois ele deu espaço para que as pessoas formulassem suas respostas utilizando os termos de sua linguagem cotidiana, o que é

interessante, pois o assunto a ser tratado é relativamente complexo, envolvendo termos técnicos, o que muitas vezes pode despertar a insegurança do entrevistado.

Com as entrevistas, foram obtidas informações sobre a ocorrência de processos geomorfológicos em períodos passados, quais as suas possíveis causas (segundo os entrevistados), as alterações no uso da terra ocorridos nas proximidades das formas erosivas e que podem ter dado início ao mesmo, como foi ou como está sendo sua evolução e também quais foram as consequências trazidas pela ocorrência dos processos.

4.5 MAPEAMENTOS TEMÁTICOS

A partir do levantamento de informações, passou-se à elaboração dos mapas temáticos da bacia do Arroio da Ronda, sendo necessário primeiramente extrair da imagem IKONOS a hidrografia utilizando o *software* Arc View GIS[®]. Optou-se por digitalizar essas informações, pelo fato da base cartográfica digital produzida pela PMPG não cobrir toda a bacia estudada e ainda apresentar falhas na digitalização dos trechos recobertos.

As curvas de nível adotadas com equidistância de 20 metros foram produzidas pela SEDU/PARANÁCIDADE cedidos ao laboratório de Geoprocessamento da UEPG. De posse das curvas de nível foi delimitada a bacia do Arroio da Ronda através dos divisores de água.

Uma vez confeccionada a base cartográfica digital, pôde-se proceder à elaboração dos mapas temáticos.

4.5.1 Mapa geológico

O mapa geológico foi elaborado no *software* Arc View GIS[®] tendo como base a carta de geologia Folha Ponta Grossa SG-22-X-C-II-2, em escala 1:50000 (AGUIAR NETO e LOPES JÚNIOR, 1977) e o mapa de geologia produzido por Medeiros e Melo (2001) em escala 1:150000.

Além das fontes citadas, foram feitas checagens em campo para confirmação da geologia, sobretudo nas proximidades do Arroio da Ronda onde foi verificada a presença de sedimentos quaternários.

4.5.2 Mapa de declividade

O mapa de declividade foi elaborado no *software Spring 5.0* sendo necessário realizar várias etapas consecutivas para sua obtenção.

A informação primordial para produzir este mapa foram as curvas de nível com equidistância de 20 metros e os pontos cotados, digitalizados em um único *layer* pela SEDU/PARANACIDADE.

Depois de adquirido o *layer* com as informações mencionadas, essas curvas de nível e pontos cotados foram convertidos já no *software Spring 5.0* em uma malha de pontos de 20 metros. A partir desta malha foi utilizada a função declividade que produziu uma grade de declividade cuja unidade foi a porcentagem. Em seguida foi feito a divisão da referida grade em intervalos de declividade.

Como na literatura não há intervalos de declividade únicos e amplamente aceitos, em virtude de vários fatores, como a diferenciação topográfica existente entre diferentes terrenos, optou-se por utilizar, após análises, as classes propostas por Ross (1994).

Ross (1994) define os seguintes intervalos de declividade: 0 a 6%; 6 a 12%; 12 a 20%; 20 a 30% e acima de 30%. A escolha desses intervalos também está pautada na consulta de trabalhos sobre a região de Ponta Grossa (MENEGUZZO, 2004), onde esses valores já haviam sido adotados representando satisfatoriamente a declividade da região.

Cada classe possui características que se destacam. Como o intervalo compreendido entre 0 a 6% corresponde as áreas dos divisores da bacia, onde já há ocupação urbana consolidada, ou ainda as áreas de cultivo próximas a foz do Arroio da Ronda. Esta classe ainda é verificada próximo ao canal de drenagem principal da bacia, correspondendo portanto, a planície de inundação, onde não é recomendada a construção de edificações. Em terrenos com declividades entre 6 a 12% em que ocorrem atividades agrícolas, De Biasi (1991) destaca que ainda é possível utilizar maquinário no cultivo e/ou colheita. Ainda nesta classe, em terrenos que possuem tais declividades é possível construir edificações sem problemas, pois além da declividade, os solos nessas áreas são mais profundos. Já no intervalo entre 12-20% também pode haver urbanização consolidada, porém a partir do valor 20% é necessário mais atenção ao processo de expansão das atividades humanas, pois a partir desta porcentagem já começam a ocorrer processos geomorfológicos. Segundo Meneguzzo (2004) foram constatado que na cidade de Ponta Grossa a partir de 20% de declividade já há ocorrências de escorregamentos, sendo alguns encontrados na área objeto de estudo desta pesquisa. Assim justifica-se o intervalo de 20-30%, sendo este último valor adotado por ser o limite máximo para urbanização sem restrições, segundo a Lei Federal nº 6.766/79 e a Lei Municipal nº

6326/79. Acima de 30% segundo documentos legais, não é permitida a ocupação humana, salvo quando são feitas obras de engenharia que visam eliminar o risco existente. Contudo essa não é a realidade encontrada na bacia do Arroio da Ronda.

4.5.3 Esboço pedológico

Tratar dos solos de uma determinada área é algo delicado, pois exige exaustivos levantamentos em campo, experiência do pesquisador e análises laboratoriais, para que assim, se possa diagnosticar as principais classes de solos, suas características morfológicas, químicas e de fertilidade.

Como o objetivo máximo desse trabalho não era especificamente tratar em escala de detalhe os solos e também em decorrência do tempo disponível, optou-se por produzir um esboço pedológico. As informações registradas neste, foram obtidas através de consultas a trabalhos prévios que traziam informações sobre os solos da região, onde a bacia do Arroio da Ronda está inserida, e também as informações fornecidas pela professora Dr^a. Márcia Freire Machado Sá do Departamento de Solos da UEPG através de comunicação oral. Justifica-se essa denominação por entender-se que um mapa de solos é mais completo, trazendo informações sobre as classes, sub-classes, entre outras.

Para confeccionar o esboço pedológico, partiu-se da leitura do capítulo do livro “Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná”, intitulado “Os solos dos Campos Gerais” de autoria da referida professora, onde foi possível conhecer as principais classes de solos presentes nos Campos Gerais, bem como as seqüências de solos mais comuns encontrados na região, suas posições no relevo e quais as declividades onde se situam.

Ressalta-se que o trabalho de Meneguzzo (2004) também foi consultado, pois neste constam informações acerca de algumas classes de solos identificadas nos trechos de montante do Arroio da Ronda. Foram relevantes também para a elaboração do esboço pedológico, as observações feitas nos trabalhos de campo entre os anos de 2008 e 2009. Nestes trabalhos foram observadas características morfológicas do perfis de solos, tais como: cor, textura, estrutura e consistência (LEPSCH, 2002). Para analisar essas características morfológicas, as quais são diferentes em cada classe de solo, seguiu-se as orientações do “Guia para identificação dos principais solos do Estado do Paraná” (FASOLO *et al*, 1986).

Após a leitura do capítulo do livro e do trabalho de Meneguzzo (2004), checagens em campo e sobretudo a orientação da referida professora, seguindo a posição no relevo e as classes de declividades, foram identificadas as seguintes classes e associações de classes de

solos na bacia do Arroio da Ronda, os quais foram estabelecidos da seguinte forma: os Latossolos Vermelhos que são verificados em áreas com relevo mais suave (declividade 0 a 12%), que corresponde sobretudo, aos topos, que por sua vez são os divisores de água da bacia. Acima de 12 até 20% ainda ocorrem os Latossolos Vermelhos, porém, junto com esses, também são verificados os Cambissolos. Por isso, optou-se por estabelecer uma legenda para a associação de Latossolo Vermelho com Cambissolo. Nas declividades entre 20 e 30% ainda existem Cambissolos, porém já aparecem os Neossolos Litólicos. Com isso, novamente optou-se por estabelecer apenas uma legenda para a associação de Cambissolo com Neossolo Litólico. Em locais com relevo declivoso (acima de 30%) podem ser encontradas associações de Cambissolo, Neossolo Litólico e rocha. Nas áreas correspondentes a planície de inundação onde a classe de declividade predominante é até 6%, dominam as associações de Organossolo com Gleissolo.

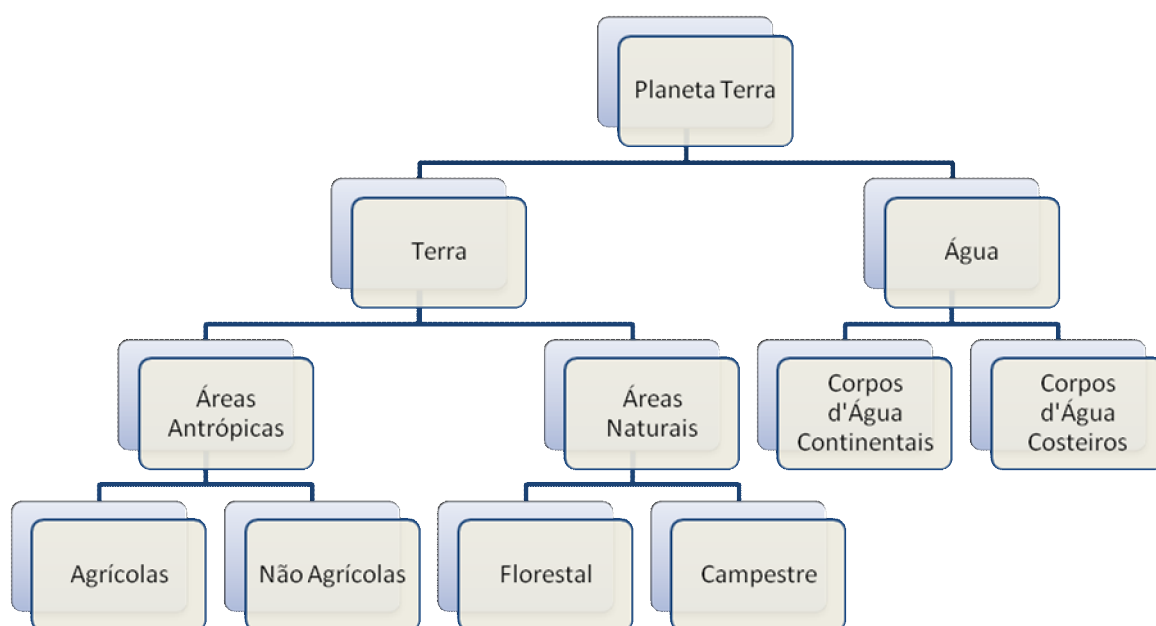
Após esta etapa foi produzido um esboço pedológico das classes de solos e associações de classes de solos presentes na bacia do Arroio da Ronda, o qual foi digitalizado no *software* Arc View GIS[®] tendo como base a hidrografia, as curvas de nível e a declividade.

4.5.4 Mapas de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (1980, 1995 e 2004)

Antes de se produzir os mapas de uso da terra foi necessário estabelecer as classes de uso a serem identificadas na área analisada, seguindo as orientações dadas pelo Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006) e, em alguns casos, como será exposto adiante quando pertinente, foram feitas algumas adaptações das classes propostas pelo documento mencionado.

Nesse manual consta que, para a construção da nomenclatura das classes de uso e ocupação da terra, deve-se partir do planeta Terra, onde existem porções sólidas (terras) e também partes líquidas (águas). Com isso, identificam-se nas porções terrestres, áreas intensamente antropizadas e áreas naturais. Nas áreas antrópicas podem existir atividades agrícolas ou não agrícolas. Já nas áreas naturais prevalecem as coberturas vegetais, que em muitos casos são originais, como as florestas e os campos (IBGE, 2006).

No tocante ao que se denominou de águas, estas podem estar localizadas nos continentes, como exemplo, rios, represas e lagos, ou ainda ser águas costeiras, como pode-se observar no Organograma 1.



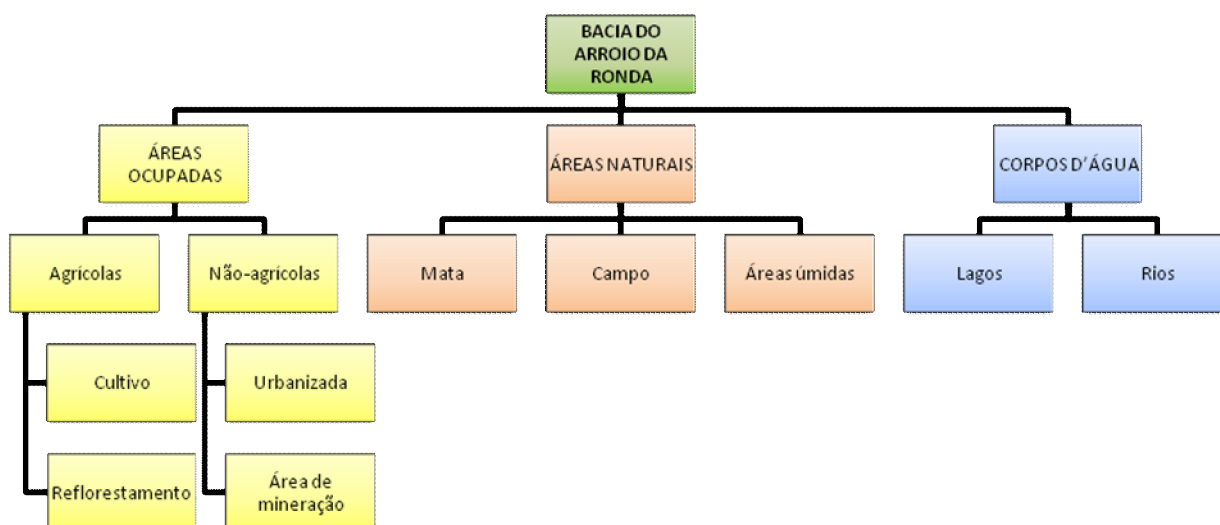
Organograma 1 – Esquema teórico de construção de uma nomenclatura da cobertura terrestre
 Fonte: IBGE (2006) – Adaptado de Heynann (1994)

Como a bacia do Arroio da Ronda localiza-se na porção centro-leste do Estado do Paraná, tratar-se-á apenas das seguintes nomenclaturas: áreas antrópicas, áreas naturais e águas continentais, utilizando-se a terminologia áreas ocupadas, ao invés de áreas antrópicas.

Dentro de cada um desses níveis hierárquicos o Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006) aponta uma série de classes a serem estabelecidas. No entanto, neste trabalho buscou-se adaptar algumas das classes propostas como pode ser observado no Organograma 2.

Dentro do nível hierárquico áreas ocupadas não-agrícolas, estão contidas as áreas urbanizadas que seria a classe propriamente dita. A classe áreas urbanizadas compreende áreas de uso intensivo, onde estão presentes edificações e sistema viário, predominando as superfícies artificiais não-agrícolas (Figura 2A). Esta classe abrange as metrópoles, as cidades, as vilas, rodovias, serviços e transportes, energia, comunicações, indústrias ou complexos industriais, comerciais ou ainda entidades que podem estar isoladas das áreas urbanas (IBGE, 2006).

Ainda dentro das áreas antrópicas não-agrícolas estão contidas as áreas de mineração (Figura 2H), representadas na área de estudos por portos de extração de areia e antigas pedreiras abandonadas, de onde eram extraídas rochas (diabásio) para o calçamento de ruas em Ponta Grossa. As pedreiras que atualmente se encontram inativas, não aparecem nos mapas em consequência da escala adotada.



Organograma 2- Esquema de construção da nomenclatura utilizada no mapeamento do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda

Fonte: Modificado de IBGE (2006)

Organização: MENEGUZZO, P. M.

No segundo nível hierárquico, que corresponde às áreas agrícolas ocupadas, as classes que se destacam na bacia do Arroio da Ronda são: as lavouras temporárias e os reflorestamentos.

As lavouras temporárias correspondem a culturas de curta ou média duração, cujo ciclo é inferior a um ano, sendo que após a colheita o terreno fica disponível para novo plantio (IBGE, 2006). No presente trabalho, optou-se por denominar as lavouras, como áreas de cultivo, ou simplesmente cultivo. Na figura 2B observa-se o cultivo de aveia a qual representa um plantio temporário bastante comum na região de Ponta Grossa, além de outros produtos como trigo, milho e soja.

A última classe contida no grupo das atividades agrícolas é o reflorestamento. Este é compreendido como "... plantio ou formação de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas". (IBGE, 2006, p. 29) (Figura 2C)

Por fim, a "... vegetação natural compreende um conjunto de estruturas florestal e campestre, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas, secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo lenhosas em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas" (IBGE, 2006, p. 29).

Ainda segundo a instituição supracitada, para as formações arbóreas utiliza-se a terminologia florestal, no entanto adotou-se no presente trabalho a denominação mata, no que se refere a Floresta Ombrófila Mista e também as matas de galeria (Figura 2D).

A classe campestre abrange uma cobertura vegetal que se caracteriza pela ausência de árvores de grande porte, predominando vegetações herbáceas. Em nossa região, corresponde a Estepe Gramínio-Lenhosa (Figura 2E).

Na classe campestre, segundo o IBGE (2006) incluem-se também os campos brejosos e as várzeas, bastante comuns na região dos Campos Gerais, porém, neste trabalho, optou-se por mapear os campos brejosos em uma classe separada, denominando-os de áreas úmidas (Figura 2F).

No caso da classe água, foram identificados apenas os corpos hídricos, sejam eles naturais ou artificiais, como os rios, lagos e tanques, como ilustrados na figura 2G.

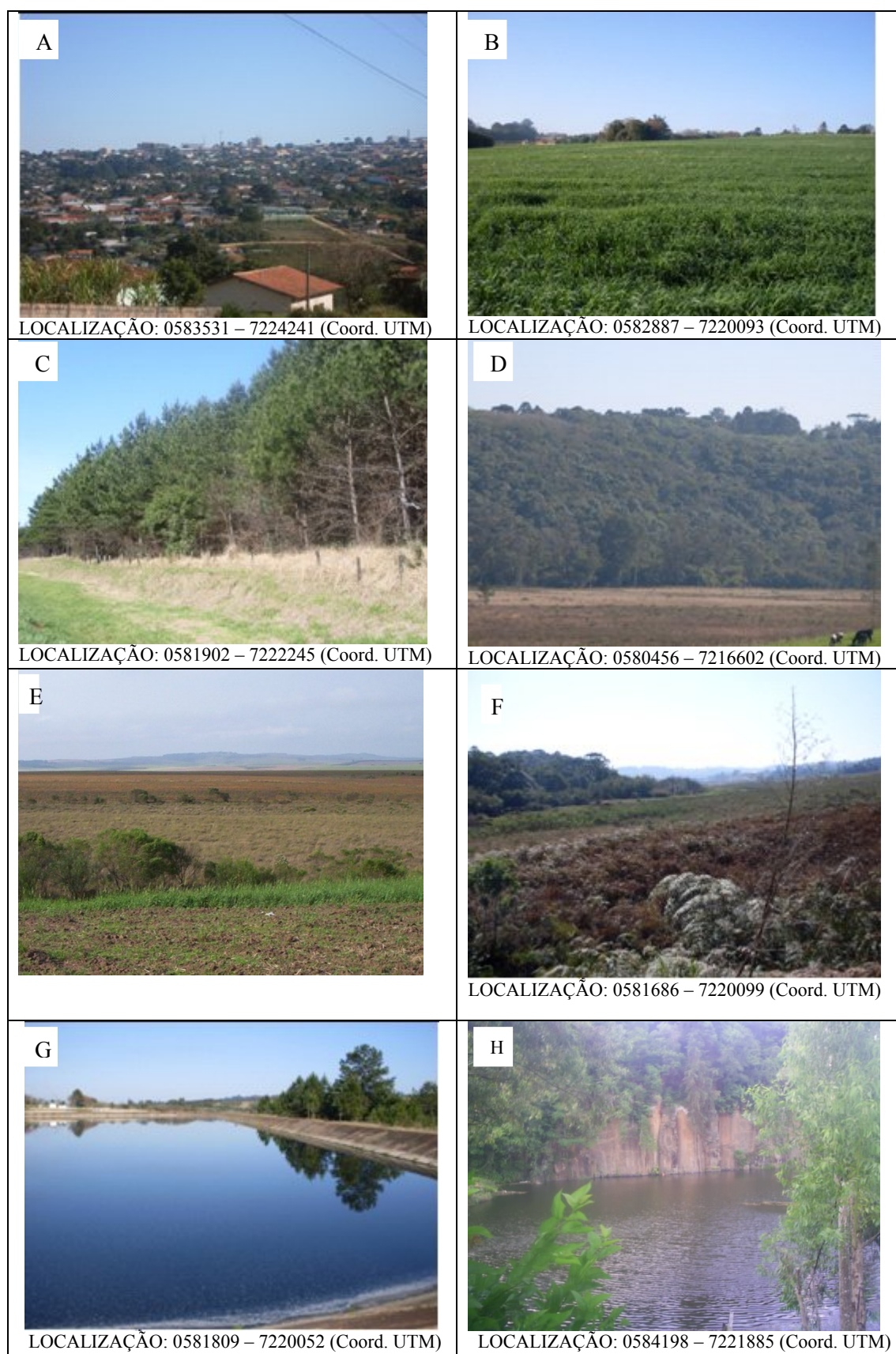


Figura 2– Fotos ilustrativas de cada classe de uso da terra

FONTE: MENEGUZZO, P. M.; MENEGUZZO, I. S. (2008). Figura 2A – Área urbanizada; Figura 2B – Cultivo (aveia); Figura 2C – Reflorestamento; Figura 2D – Mata; Figura 2E – Campo; Figura 2F – Áreas úmidas; Figura 2G – Estação de tratamento de esgoto da SANEPAR; Figura 2H – Área de mineração.

Após definidas as classes de uso da terra contidas na área estudada e que foram mapeadas, elaborou-se as chaves de interpretação baseadas em Loch (1984), com o objetivo de padronizar as informações extraídas das imagens e fotografias aéreas analisadas. Como foram trabalhados com materiais cartográficos de três anos diferentes (1980, 1995 e 2004) construiu-se três chaves de interpretação, pois, existem variações nos elementos a serem observadas em cada um dos documentos cartográficos (Quadro 1, Quadro 2, Quadro 3).

Classe	Textura	Sombra	Padrão	Cor	Forma
Mata	Rugosa	Presente	Desordenado	Cinza escuro a preto	Irregular
Reflorestamento	Lisa	Presente	Ordenado	Cinza escuro a preto	Regular
Cultivo	Lisa	Ausente	Ordenado	Cinza claro a cinza médio	Regular
Áreas úmidas	Lisa	Ausente	Desordenado	Cinza médio	Irregular
Área urbanizada	Lisa	Presente	Ordenado	Branco a Cinza Claro	Regular
Campo	Lisa a Média	Ausente	Desordenado	Cinza médio	Irregular
Área de Mineração	Lisa	Ausente	Desordenado	Branco	Irregular

Quadro 1 - Chave de interpretação das classes de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda- 1980
Organização: MENEGUZZO, P. M. (2008)

Classe	Textura	Sombra	Padrão	Cor	Forma
Mata	Rugosa	Presente	Desordenado	Cinza escuro a preto	Irregular
Reflorestamento	Lisa	Presente	Ordenado	Cinza médio a preto	Regular
Cultivo	Lisa	Ausente	Ordenado	Cinza claro a cinza médio	Regular
Áreas úmidas	Lisa	Ausente	Desordenado	Cinza médio	Irregular
Área urbanizada	Rugosa	Presente	Ordenado	Branco a Cinza claro	Regular
Campo	Lisa a Média	Ausente	Desordenado	Cinza claro a cinza médio	Irregular
Área de mineração	Lisa	Ausente	Desordenado	Branco	Irregular
Lagos	Lisa	Ausente	Ordenado	Preto	Regular

Quadro 2 - Chave de interpretação das classes de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda- 1995
Organização: MENEGUZZO, P. M. (2008)

Classe	Textura	Sombra	Padrão	Cor	Forma
Mata	Rugosa	Presente	Desordenado	Cinza escuro a preto	Irregular
Reflorestamento	Lisa	Presente	Ordenado	Cinza escuro a preto	Regular
Cultivo	Lisa	Ausente	Ordenado	Cinza claro a cinza médio	Regular
Áreas úmidas	Lisa	Ausente	Desordenado	Cinza médio	Irregular
Área urbanizada	Rugosa	Presente	Ordenado	Branco	Regular
Campo	Média	Ausente	Desordenado	Cinza médio	Irregular
Lagos	Lisa	Ausente	Ordenado	Preto	Regular

Quadro 3 - Chave de interpretação das classes de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda- 2004
Organização: MENEGUZZO, P. M. (2008)

Uma vez executados esses procedimentos, passou-se a extrair dos documentos cartográficos, as informações acerca do uso da terra.

As fotografias aéreas pancromáticas de 1980 e 1995 encontravam-se em meio analógico, sendo feito o processo de fotointerpretação com o auxílio de um estereoscópio, para melhor identificar as classes de uso da terra, usando como referência a chave de interpretação produzida para os respectivos anos. As informações obtidas através da fotointerpretação, foram registradas em *overlays*. Após esses procedimentos, foi feita a digitalização das classes de uso da terra sobre a base cartográfica produzida, utilizando-se o *software* Arc View GIS[®]. A digitalização teve como base a interpretação das classes de uso feitas com o estereoscópio que posteriormente foram digitalizadas diretamente em tela.

Para o ano de 2004 utilizou-se a imagem do satélite IKONOS com resolução espacial de 1 metro. Como a imagem já estava georreferenciada e ortorretificada passou-se diretamente para a interpretação visual feita diretamente em tela, utilizando-se o *software* Arc View GIS[®] e a chave de interpretação anteriormente exposta para o referido ano.

4.5.5 Mapa de feições erosivas/processos geomorfológicos

Primeiramente foram definidos três recortes temporais: 1980-1989; 1990-1999 e 2000-2009. Seguindo esses intervalos, foram confeccionados três mapas de processos geomorfológicos, um para cada intervalo temporal. As fontes de informações para a elaboração dos documentos cartográficos foram: fotografias aéreas de 1980 e 1995, a imagem do satélite IKONOS (2004), levantamentos em jornais, entrevistas com moradores e consultas a trabalhos prévios (MEDEIROS, 2000 e MENEGUZZO, 2004). Destaca-se ainda que as feições erosivas serão denominadas neste trabalho de processos geomorfológicos, os quais foram reconhecidos a partir das formas ou feições erosivas, justificando-se adoção do termo

processo geomorfológico pelo fato deste ser dinâmico, enquanto a forma passa a idéia de algo estático.

Para o mapa do primeiro intervalo temporal foram utilizadas as fotografias aéreas de 1980 em escala 1: 25.000 do Laboratório de Cartografia (UEPG). Essas foram verificadas no estereoscópio e cada processo identificado foi registrado em um *overlay* segundo a representação gráfica estabelecida para representá-lo, a qual está contida na legenda a ser utilizada (Figura 3). Salienta-se que esta foi modificada do “Projeto Erosão e Áreas de Risco no Espaço Urbano de Ponta Grossa (PR)”. Foram também fontes de informações neste mapa: entrevistas e as notícias encontradas nos jornais.

Para o recorte entre 1990-1995 o processo foi semelhante, porém as fotografias pertencentes a PMPG e também aquelas adquiridas junto a SEDU/PARANACIDADE estavam em escala 1: 8.000. Como no “Projeto Erosão e Áreas de Risco no Espaço Urbano de Ponta Grossa (PR)” já haviam sido identificados processos geomorfológicos ocorridos na cidade de Ponta Grossa fazendo uso do mesmo material cartográfico, os mapas produzidos por este projeto, foram utilizados também na presente pesquisa, porém apesar disso, novo processo de fotointerpretação foi feito buscando-se verificar nas fotos, mais algum processo geomorfológico não detectado na interpretação anterior. Assim, como no intervalo temporal de 1980 – 1989, entre 1990 – 1999 também foram de grande valia para a elaboração do referido mapa as entrevistas e as pesquisas realizadas nos jornais.

Entre 2000-2009 o mapa resultou da verificação de processos diretamente em tela, checagens em campo, entrevistas, buscas nos jornais e consultas a bibliografia pré-existente (MEDEIROS, 2000; MENEGUZZO, 2004).

Dando continuidade ao trabalho, após a identificação dos processos geomorfológicos, foi verificada sua localização em tela seguindo as coordenadas UTM, quando estes foram verificados em campo, ou seguindo a rua na qual ocorriam/ocorrem. Uma vez localizados esses processos, eles foram representados graficamente sobre a base cartográfica produzida, seguindo a simbologia estabelecida para cada um (Figura 3).

Para a produção dos três mapas de processos geomorfológicos foi utilizado o *software* Auto CAD 2006, que permite a entrada de dados vetoriais e georreferenciados, possibilitando desenhar facilmente a forma representativa de cada processo, uma vez que este é um *software* específico para desenho.

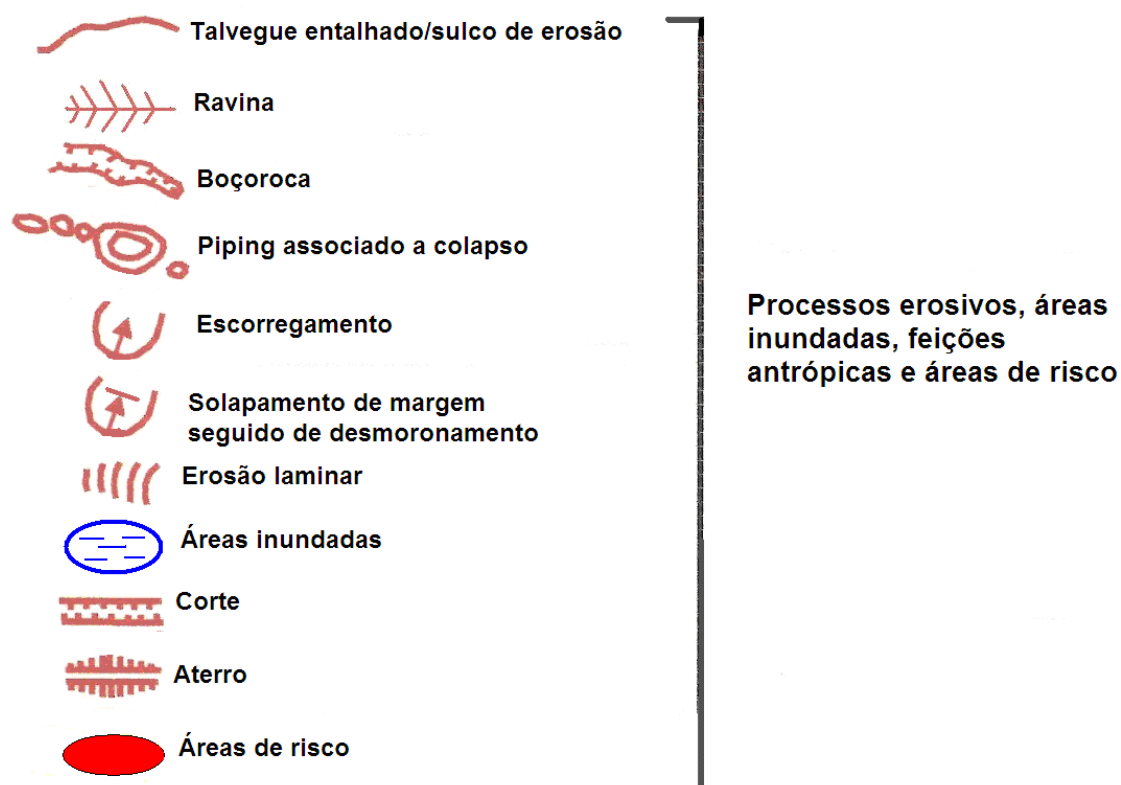


Figura 3 – Legenda adotada para a representação dos processos erosivos, feições antrópicas e áreas de risco
 Fonte: Modificada do “Projeto Erosão e Áreas de Risco no Espaço Urbano de Ponta Grossa (PR)”.

4.6 Avaliação da evolução do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (Ponta Grossa - PR) e influência nos processos geomorfológicos

Para avaliar a evolução do uso na terra na bacia do Arroio da Ronda e sua influência nos processos geomorfológicos, buscou-se apoio na metodologia de concentração de boçorocas (CB) proposta por Ponçano, Kertzman e Salomão (1989). No entanto, a referida metodologia sofreu algumas adaptações para ser aplicada na área de estudo, dentre elas a mudança na nomenclatura, a qual foi aqui denominada de concentração de processos (CP). Na metodologia original, proposta pelos autores acima citados, a equação foi aplicada somente para as ravinas profundas e as boçorocas, mas, neste trabalho ela foi utilizada para calcular a concentração de processos como um todo, ou seja, não foi feita distinção entre processos para aplicá-los na equação, foram somados todos os processos identificados (escorregamentos, sulcos, ravinas, *piping* associados a colapsos, solapamentos de margens com conseqüentes desmoronamentos e inundações) em cada intervalo temporal e os totais foram então introduzidos na equação.

Antes de serem comentadas as demais adaptações feitas na proposta metodológica de concentração de boçorocas (CB), cabe aqui apresentá-la brevemente. Esta metodologia foi produzida com o objetivo de verificar a concentração de ravinas profundas e boçorocas na Bacia do Peixe-Paranapanema (Estado de São Paulo), considerando fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos. Tal metodologia é composta por três etapas, sendo elas expostas sucintamente a seguir.

O primeiro passo para a aplicação da metodologia em questão, é cadastrar as boçorocas e ravinas profundas existentes na área de estudo. Neste cadastro, consta a localização da erosão, sendo indicado se ela está contida em área rural ou urbana. Isto é realizado em virtude dos autores Ponçano, Kertzman e Salomão (1989) acreditarem que, embora as boçorocas atuais sejam induzidas pelas ações humanas, eles ressaltam em seus estudos que as boçorocas rurais desenvolvem-se sob maior controle dos fatores naturais, sendo que essas erosões quando presentes em áreas urbanas afastam-se decisivamente desses condicionantes, pois podem se desenvolver sob boas condições topográficas, podendo ser desencadeadas por ações antrópicas como o lançamento de águas servidas.

Na etapa posterior, realizam-se mapeamentos temáticos acerca da geologia, geomorfologia, pedologia, além da carta de ocorrência de processos. Ainda na segunda etapa, tendo como base as cartas temáticas, faz-se o cruzamento de cada uma delas com a carta de ocorrência de boçorocas. Os resultados do cruzamento são registrados em um quadro (Quadro 4). Com isto são enumeradas as ocorrências das feições erosivas em cada tipo de formação geológica, sistema de relevo e tipo de solo. Assim, é calculada a frequência de boçorocas em cada fator considerado (geologia, geomorfologia e pedologia), fazendo uso da Equação 1:

$$CB = \frac{N}{A} \times 100$$

Onde:

N é o número de boçorocas pelo fator área;

A é a área expressa em km²

Multiplica-se por 100 para a produção de um número de fácil leitura, representativo da média de boçorocas por 100 km²

Equação 1 – Concentração de boçorocas e ravinas profundas

Formação Geológica	Área (%)	Nº de Ocorrências	CB	Boçorocas do Grupo 01	%	Boçorocas do Grupo 02	%
Marília	9,2	213	3,5	102	47,1	111	52,9
Adamantina	38,6	528	2,1	192	36,4	336	63,6
Sto. Anastácio	6,6	39	0,9	17	43,6	22	56,4
Pirambóia	1,6	07	0,7	01	14,3	06	85,7
Caiuá	4,6	17	0,6	00	0,0	17	100,0
Teresina	2,7	09	0,5	04	44,4	05	65,6
Serra Geral	12,9	30	0,4	09	30,0	21	70,0
Itararé	16,9	25	0,2	07	28,0	18	72,0
Botucatu	(0,7)	24	•	-	-	-	-
Tatui	(0,3)	04	•	-	-	-	-
Outras Formações	5,9	0,0	0,0	-	-	-	-

Quadro 4 – Distribuição das boçorocas e ravinas profundas por formação geológica

* As formações Botucatu e Tatui ocorrem em menos de 1% da área de estudo, estando abaixo do valor mínimo estabelecido para a análise.

Grupo 01 – Rurais (reativação de drenagens)

Grupo 02 – Urbanas, rodovias e ferrovias e manejo inadequado (cercas, trilhas de gado, etc.)

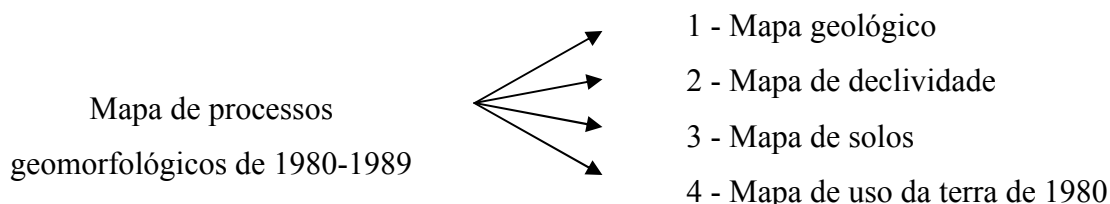
Fonte: Ponçano, Kertzman e Salomão (1989)

Na sequência, são feitas análises dos dados resultantes da aplicação da equação, obtendo-se assim, a concentração de boçorocas em cada tipo de formação geológica, sistema de relevo e classe de solo, considerando ainda quantas boçorocas estão em área rural e quantas se localizam em área urbana. Os autores afirmam ainda, que a aplicação do índice CB para cada fator de análise, facilita uma ponderação entre as unidades, com grande utilidade na compartimentação do meio físico, objetivando o estabelecimento das áreas de risco ao desenvolvimento de boçorocas (PONÇANO, KERTZMAN e SALOMÃO, 1989). Esta metodologia será parcialmente utilizada neste trabalho, sendo seguidas algumas etapas baseadas na proposta mencionada anteriormente.

Na presente pesquisa foram cadastrados os processos geomorfológicos, identificados na área de estudo entre os anos de 1980-1989, 1990-1999 e 2000-2009. Estas informações foram registradas graficamente em mapas de processos geomorfológicos e em tabelas, produzidas para cada um dos intervalos temporais acima citados. Nos mapas, cada processo recebeu uma sigla de identificação, assim, os escorregamentos receberam a letra E, os sulcos as letras Su, as ravinas a letra R, as inundações a letra I, os solapamentos S e os *pipings* a letra P. Lembrando que todas as letras foram seguidas de um número que identificava cada processo. Assim, foi possível localizá-los espacialmente nos mapas de processos, bem como,

consultar uma tabela (Apêndice B) onde constam características do local onde ele ocorreu, entre outras informações que no decorrer deste texto, serão melhor explicadas.

Os mapas temáticos elaborados (geológico, declividade, solos e uso da terra – 1980, 1995 e 2004) foram cruzados com os mapas de processos geomorfológicos de cada intervalo temporal estabelecido. Por exemplo:



Como exemplo, citou-se o ano de 1980, contudo o mesmo procedimento foi feito para os outros anos trabalhados. O cruzamento dos temas foi feito no *software* de manipulação de imagens *Macromedia Fireworks MX*, onde os temas foram colocados na mesma escala e então sobrepostos. Justifica-se a utilização deste *software*, pela dificuldade em se inserir a simbologia feita para representar os processos, em programas como o Arc View GIS[®]. No mapa de processos, consta também a delimitação da área urbanizada (1980) e do perímetro urbano (1995 e 2004), obtendo-se a partir desse cruzamento a frequência de processos na área urbana e rural da bacia, nos três intervalos temporais.

Uma vez cruzados os mapas, as informações obtidas foram registradas em quadros (Quadro 5, Quadro 6, Quadro 7 e Quadro 8) que permitiram avaliar a evolução do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (Ponta Grossa³-PR) e a sua influência nos processos geomorfológicos.

³ Como serão trabalhados três períodos diferentes (1980, 1995 e 2004) foi preciso consultar o perímetro urbano vigente em cada ano, pois este foi alterado com o passar do tempo em virtude da expansão urbana. Para isso foi utilizado o limite estabelecido pelo projeto “Geoprocessamento aplicado ao mapeamento e análise da evolução da ocupação e uso da terra na cidade de Ponta Grossa (PR)”, que delimitou a área urbanizada em 1980, não havendo o limite legal do perímetro urbano em virtude da dificuldade em se conseguir localizar espacialmente os limites impostos pela lei. Para os anos de 1995 e 2004 os limites do espaço urbano estão disponíveis em meio digital.

Período	Formações Geológicas	Tp ¹	Área (km ²)	Área (%)	² CP/km ²
1980-1989	<i>PCi</i>				
	<i>JKT</i>				
	<i>Dpg</i>				
	<i>Qha</i>				
1990-1999	<i>PCi</i>				
	<i>JKT</i>				
	<i>Dpg</i>				
	<i>Qha</i>				
2000-2009	<i>PCi</i>				
	<i>JKT</i>				
	<i>Dpg</i>				
	<i>Qha</i>				

Quadro 5 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a formação geológica.

Nota: Tp¹= total de processos; ²CP/ km²= concentração de processos/km².

Fonte: Modificado de Ponçano, Kertzman e Salomão (1989)

Nota: 1-Formação Geológica: *PCi* = Grupo Itararé, *JKT* = Formação Serra Geral, *Dpg* = Formação Ponta Grossa, *Qha*= Sedimentos Quaternários; 2-Tp= total de processos em cada formação geológica; 3-Concentração de Processos em cada Formação Geológica/km².

Período	Classes de declividade	Tp ¹	Área (km ²)	Área (%)	² CP/km ²
1980-1989	0-6%				
	6-12%				
	12-20%				
	20-30%				
	>30%				
1990-1999	0-6%				
	6-12%				
	12-20%				
	20-30%				
	>30%				
2000-2009	0-6%				
	6-12%				
	12-20%				
	20-30%				
	>30%				

Quadro 6 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a declividade

Nota: Tp¹= total de processos; ²CP/ km²= concentração de processos/km².

Fonte: Modificado de Ponçano, Kertzman e Salomão (1989)

Período	Classes de Solos	Tp ¹	Área (km ²)	Área (%)	² CP/km ²
1980-1989	L				
	Associação de L com C				
	Associação C com RL				
	Associação C, com RL e R				
	Associação de O com G				
1990-1999	L				
	Associação de L com C				
	Associação C com RL				
	Associação C, com RL e R				
	Associação de O com G				
2000-2009	L				
	Associação de L com C				
	Associação C com RL				
	Associação C, com RL e R				
	Associação de O com G				

Quadro 7 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a classe de solo.

Nota: Tp¹= total de processos; ²CP/ km²= concentração de processos/km².

Fonte: Modificado de Ponçano, Kertzman e Salomão (1989)

Nota: 1-Classes de solos= L Latossolo, C Cambissolo, RL Neossolo Litólico, R Rochas, O Organossolo e G Gleissolo.

Período	Classes de Uso da Terra	Tp ¹	Área (km ²)	Área (%)	² CP/km ²
1980-1989	Mata				
	Campo				
	Áreas úmidas				
	Urbanizada				
	Mineração				
	Cultivo				
	Reflorestamento				
	Lagos				
1990-1999	Mata				
	Campo				
	Áreas úmidas				
	Urbanizada				
	Mineração				
	Cultivo				
	Reflorestamento				
	Lagos				
2000-2009	Mata				
	Campo				
	Áreas úmidas				
	Urbanizada				
	Mineração				
	Cultivo				
	Reflorestamento				
	Lagos				

Quadro 8 – Distribuição das feições erosivas de acordo com a classe específica de uso da terra

Nota: Tp¹= total de processos; ²CP/ km²= concentração de processos/km².

Fonte: Modificado de Ponçano, Kertzman e Salomão (1989)

5 CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO DA BACIA DO ARROIO DA RONDA

5.1 LOCALIZAÇÃO

Localizada na porção sudoeste da cidade de Ponta Grossa, seguindo na mesma direção até sua foz, no Rio Tibagi, já na zona rural do município, a bacia do Arroio da Ronda possui uma área de 35,76 km², tendo suas nascentes na porção central da cidade, onde há ocupação urbana consolidada, sendo seu trecho a jusante localizado em área rural, onde predominam a agricultura e os reflorestamentos.

Da área total da bacia, 24,03 km² localizam-se no perímetro urbano de Ponta Grossa⁴, enquanto 11,73 km² estão contidos na zona rural, onde são desenvolvidos diferentes usos da terra que associados as características do meio físico contribuíram com a dinâmica dos processos geomorfológicos.

Para o melhor entendimento desta questão, a qual é de relevância para este trabalho, faz-se necessário tratar das principais características físicas da bacia objeto deste estudo.

5.2 ASPECTOS FÍSICOS DA BACIA DO ARROIO DA RONDA

5.2.1 Características lito-estruturais

Na bacia estudada estão presentes rochas sedimentares e ígneas pertencentes a Bacia Sedimentar do Paraná, as quais possuem diferentes idades e origens (Figura 4), como a Formação Ponta Grossa encontrada nas porções NE, E, SE e S da área de estudo, o Grupo Itararé aflorante nas cabeceiras e médio curso, intrusivas básicas (NE e E) e os sedimentos quaternários na planície aluvial do Arroio da Ronda (AGUIAR NETO; LOPES JÚNIOR, 1977).

A Formação Ponta Grossa (Devoniano Superior), segundo Schneider *et al.* (1974), é constituída por folhelhos, folhelhos sílticos e siltitos, com cores escuras (cinza escuro a preto), micáceos, apresentando intercalações de arenitos cinza claro finos. Quando sofrem alterações, essas rochas apresentam-se amareladas arroxeadas e castanhas. Com relação às estruturas sedimentares, a laminação plano-paralela é a mais comum.

⁴ Esta quantificação foi feita tomando-se como base o novo perímetro urbano de Ponta Grossa proposto no Plano Diretor de 2006.

Na formação em questão há abundância de fósseis, como os braquiópodes, os bivalves, plantas, equinodermos, entre outros (PETRI; FÚLFARO, 1983). A presença desses fósseis evidencia ambiente de deposição marinho, conforme salienta Schneider et al. (1974).

A Formação Ponta Grossa foi formalmente dividida em três membros: Jaguariaíva (inferior), Tibagi (médio) e São Domingos (superior) (LANGE e PETRI citado por NUCLEAM, 2002). O Membro Jaguariaíva e o Membro São Domingos são predominantemente de constituição siltico-argilosa, enquanto os folhelhos do membro inferior apresentam um teor de mica e silte maior que o Membro São Domingos. O Membro Tibagi constitui-se de arenito siltico muito fino ou siltito arenoso (PETRI; FÚLFARO, 1983).

O Grupo Itararé é composto por rochas sedimentares variadas, como arenitos finos a médios, argilitos, diamictitos e ritmitos, podendo se encontrar também, texturas areno-argilosas a areno-siltosas, com cores variadas, como esbranquiçadas, amareladas rosadas e avermelhadas. O Grupo Itararé foi "... depositado sob condições flúvio-glaciais, glácio-marinhas e marinhas, em consequência do degelo das geleiras desenvolvidas sobre extensa área da margem meridional do Gondwana." (MILANI *et al.*, 1994 *apud* NUCLEAM, 2002, p. 05).

As rochas intrusivas correlatas à Formação Serra Geral estão intercaladas com as rochas sedimentares, principalmente sob a forma de soleiras e diques de diabásio, com espessuras variáveis (MELO e GODOY, 1997). Estes corpos exercem grande controle nas altas declividades, sobretudo na área central da cidade de Ponta Grossa. A origem dessas intrusões, segundo Nucleam (2002) está relacionada à atividade mesozóica ao longo do Arco de Ponta Grossa.

Os sedimentos quaternários estão presentes nas rampas colúvio-aluviais e nas planícies aluviais, caracterizados por camadas decimétricas a submétricas de materiais com granulometria diferenciada (argilas até areias), cujas origens são aluviais e gravitacionais (coluvial) (MEDEIROS, 2000).

Nas rochas aflorantes na bacia do Arroio da Ronda são encontradas estruturas geológicas, como fraturas e falhas, resultantes de importantes eventos geológicos ocorridos ao longo do tempo. Essas estruturas exercem influência no desenvolvimento da paisagem local, como por exemplo, controlando canais fluviais.

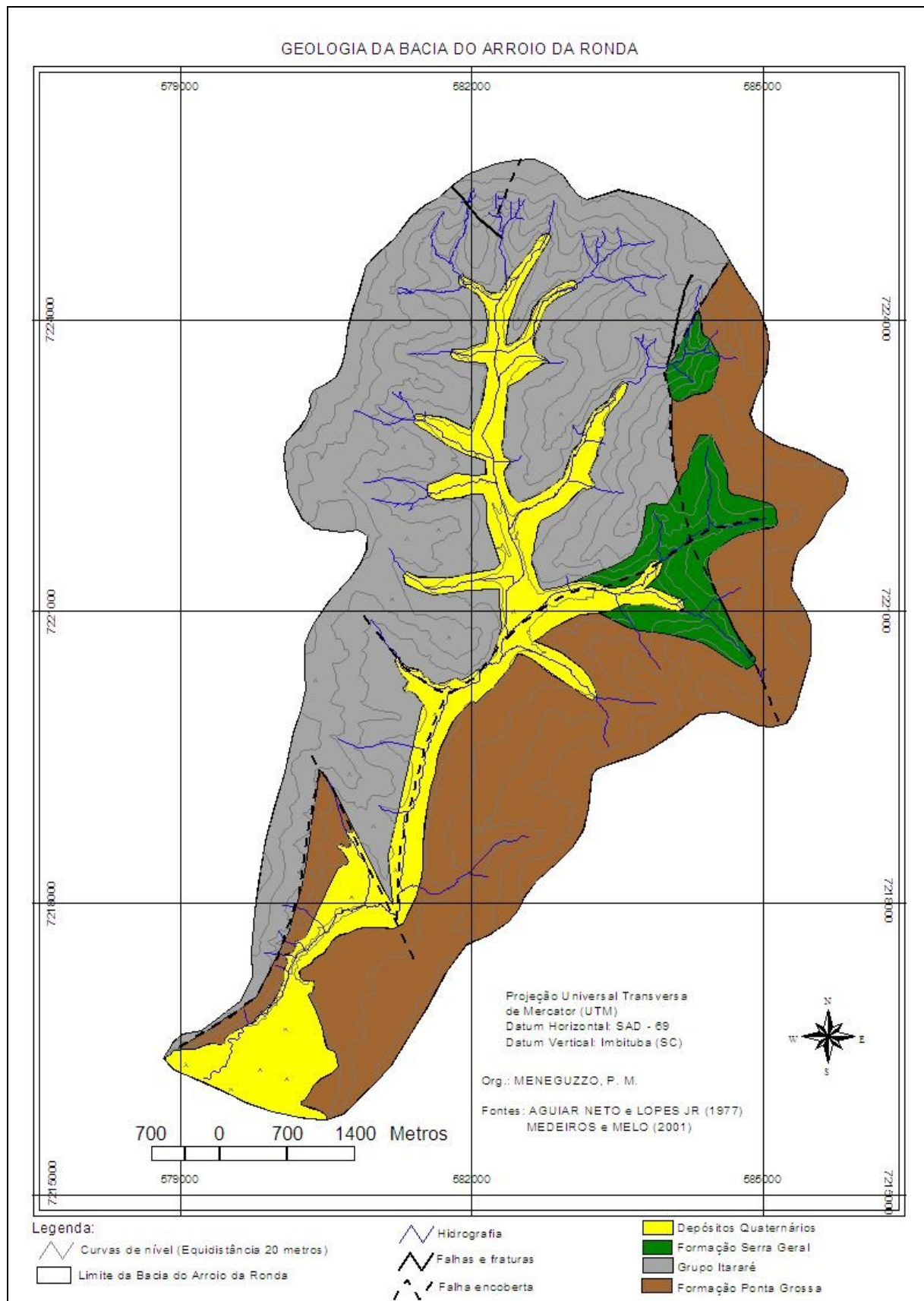


Figura 4 – Mapa geológico da bacia do Arroio da Ronda

Na bacia do Arroio da Ronda, assim como em toda a região de Ponta Grossa, os principais elementos estruturais são as fraturas, as quais apresentam-se localmente descontínuas e com direção N75°E. Além das fraturas, é possível observar também as falhas, as quais em parte da referida bacia delimitam uma estrutura geológica mesozóica, o Gráben de Ponta Grossa (MENEGUZZO; MELO, 2004).

O Arroio da Ronda situa-se sobre esta estrutura, a qual possui aproximadamente 15 km de extensão na direção NE-SW e 3 km de largura, prolongando-se por vários bairros da cidade: Ronda, Nova Rússia, Madureira, Vila Vilela, São José e Palmeirinha (SOARES, 1975).

No Gráben de Ponta Grossa encontram-se preservadas rochas do Grupo Itararé (Carbonífero-Permiano), com espessura de 60 m a 170 m, as quais estão em níveis topográficos iguais aos da Formação Ponta Grossa (camada rochosa sotoposta ao Grupo Itararé).

No perfil geológico esquemático da cidade (Figura 5) é possível observar, também, que o limite entre os bairros localizados na porção leste da cidade, (exemplo, o bairro de Olarias) onde ocorrem rochas da Formação Ponta Grossa, com o Gráben, onde encontram-se rochas do Grupo Itararé, é dado por falhas.

As fraturas e as falhas exercem importante controle estrutural na direção NE-SW sobre a rede de drenagem do Arroio da Ronda que é do tipo dendrítica, sendo que os afluentes de primeira ordem apresentam ângulos de junção de 90°. A maioria das nascentes do Arroio da Ronda estão localizadas na área urbana e de transição urbano-rural, sendo que as principais situam-se na porção sudoeste da cidade de Ponta Grossa estendendo-se para a área rural na direção sul, até o rio Tibagi (PRIETO *et al*, 2007).

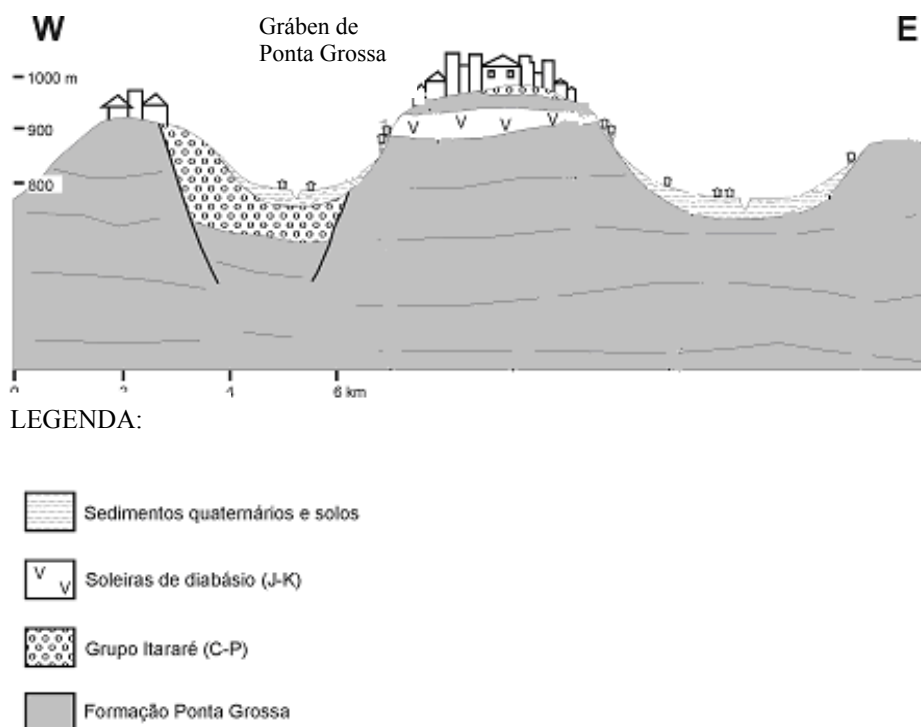


Figura 5 – Perfil geológico esquemático da cidade de Ponta Grossa - PR
 Fonte: Modificado de Medeiros e Melo (2001)

5.2.2 Características geomorfológicas e pedológicas

A bacia do Arroio da Ronda situa-se totalmente no município de Ponta Grossa, que por sua vez está contido na região denominada por Maack (2002) de Segundo Planalto Paranaense, caracterizado por paisagens de campos, marcada por ondulações à suaves ondulações, com colinas arredondadas e mesetas estruturais (CIGOLINI; MELLO; LOPES, 1998), sendo nivelado entre 800 e 1100 metros.

No município de Ponta Grossa, inserido no Segundo Planalto Paranaense é possível identificar duas sub-unidades morfoesculturais, conforme proposição de SANTOS *et. al* (2006): o Planalto de São Luiz do Purunã e o Planalto de Ponta Grossa. Neste último está localizada a bacia hidrográfica estudada, caracterizando-se esse compartimento com índice de dissecação médio, vertentes retilíneas e côncavas, com topos alongados e declividades pequenas (inferiores a 6%) (SANTOS *et. al*, 2006).

Em decorrência do controle estrutural e litológico exercido nas cabeceiras do Arroio da Ronda, constata-se uma amplitude altimétrica de aproximadamente 180 metros, sendo a cota máxima 960 metros (divisor a norte) e as cotas mínimas próximas a 780 metros (nas cercanias da foz).

Conforme mostra a Figura 6, a declividade é bastante variada na bacia. Nas proximidades das cabeceiras norte, há o predomínio de declividades acima de 20% e em alguns pontos >30%, o que segundo Ross (1994) são consideradas respectivamente declividades fortes e muito fortes. Exceto nas encostas da margem direita do curso d'água principal, onde as declividades são maiores que 20%, a partir do médio curso, seguindo em direção à foz, as declividade tendem a diminuir, situando-se nas faixas inferiores a 6% e de 6 a 12% indicando declividade fraca a muito fraca, com vertentes mais suaves.

As vertentes são em sua maioria do tipo convexas, havendo também vertentes retilíneas, sobretudo localizadas na porção leste da bacia, mais precisamente na margem direita do Arroio do Padre (afluente da margem direita do Arroio da Ronda) e também na margem esquerda do canal principal do Arroio da Ronda. As vertentes côncavas são verificadas em maior quantidade na margem direita do curso d'água principal, próximo à foz.

Com relação aos vales, as formas em “V” são encontradas principalmente nos afluentes da margem direita, que correspondem a canais de ordem menor. Os vales assimétricos são verificados, sobretudo nos cursos d'água da margem esquerda e de canais maior ordem, sendo a organização espacial das drenagens do tipo dendrítica.

A diferenciação das formas de relevo, constitui-se em um dos fatores que influenciam o desenvolvimento de diferentes classes de solos. Sendo assim, na região dos Campos Gerais do Paraná, onde está inserida a bacia de interesse, é comum serem encontradas em posições preferenciais do relevo determinadas classes de solos, ou ainda associações de classes.

Nas áreas com declividade inferior a 12%, correspondentes aos topos, predominam os Latossolos Vermelhos. Entre 12-20% verifica-se a associação de Latossolos com Cambissolos. Em porções com declividades entre 20-30% são encontradas as associações de Cambissolo com Neossolo Litólico. E, finalmente nas vertentes mais íngremes (acima de 30%) há associação de Cambissolo com Neossolo Litólico e rochas. Nas áreas de planície aluvial (declividade < 6%), onde a presença de água é constante, bem como o acúmulo de matéria orgânica, são encontradas associações de Organossolo com Gleissolo.

Os procedimentos adotados para o levantamento dos solos da bacia, mostraram que a sequência descrita acima, também pode ser aplicada à área objeto de estudo (Figura 7). Desse modo, nos topos (até 12%) são encontrados os Latossolos Vermelhos, que são solos minerais com alto grau de desenvolvimento pedogenético, muito antigos, geralmente com espessura superior a 2,0 m. Estes solos são bem drenados, estruturados, porosos, profundos e com pequena diferenciação entre os horizontes (SÁ, 2007). Geralmente apresentam textura

argilosa, porém, em alguns locais da bacia, foram observadas texturas areno-argilosas, pois os solos sofrem influência da rocha matriz arenosa pertencente ao Grupo Itararé. Quando derivados das rochas da Formação Ponta Grossa, são predominantemente argilosos.

Nos levantamentos de campo, foram encontradas duas variedades de Latossolos, sendo eles: o Latossolo Vermelho e o Latossolo Bruno. Este último, localizado entre o topo e a encosta superior, porém, neste trabalho optou-se por trabalhar apenas com as grandes classes de solos, ou suas associações, uma vez que, levantamentos mais detalhados em campo exigidos para um melhor detalhamento das classes, não poderiam ser efetuadas em virtude do tempo.

Partindo-se de 12% até se alcançar os 20% verificou-se a associação de Latossolos com Cambissolos. As características dos Latossolos já foram expostas anteriormente, portanto, não cabe aqui repeti-las, apenas salienta-se que optou-se por trabalhar com associações de solos, pelo fato da passagem de uma classe para outra ser gradativa, exigindo levantamentos de campo minuciosos em toda a bacia, os quais não seriam feitos. Sendo assim, escolheu-se trabalhar com as associações, pelo fato de serem encontradas nas declividades citadas.

Os Cambissolos são constituídos por material mineral com horizonte B incipiente, situado abaixo do horizonte A, sendo A+B geralmente superior a 100 cm, contudo podem situar-se entre 50 e 100 cm (SÁ, 2007). Também é comum haver amplo contraste de cores entre os horizontes, em virtude da quantidade de matéria orgânica no horizonte mais superficial (SÁ, 2007). Em campo foram encontrados Cambissolos com profundidades em torno de 1,50 m. Esta classe ainda apresenta textura argilosa, sendo comum encontrá-los nas porções média e inferior das encostas, o que influencia o seu desenvolvimento.

A associação de Cambissolo com Neossolo Litólico é encontrada entre as declividades de 20-30%, consideradas áreas onde as vertentes são mais íngremes. Novamente nestas porções do relevo a passagem do Cambissolo para os Neossolos Litólico é suave, havendo portanto a ocorrência predominante e concomitante dessas duas classes de solos associadas. Os Neossolos Litólicos são constituídos por material mineral ou por matéria orgânica, formando corpos delgados, que refletem a pouca ação dos processos pedogenéticos em consequência de diversos fatores, dentre eles: baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos e/ou resistência da rocha mãe, e/ou condições do relevo, que isolados ou em conjunto podem limitar a evolução desses solos. Possuem horizonte A ou H seguidos pelos horizontes C ou R (SÁ, 2007).

Nas vertentes mais íngremes (acima de 30%) há associação de Cambissolo com Neossolo Litólico e rochas. Nesses terrenos a declividade é acentuada, por isso a água, que representa um dos principais agentes intempéricos não infiltra em grande quantidade, tanto pela tendência de descer encosta abaixo, quanto pelo fato das rochas serem pouco permeáveis. Em consequência, encontram-se nestas encostas, solos pouco evoluídos e bastante jovens, como os Neossolos Litólico ou ainda corpos rochosos.

Nas áreas de planície ($< 6\%$), onde há constante presença de água e acúmulo de matéria orgânica é verificada a associação entre Organossolo e Gleissolo (SÁ, 2007). Os Gleissolos são solos hidromórficos com constituição mineral, onde o horizonte glei é encontrado nos primeiros 150 cm da superfície do solo, logo abaixo do horizonte A, E ou de horizonte hístico. Os Gleissolos podem conter água periodicamente ou permanentemente, propiciando condições para a ocorrência dos processos de gleisação, que resultarão em um solo com cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas. São comumente desenvolvidos sobre sedimentos recentes, apresentando o horizonte A húmico e hístico. Localizam-se sobretudo na faixa de transição entre os Cambissolos e os Gleissolos, tendo uma função muito importante: amortecer os efeitos degradantes que possam vir das encostas e atingir os Organossolos (SÁ, 2007).

Os Organossolos são solos pouco evoluídos, ricos em matéria orgânica que provêm do acúmulo de restos vegetais em decomposição, situados em ambientes mal a muito mal drenados (SÁ, 2007). São encontrados nas posições mais baixas, onde há acúmulo de água, como por exemplo, nas várzeas onde a declividade varia de 0 a 12 %. Em decorrência da grande quantidade de matéria orgânica, os Organossolos apresentam cores escuras, como preta, cinzenta muito escura ou marrom (SÁ, 2007).

Os solos são originados a partir da atuação de diferentes fatores, que agem em determinada rocha. Um fator importante para a formação dos solos é o clima da região, representado principalmente por seus elementos, sendo eles temperatura e precipitação, por exemplo.

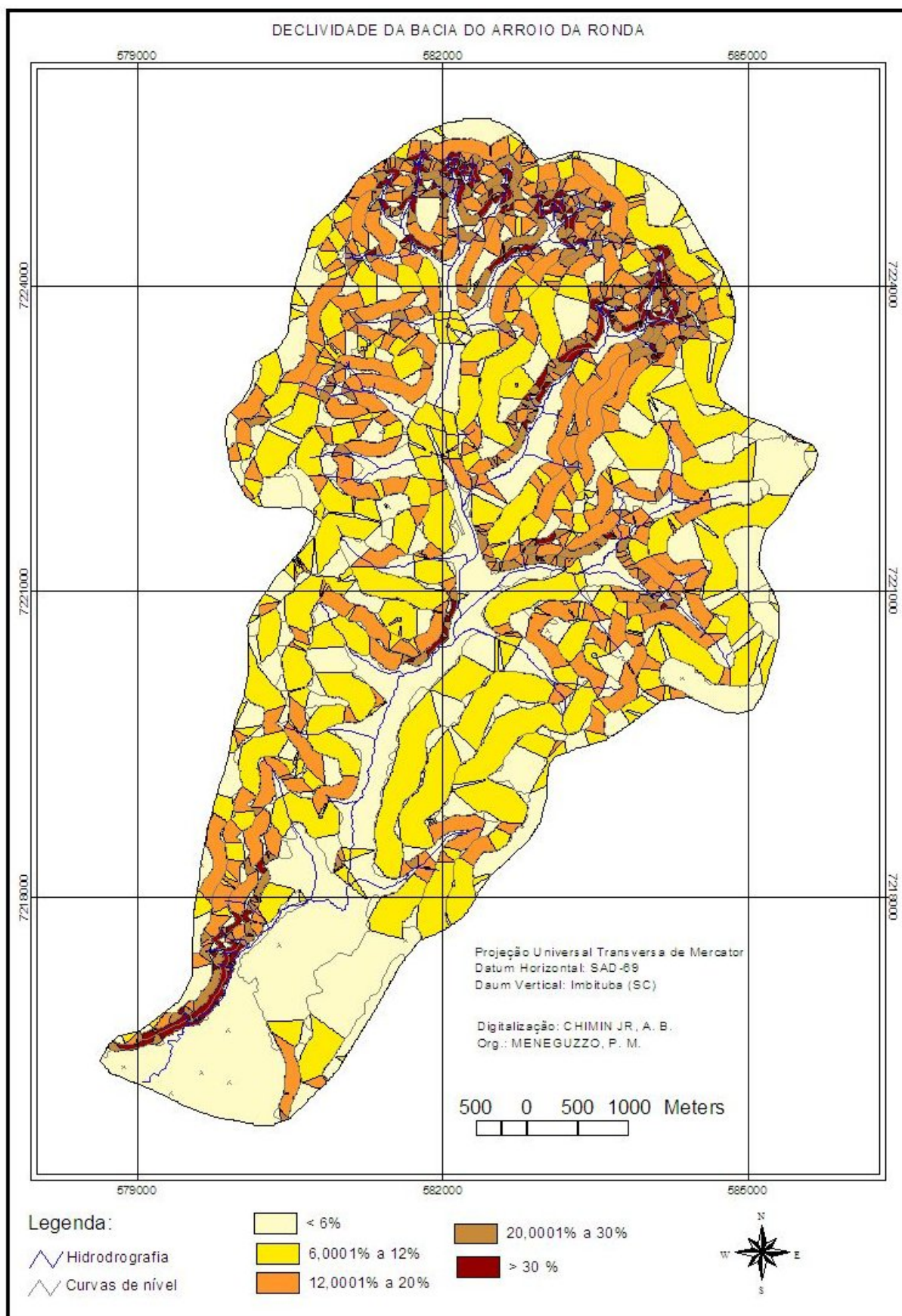


Figura 6 – Mapa de declividade da bacia do Arroio da Ronda

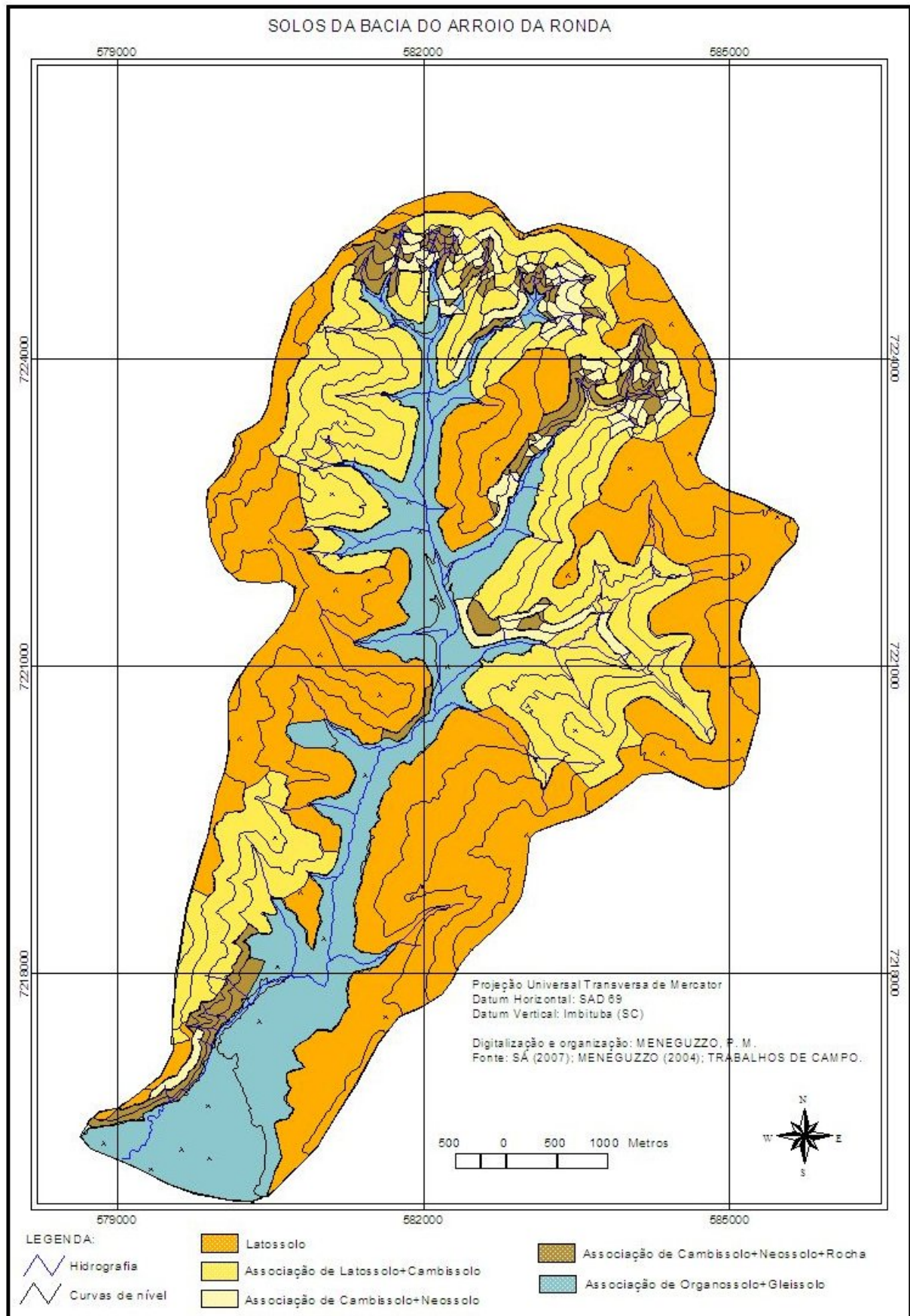


Figura 7 – Esboço pedológico da bacia do Arroio da Ronda

5.2.3 Clima

O clima do município de Ponta Grossa é o Cfb (clima subtropical úmido mesotérmico) encontrado nas porções centrais e sul do Estado do Paraná. O clima Cfb caracteriza-se por não apresentar estações secas, os verões serem brandos e as geadas serem bastante rigorosas (CIGOLINI; MELLO; LOPES, 1998).

Tratando-se de algumas características do clima vigente na região onde insere-se a bacia do Arroio da Ronda, sobretudo no intervalo temporal entre 1980 – 2004, constatou-se que, a temperatura média anual foi de 17,8°C, oscilando entre 19,2°C e 17,2°C, apresentando portanto uma variação de 2°C. A maior média de temperatura foi registrada no ano de 2002 e a menor média no ano de 1989 (Gráfico 1A).

As temperaturas apresentam variações ao longo do ano, com as temperaturas médias mais elevadas entre os meses de novembro a março, sendo os meses com as médias mais altas janeiro e fevereiro. Entre os meses de abril a outubro, as temperaturas são mais amenas, porém, os meses de junho e julho são os mais frios, com a temperatura média próximo dos 14°C (Gráfico 1B).

Em relação à precipitação, na série histórica de 1980-2004, o ano com maior precipitação registrada foi 1998 com 2500 mm (Gráfico 1C), o segundo ano com maior precipitação foi 1983 com 2250 mm. O mês com maior precipitação foi janeiro com um total de aproximadamente 180 mm, seguido do mês de dezembro com aproximadamente 170 mm (Gráfico 1D). Esses últimos dados são normais para a região, pois o período com maior quantidade de chuvas corresponde ao verão (Gráfico 2), entre os meses de dezembro e fevereiro. As chuvas que caem nesse período, geralmente durante a tarde, correspondem a eventos curtos, porém intensos, em consequência do calor elevado. Outros eventos chuvosos estão relacionados à entrada de massas de ar tropicais vindas do interior do continente e que estão carregadas de calor e chuvas (PMPG, 2006).

A análise dos dados climáticos revelou alguns aspectos interessantes para esse trabalho, pois foram verificados fenômenos atípicos para o clima de Ponta Grossa. Como exemplo, destaca-se o total de chuva registrada em apenas três dias (de 18 a 20 de maio de 1983) quando o valor atingiu 128,9 mm e entre 19 a 21 de maio de 1983 quando chegou a 129,4 mm. Esses valores são consideráveis, uma vez que, foram registrados no mês de maio quando há menor quantidade de chuvas. Tais episódios chuvosos resultaram em desastres que vitimaram dez pessoas na bacia do Arroio da Ronda.

Estes eventos anômalos para o tipo climático de Ponta Grossa estão associados ao fenômeno *El Niño*, cujas principais alterações na região sul do Brasil correspondem às “precipitações abundantes, principalmente na primavera, chuvas intensas de maio a julho e aumento da temperatura média” (CPTEC/INPE, 2003 *apud* THOMAZ e VESTENA, 2003, p. 25). Também cabe destacar, que o ano de 1998 foi um, dentre os quais mais sofreram influência do *El Niño* (CPTEC/INPE, 2003 *apud* THOMAZ e VESTENA, 2003), o que justifica o total elevado de precipitação neste ano, bem como os processos geomorfológicos verificados neste.

Essas mudanças temporárias no clima vigente de Ponta Grossa podem acarretar sérias consequências sociais e/ou econômicas, como a alteração nas atividades agrícolas, desencadear novas formas erosivos ou a evolução das já existentes, além de aumentar as vazões dos cursos d’água.

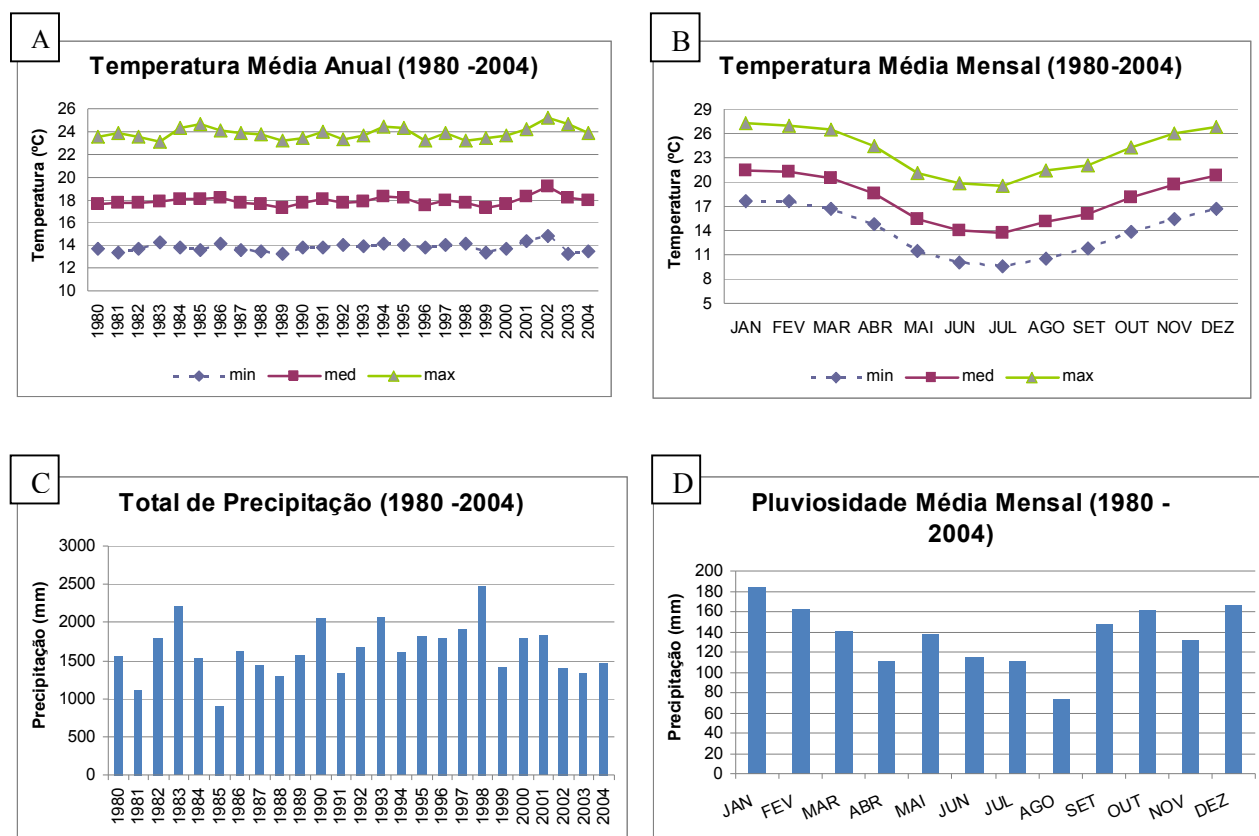


Gráfico 1 – Gráfico da temperatura e precipitação mensal e anual

1A: Temperatura média anual (1980-2004); 1B: Temperatura média mensal (1980-2004); 1C: Total de precipitação (1980 - 2004); 1D: Pluviosidade média mensal (1980-2004);.

Fonte: IAPAR e SIMEPAR

Nota: Dados trabalhados por GODOY, J. G. ; MENEGUZZO, P. M.

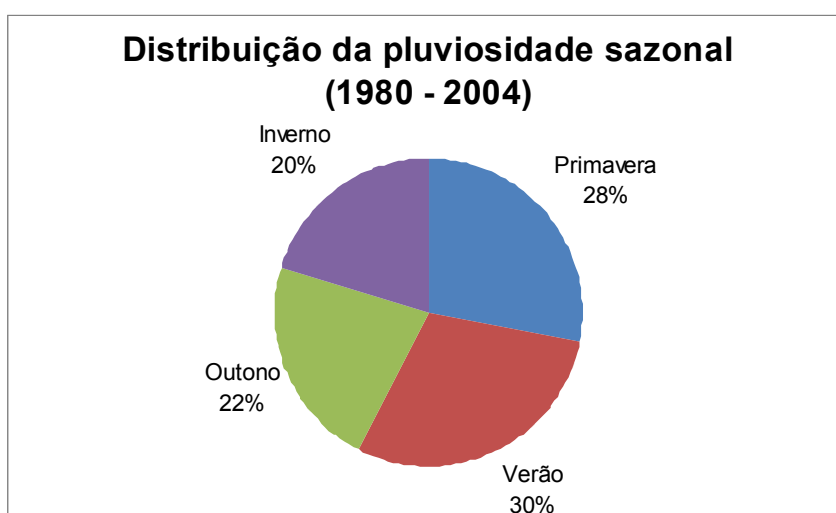


Gráfico 2 – Distribuição da pluviosidade sazonal (1980-2004)

Fonte: SIMEPAR

Nota: Dados trabalhados por GODOY e MENEGUZZO

6 EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA BACIA DO ARROIO DA RONDA

A ocupação da bacia do Arroio da Ronda iniciou-se no divisor norte, nas proximidades do centro da cidade. Inicialmente essa ocupação situava-se nos topos, onde existem declividades baixas, rochas estáveis e solos profundos, o que torna esses terrenos adequados às construções.

A seguir serão discutidas as principais fases de ocupação da bacia do Arroio da Ronda, partindo-se da década de 1930 chegando até as tendências atuais de expansão urbana.

6.1 Aspectos históricos e atuais da ocupação da bacia do Arroio da Ronda

Segundo Löwen-Sahr (2001) a expansão da área urbana de Ponta Grossa pode ser interpretada, em primeira instância, como resultado da ação da economia privada no espaço através de novos loteamentos, sendo que esta expansão pode ser subdividida em diferentes fases históricas, sendo elas: 1º fase: antes de 1920, 2º fase: entre 1920 e 1929; 3º fase: 1930 – 1939; 4º fase: 1940 – 1949; 5º fase: 1950 – 1969; 6º fase: a partir de 1970. Dentre essas fases, algumas se referem a bairros situados dentro da bacia do Arroio da Ronda, tais como, a 3º e 4º fase.

No período entre 1930 - 1939 (3º fase), conforme indica Löwen-Sahr (2001), deu-se continuidade ao processo de urbanização em Ponta Grossa através de loteamentos que seguiam em diferentes regiões, sendo duas delas, a NW, onde está o bairro da Nova Rússia e W onde localiza-se o bairro da Ronda, sendo que ambos estão situados na bacia do Arroio da Ronda. Nesses bairros o relevo é mais suavizado, predominando a classe de declividade entre 12 e 20% (Figura 6), estando presentes solos mais estáveis e evoluídos como os Latossolos (Figura 7), que mostram-se favoráveis a construção de edificações, fator de atração para a expansão de Ponta Grossa nestas áreas. Porém, nestes bairros também estão localizadas várias nascentes do Arroio da Ronda, o que indica que também existem áreas com declividades mais acentuadas, ultrapassando 30% (Figura 6), onde predominam solos mais rasos, como a associação de Cambissolo, Neossolo Litólico e rochas (Figura 7). Esses terrenos não são adequados para ocupação humana, porém, como será comentado adiante, em épocas posteriores passaram a ser habitados por populações de baixa renda.

Na 4º fase (1940 - 1949), novamente houve crescimento das áreas residenciais nos bairros da Órfãos e Nova Rússia, seguindo os loteamentos contíguos já existentes (LÖWEN-SAHR, 2001). No último bairro citado, o qual insere-se em parte na bacia do Arroio da

Ronda, a ocupação passou a apresentar novas funções, como comercial e até mesmo industrial. Ainda na década de 1940 começaram a ser ocupadas as áreas de encostas, as quais localizam-se próximas às altas altitudes que inicialmente foram tomadas para ocupação por grupos de maior poder aquisitivo.

A ocupação da bacia do Arroio da Ronda foi mais expressiva a partir da década de 1960, sendo mais evidente nas proximidades da Avenida D. Pedro II, que já na época era uma importante via de Ponta Grossa. Neste período, predominavam na bacia, edificações, sobretudo no divisor norte (que corresponde a Av. D. Pedro II), na porção NE (proximidades do centro da cidade) (Figura 8) e na porção E (próximo a linha de trem), o que corresponderia aos interflúvios aplainados, onde são encontrados também solos profundos e evoluídos (Latosolos). No restante da bacia haviam poucas edificações, mas já percebia-se o traçado de uma malha urbana, principalmente nos contribuintes da margem direita, localizados mais próximos ao centro de Ponta Grossa. As matas eram dominantes nas nascentes a N, SW, SE, E e NE. Era comum que próximo a essas vegetações existissem pequenas chácaras, onde haviam cultivos. No restante da bacia, principalmente próximo a BR-376 existiam inúmeras propriedades rurais onde eram plantados reflorestamentos e também áreas havia cultivo de aveia, trigo, soja e milho. Próximo à foz do Arroio da Ronda a atividade de mineração de areia era pouco expressiva, predominando vegetação de campos, matas e alguns reflorestamentos (Figura 8).

Assim, na década de 1960 a ocupação urbana na bacia do Arroio da Ronda ainda era incipiente, com apenas alguns loteamentos predominantes nos interflúvios e sem ocupações próximas às cabeceiras de drenagem e margens dos cursos d'água. Porém, no final da década de 1960, houve um grande ânimo para que Ponta Grossa expandisse sua área urbana, e conseqüentemente terrenos inaptos à ocupação, do ponto de vista das suas características naturais (litologia, relevo, declividade e solos) foram visados para tal fim. Isso pôde ser comprovado através da análise do primeiro Plano Diretor de Ponta Grossa, elaborado em 1967 que indicava a continuidade espacial da cidade através da ocupação dos fundos de vale, evitando assim o isolamento dos bairros, o que culminaria em um impedimento para a integração espacial de Ponta Grossa (CODEM, 1967).

Constata-se então, que não havia qualquer impedimento para a ocupação dos fundos de vale existentes em Ponta Grossa e por sua vez na bacia do Arroio da Ronda, pois segundo o CODEM (1967, p. 111):

A continuidade espacial far-se-á através da ocupação efetiva e concreta dos fundos de vales, permitindo-se edificações adequadas às condições topográficas e às necessidades de determinados equipamentos de caráter comunitário. Evitar-se-á, dessa forma, declarar estas áreas “non aedificandi” ou de reservas naturais, que viria a se constituir num ônus para o poder público, em custos de aquisição, operação ou manutenção.

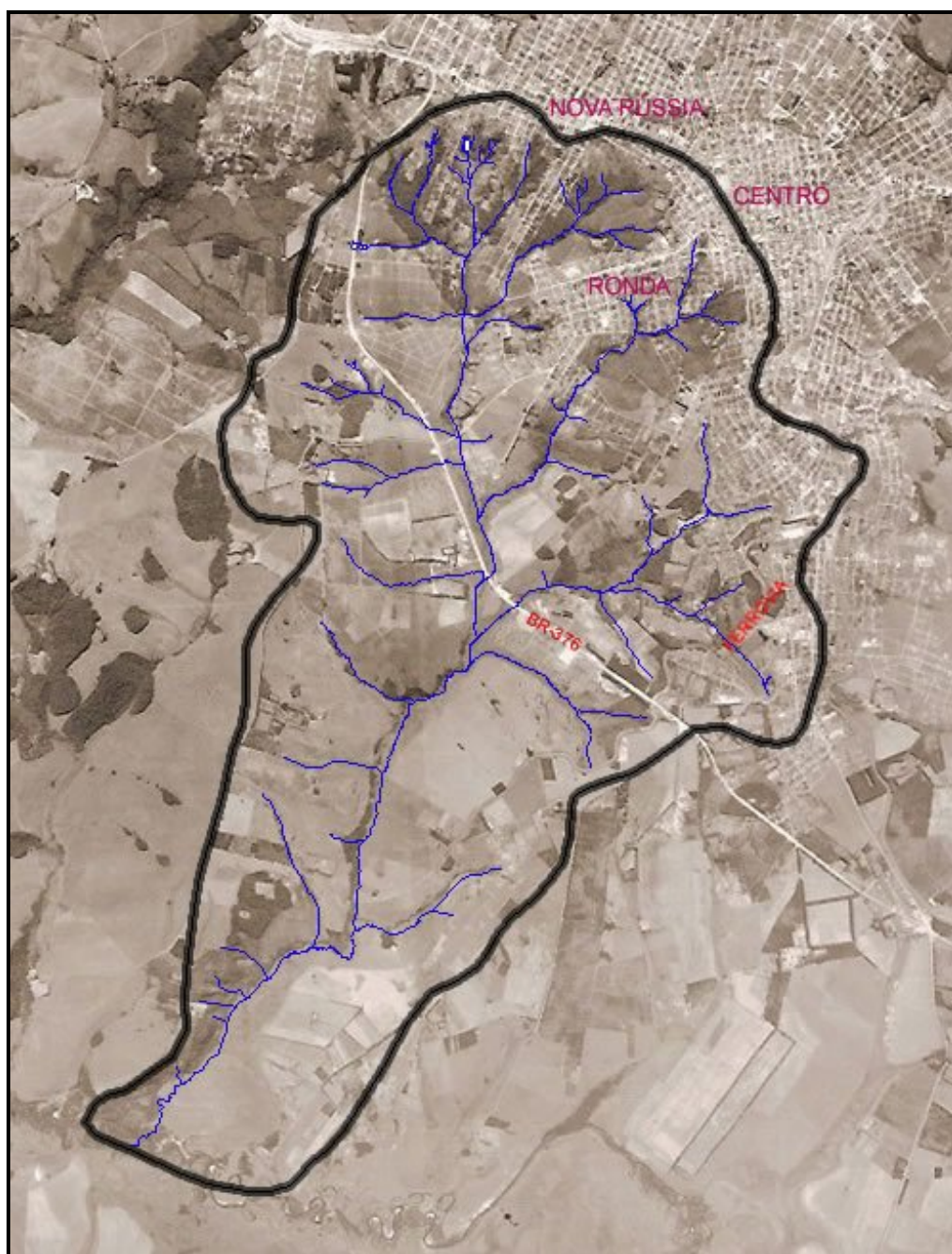


Figura 8 – Foto aérea da bacia do Arroio da Ronda no ano de 1960

Os resultados dessas ações realizadas no passado, puderam ser observados em campo, quando foram entrevistados moradores residentes há mais de 40 anos em terrenos impróprios para a construção de qualquer tipo de edificação.

Continuando a analisar a ocupação na bacia do Arroio da Ronda, sob uma perspectiva temporal, chegamos a década de 1980, quando a expansão urbana de Ponta Grossa e também das áreas cultivadas continuavam em curso. Através da comparação da fotografia aérea da bacia do Arroio da Ronda do ano de 1960, com as imagens de 1980, observa-se que as áreas onde anteriormente havia sido traçada uma malha urbana, passaram a ser ocupadas, seguindo a tendência de ocupação dos interflúvios, onde a declividade predominante varia entre 12 e 20% (Figura 6). Com o aumento da urbanização, muitos capões de mata situados nas nascentes foram destruídos, dando lugar às edificações.

Conforme afirmam Almeida e Freitas (1996), nas áreas urbanas em consolidação, a ocupação é média/alta, existindo alguns vazios urbanos. Ainda durante o processo de consolidação, os solos encontram-se expostos à erosão hídrica e a ineficiência da infraestrutura voltada à captação de águas favorece a ocorrência de erosões, entre elas as do tipo linear.

Ainda no período em questão (1980), é possível detectar nas fotografias aéreas que as margens dos afluentes do Arroio da Ronda já começavam a ser ocupadas. Nesses terrenos há presença de solos pouco evoluídos (Organossolos associados a Gleissolos), bem como, em muitos trechos tendências para que ocorram inundações (Figura 9).

No ano de 1980, as nascentes localizadas a norte, ainda apresentavam mata ciliar, embora estas representassem pequenos capões em áreas com ocupação urbana já consolidada. É o caso dos canais de 1º ordem situados nas proximidades da rodoviária de Ponta Grossa, onde havia um remanescente significativo de associação secundária de Floresta Ombrófila Mista, que desenvolveu-se após cessar a retirada seletiva de madeira para lenha (TAKEDA, *et al.*, 1998). A vegetação ali encontrada, constituía-se em um remanescente de mata de araucária cravado no centro da cidade. Em consequência, esta área foi transformada na década de 1990 em uma unidade de conservação denominada Parque Municipal Boca da Ronda.

No trecho superior da bacia os afluentes do canal principal apresentavam pequenas faixas marginais de vegetação nativa, pois o processo de urbanização ainda era incipiente na cidade. Havia ocupações das margens dos arroios por parte de populações carentes, ou não, as quais eram incentivadas por documentos legais, como o Plano Diretor de 1967 a realizar tal ação. Ainda ligada à urbanização, pôde-se observar neste período, que as áreas urbanizadas tinham ruas abertas sem qualquer consideração ao canal de drenagem, pois a maioria das vias

deste trecho seguiam perpendicularmente às curvas de nível, indo em direção aos canais fluviais. Assim, o final de quase todas as ruas era o curso d'água, ou seja o arroio. Esta situação configura-se em um problema que afeta tanto a circulação da população local, quanto o comportamento do canal fluvial, pois as ruas na época não eram asfaltadas nem calçadas, fornecendo grande quantidade de sedimentos que seguiam diretamente para o arroio, contribuindo assim para a ocorrência de processos geomorfológicos, como erosões laminares, lineares, os assoreamentos e as inundações.

No trecho médio, por ser uma área de uso da terra caracterizada por transição entre uso urbano e uso rural, a ocupação urbana ainda era pouco expressiva, prevalecendo as atividades agrícolas, sobretudo os reflorestamentos (Figura 9). As vias, também não formavam uma rede tão interligada quanto no trecho superior. Podia se observar com maior propriedade a linha férrea que passava por terrenos mais altos e próximos ao divisor leste da bacia. As demais vias de circulação tinham pequenas larguras, constituindo-se em estradas voltadas para a circulação interna, ou seja, apenas para a circulação dentro das propriedades rurais, apresentando um traçado irregular, distante dos cursos d'água e raramente atravessando-os.

No trecho inferior, o Arroio da Ronda apresentava maiores áreas de mata ciliar, exceto em seus afluentes da margem direita e esquerda, predominando também, neste trecho, as atividades ligadas ao uso rural. Com isso, a vegetação existente nas margens ainda prevalecia, porém, a vegetação de campos também nativa da região foi, já em décadas passadas retirada para dar lugar as áreas de cultivo e de reflorestamento, as quais predominavam neste trecho da bacia em 1980. As vias existentes nesta área, não mostravam-se expressivas, pois haviam pequenas estradas rurais nos divisores da bacia, acompanhando o traçado da rede de drenagem e raramente cortando as curvas de nível em sentido perpendicular. Ainda na porção sul, próximo à foz do Arroio da Ronda, áreas onde havia campo, deram lugar a vários reflorestamentos, ou ainda áreas úmidas passaram a ser alteradas por atividades de mineração.

Sendo assim, através da observação da Figura 9 pode-se verificar as classes de uso da terra da bacia do Arroio da Ronda no ano de 1980. Das oito classes de uso definidas para esse mapeamento, a mais representativa na bacia no ano em questão era a classe urbanizada com 9,93 km², o que representava 27,77% da área total da bacia (

Quadro 9). Na sequência vinha a classe reflorestamento com 9,28 km², o que não é anormal, uma vez que a bacia em estudo situa-se em um Município que tem o setor madeireiro, como um dos mais importantes. A vegetação típica da região, os campos

representavam 7,43 km² e as áreas úmidas, onde também estão presentes vegetações campestres, correspondiam a apenas 1,95 km². Além da vegetação de campo, nativo da região, associam-se a eles os capões de mata com araucária e as matas ciliares, que representavam nesta data 3,20 km². A classe cultivo, que também corresponde a uma atividade de destaque no município, representava 3,75 km². A classe menos representativa eram as áreas de mineração com apenas 0,22 km²

ANO	CLASSES DE USO DA TERRA	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
1980	Mata	3,20	8,95
	Campo	7,43	20,78
	Áreas úmidas	1,95	5,45
	Urbanizada	9,93	27,77
	Área de mineração	0,22	0,62
	Cultivo	3,75	10,48
	Reflorestamento	9,28	25,95
	TOTAL	35,76 km ²	100%
1995	Mata	2,74	7,66
	Campo	2,06	5,76
	Áreas úmidas	2,67	7,47
	Urbanizada	12,24	34,23
	Área de mineração	0,07	0,20
	Cultivo	5,25	14,68
	Reflorestamento	10,71	29,95
	Lagos	0,02	0,05
	TOTAL	35,76 km ²	100%
2004	Mata	2,74	7,66
	Campo	2,79	7,80
	Áreas úmidas	2,23	6,24
	Urbanizada	14,54	40,66
	Cultivo	7,32	20,47
	Reflorestamento	6,12	17,11
	Lagos	0,02	0,06
	TOTAL	35,76 km ²	100%

Quadro 9 – Área ocupado por cada classe de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda (1980,1995 e 2004)
Organização: MENEGUZZO, P. M.

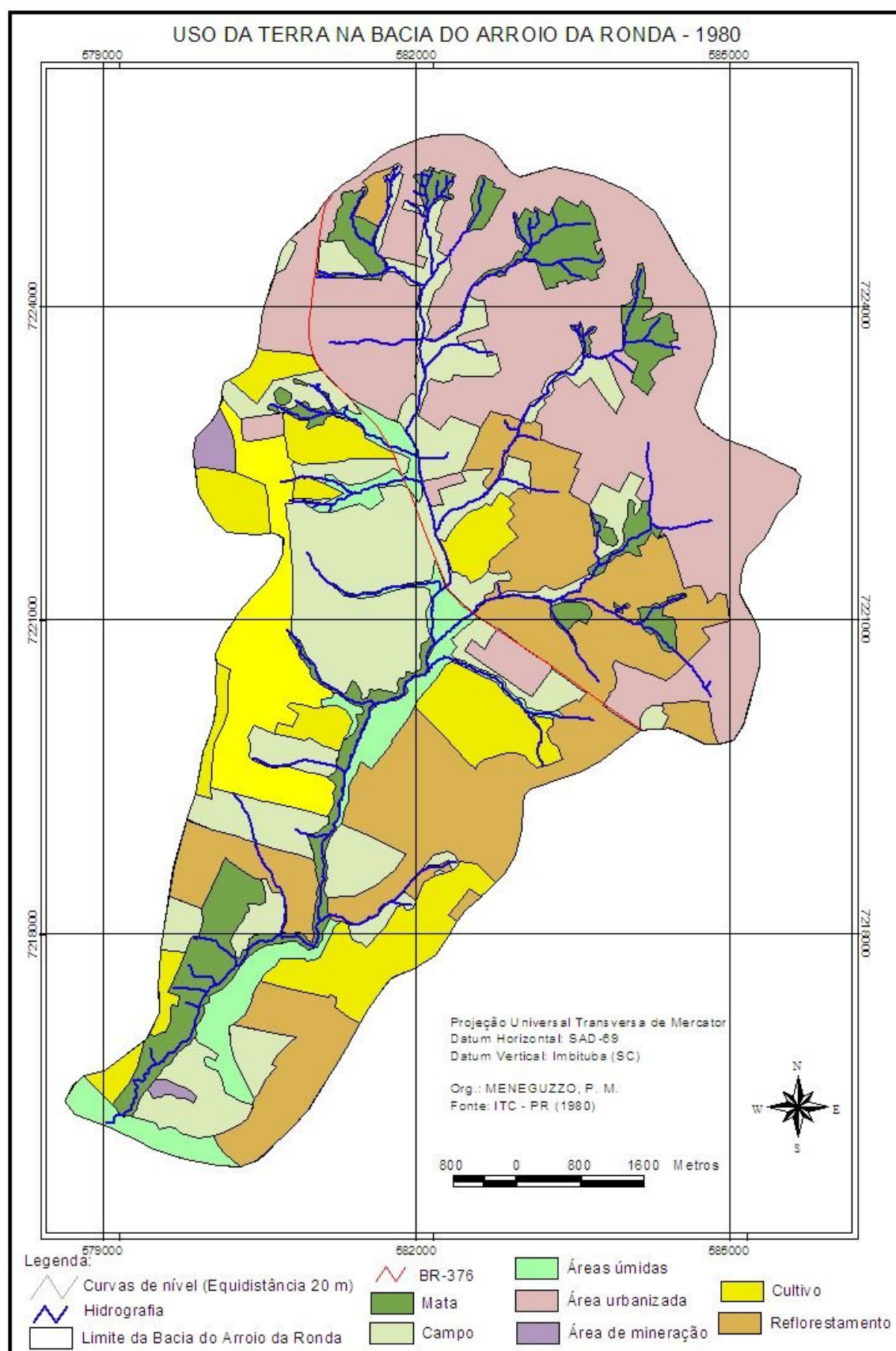


Figura 9 – Mapa de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda – 1980

No outro intervalo de tempo analisado 1990-1999, várias alterações de uso da terra ocorreram na bacia, como a redução das matas e campos localizados próximos aos cursos d'água no trecho superior, havendo a substituição da vegetação pela urbanização. Neste período, as faixas de vegetação, que já eram estreitas na década de 1980, diminuíram ainda mais, pois as ocupações próximas aos canais fluviais cresceram.

No trecho médio da bacia, as faixas de mata ciliar continuaram a existir, apesar das intensas mudanças de uso da terra ocorridas nesta porção, como a expansão dos reflorestamentos e conseqüente diminuição das áreas de campo. As vias de circulação continuaram a ser representadas por pequenas estradas internas e a linha do trem ainda se constituía em uma das principais vias desta área.

No trecho inferior, onde anteriormente existiam campos, passaram a ser cultivadas espécies exóticas que compõem os reflorestamentos. Somente observou-se um ponto onde houve um processo inverso, pois em 1980 havia uma área de extração de areia, próximo à foz do Arroio da Ronda, e em 1995, esta já não estava mais sendo explorada tão ativamente, dando sinais de recuperação. Com relação às vias, esta área apresenta as mesmas características do trecho médio.

No que se refere especificamente as classes de uso da terra (Figura 10), destaca-se neste período a área urbanizada, com 12,24 km² (34,23% da área total) apresentando um aumento de 2,31 km² quando comparada a 1980. Do total de classes, três delas apresentaram uma redução de área, como foi o caso das matas que sofreram uma redução de 0,46 km², os campos que reduziram suas áreas em 5,37 km² e a área de mineração que reduziu 0,15 km². Já as classes cultivo, reflorestamento e lagos aumentaram suas áreas em 1,5 km², 1,43 km² e 0,02 km², respectivamente. Para maiores detalhes sobre a área ocupada por cada classe de uso da terra em 1995 ver o Quadro 9.

A expansão horizontal, segundo Löwen-Sahr (2001) pode ser vista, de forma geral, como uma transformação gradual do uso da terra. Com isso, muitas áreas de uso agropecuário perdem sua função e tornam-se áreas de uso urbano. Essa situação pode ser percebida através da comparação do mapa de uso da terra da bacia do Arroio da Ronda do ano de 1980, com o mesmo tipo de mapa de 2004 (Figura 11), passando pelo ano de 1995.

No ano de 2004 consolidou-se a ocupação urbana nas cabeceiras a N, seguindo a jusante, até a BR-376. Nas proximidades desta, ainda haviam capões de mata, campos e mais distante da BR e do perímetro urbano, áreas de cultivo. Contudo, nota-se que a expansão da ocupação está ocorrendo principalmente nos afluentes da margem esquerda do Arroio da Ronda, porção onde existem bairros residências, voltados para a classe alta.

O comentário acima, pode ser melhor compreendido quando se observa o mapa de uso da terra do ano de 2004 (Figura 11). Assim como nos anos anteriores, a classe mais representativa em termos de área foi a urbanizada com 14,55 km² (40,66% da área total) (Quadro 9). Esta classe concentra-se na porção norte da bacia onde há frentes de ocupação desde a década de 1940 estendendo-se para NE, E, SE e NW, onde a ocupação é mais recente. A expansão no sentido S ainda está em curso, pois este foi incorporada recentemente ao perímetro urbano.

Observou-se nos trabalhos de campo, que há uma faixa de transição entre o urbano e o rural, onde existe infra-estrutura (luz, arruamentos), porém persistindo pequenas propriedades onde há cultivos, vários terrenos com vegetação campestre, assim como o tráfego de animais de grande porte, como vacas e cavalos. Assim, na porção central, seguindo para S predominam atividades de cultivo (7,32 km²) e reflorestamento (6,12 km²). As maiores áreas com esses dois usos estão localizadas fora do perímetro urbano de Ponta Grossa, o que não significa que no urbano não estejam presentes, pelo contrário, estes estão concentrados nas proximidades do limite com o espaço rural. Estas classes são de relevância para a região, pois corresponde aos principais setores da economia desenvolvidos em Ponta Grossa (PMPG, 2006).

A vegetação nativa da região onde a bacia está inserida, as matas, possuíam uma área de 2,74 km² e a classe campo 2,79 km². A primeira classe citada, distribui-se em menores fragmentos por toda a bacia, conservada ainda nas proximidades dos cursos d' água, seja nas cabeceiras ou nos fundos de vale, sobretudo a N, NE, S e na porção central, ocorrendo nas margens do canal principal.

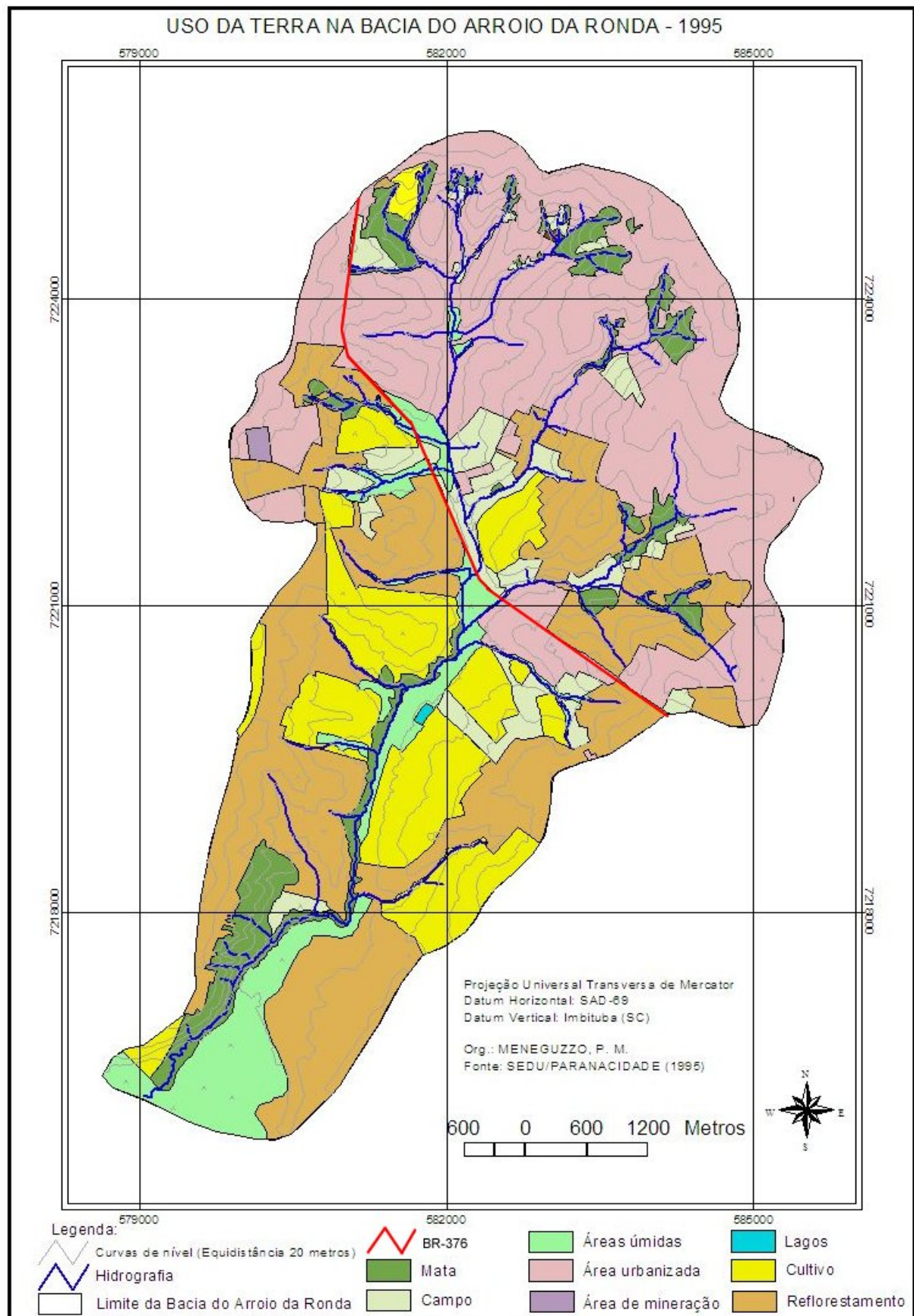


Figura 10 - Mapa de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda – 1995

Apesar da área de estudo estar inserida na região denominada de Campos Gerais do Paraná (MAACK, 2002) este tipo de vegetação no ano de 2004 correspondia a apenas 7,80% da área total, sendo encontrada principalmente nas margens do Arroio da Ronda e em alguns de seus afluentes principalmente no espaço urbano, mais precisamente próximo ao limite com o meio rural. Próximo à foz do Arroio da Ronda, existem fragmentos de vegetação campestre significativos.

A classe que ocupa menor área em km² é a classe lagos com 0,02 km² que pode ser verificada tanto em áreas rurais, quanto em áreas urbanas.

Assim, afirma-se que uma das tendências de ocupação urbana na bacia está na margem esquerda, entre os Arroios do Padre e Capão do Cipó, áreas que segundo o Plano Diretor (2006) são consideradas: Zona Residencial 1 (ZR 1), ou seja, “áreas residenciais de baixa densidade e ocupação, destinada exclusivamente para habitações unifamiliares ...” (PMPG, 2006, p. 212) e Zona Residencial 2 (ZR 2) “...áreas residenciais de baixa densidade de ocupação, com alguma diversidade de usos e que constituem a maior parte da malha urbana ...” (PMPG, 2006, p. 212). Outra frente de expansão segue na porção E onde situam-se as cabeceiras do Arroio Capão do Cipó, que correspondem a interflúvios aplainados, na direção W e rumo S.

A partir da expansão da urbanização, as antigas chácaras, onde haviam cultivo e reflorestamento, foram dando lugar a novos bairros, muitas vezes sem o planejamento adequado e desconsiderando as características do meio natural, o que gerou problemas, como o desencadeamento de processos geomorfológicos.

Portanto, o processo de urbanização, bem como o avanço das áreas agrícolas, onde antes existia vegetação nativa, deve ser cauteloso, visando sobretudo evitar o desenvolvimento de processos geomorfológicos, como os identificados na área estudada.

A seguir os processos geomorfológicos identificados entre os períodos de 1980-1989, 1990-1999 e 2000-2009 serão apresentados e discutidos.

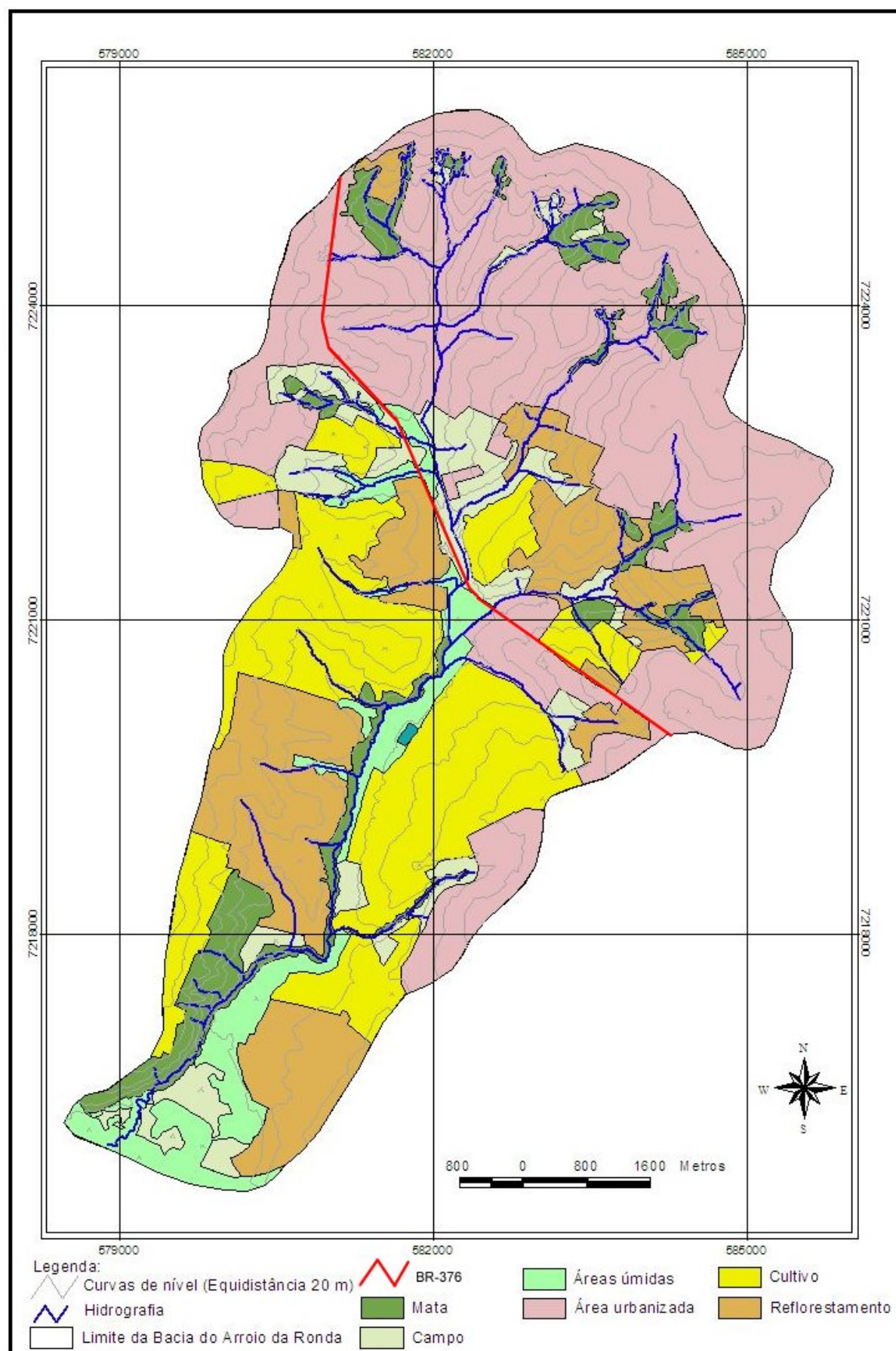


Figura 11 - Mapa de uso da terra na bacia do Arroio da Ronda – 2004

7 PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS NA BACIA DO ARROIO DA RONDA (1980-2009)

A partir do mapeamento do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda, nos anos de 1980, 1995 e 2004, e do mapeamento dos processos geomorfológicos identificados no mesmo período de tempo, observou-se que muitos processos ocorriam em determinadas classes de uso da terra, como, por exemplo, os escorregamentos localizados na área urbana, e os *pipings* predominantes em áreas com uso rural. Assim, vê-se que cada processo situa-se em uma área com determinado uso da terra, bem como outras características que lhe são peculiares.

A seguir, serão apresentados e discutidos os processos geomorfológicos identificados durante os anos compreendidos entre 1980 e 2009, seguindo a sequência dos intervalos temporais, anteriormente citados.

7.1 PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS ENTRE 1980 – 1989

No ano de 1980, a área rural existente na bacia era de 22,40 km² e a área urbanizada totalizava 13,27 km², ocorrendo processos geomorfológicos em ambas as áreas. Cabe destacar que, na década de 1980, optou-se por trabalhar com a área urbanizada estabelecida pelo projeto “Geoprocessamento aplicado ao mapeamento e análise da evolução da ocupação e uso da terra na cidade de Ponta Grossa (PR)”, que delimitou a área urbanizada em 1980, não sendo, portanto, trabalhado com o limite legal do perímetro urbano, em virtude da dificuldade de se conseguir localizar espacialmente os limites impostos pela lei.

Sendo assim, na então área urbanizada da bacia, já ocorriam processos geomorfológicos, tanto em vertentes, quanto em canais fluviais, sendo eles respectivamente: escorregamentos, sulcos, ravinas, e inundações. Somente os solapamentos não foram identificados na década de 1980, pois em entrevistas com os moradores não foi citada a ocorrência dos mesmos. Também não se encontrou indicativos nos jornais, e nas fotografias aéreas foi inviável identificá-los em virtude da escala adotada e da presença de vegetação ciliar em determinados trechos dos cursos d’água.

Foram analisados processos geomorfológicos ocorridos e identificados no período compreendido entre 1980 até 1989 (Figura 12), utilizando-se de diferentes fontes, como já explanado no item Metodologia. Após essa etapa, chegou-se a um total de 34 processos identificados (Quadro 10).

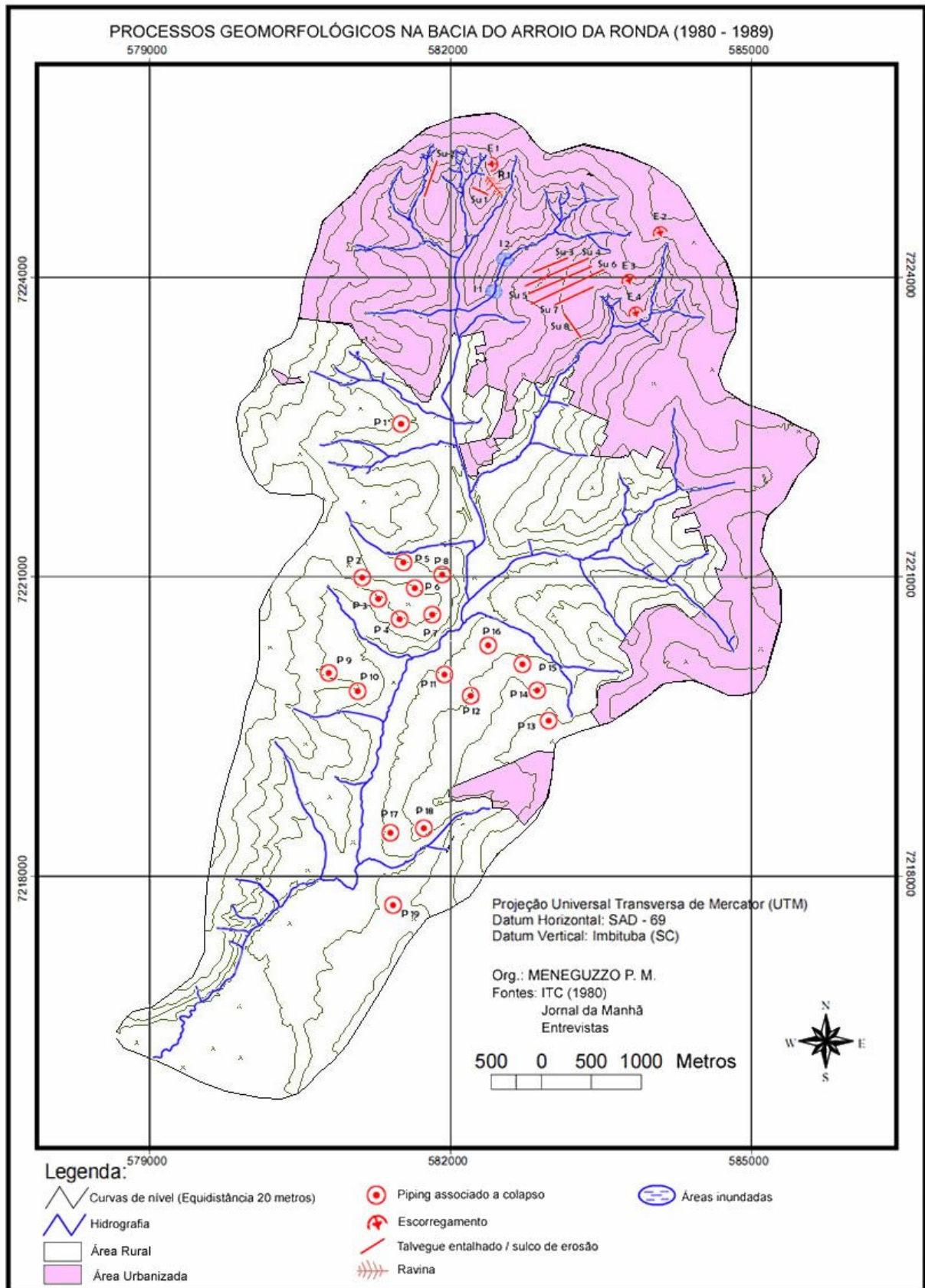


Figura 12 - Mapa de processos geomorfológicos identificados na bacia do Arroio da Ronda entre 1980-1989

ANO	PROCESSO	Total	%	Pu	Pr
1980/ 1989	PIPINGS ASSOCIADOS A COLAPSOS	19	55,88	-	19
	ESCORREGAMENTOS	04	11,76	4	-
	INUNDAÇÕES	02	5,88	2	-
	RAVINAS	01	2,94	1	-
	SULCOS	08	23,53	8	-
	TOTAL	34	100%	15	19
1990/ 1999	PIPINGS ASSOCIADOS A COLAPSOS	19	37,25	11	8
	ESCORREGAMENTOS	11	21,57	11	-
	INUNDAÇÕES	03	5,88	3	-
	RAVINAS	03	5,88	3	-
	SULCOS	07	13,73	7	-
	SOLAPAMENTOS	08	15,69	8	-
	TOTAL	51	100%	43	8
2000/ 2009	PIPINGS ASSOCIADOS A COLAPSOS	19	41,30	11	8
	ESCORREGAMENTOS	11	23,91	11	-
	INUNDAÇÕES	03	6,52	4	-
	RAVINAS	03	6,52	3	-
	SULCOS	07	15,22	7	-
	SOLAPAMENTOS	03	6,52	8	-
	TOTAL	46	100%	44	8

Quadro 10 – Número de processos identificados entre 1980-2009 e o percentual que representam

O total de escorregamentos no período em questão foi quatro, representando 11,76% do total de processos (Quadro 10). Os quatro escorregamentos ocorreram em terrenos onde afloram rochas do Grupo Itararé, que localmente possui textura arenosa. Um dos escorregamentos (E2) situa-se nas proximidades de uma fratura, o que exerce influência direta e indireta no processo. Diretamente pelo fato de favorecer o escoamento concentrado das águas superficiais e subterrâneas, e indiretamente por influenciar a ação dos agentes intempéricos (LARACH; PALMIERI, 1998). Os escorregamentos E1, E2 e E4 ocorreram em áreas com declividades acima de 30%, e em segmentos côncavos das encostas, sendo que somente E3 estava em uma área de convexidade.

Os materiais mobilizados quando da ocorrência dos escorregamentos eram, sobretudo, solos, porém em alguns casos com rochas associadas, sendo em E1, uma associação de Cambissolo com Neossolo Litólico, E2 e E4 associação de Cambissolo, Neossolo Litólico e rochas, e em E3 associação de Cambissolo com Neossolo Litólico (Apêndice B). Esses materiais foram mobilizados pela ação das águas pluviais, sendo que em E2, E3 e E4 o total de precipitação acumulado no mês foi respectivamente de 361,1 mm, 361,1 mm e 291,5 mm. No caso do primeiro escorregamento (E1), não foi possível

estabelecer o total de precipitação, pois o morador entrevistado, o qual informou sobre o processo, não sabia ao certo o dia de sua ocorrência. Como os demais processos haviam sido registrados em um jornal da cidade, foi possível verificar a quantidade de chuva que antecedeu-os. Ainda com relação a precipitação, três dias antes dos mesmos processos acontecerem, constatou-se que a precipitação total nesses três dias foi respectivamente de 128,9 mm, 128,9 mm e 58,6 mm. Verificou-se que dois dos escorregamentos se deram após precipitações superiores a 120 mm acumulados nos últimos três dias, evento considerado anormal para o clima da região, e também para o período em que ocorreram (maio de 1983), pois a estação chuvosa corresponde aos meses de verão.

O ano de 1983, dentro da série histórica analisada neste trabalho, foi o segundo ano com maior quantidade de chuvas, perdendo somente para o ano de 1998. Em 1983 foram registradas mais de 2000 mm de chuvas e em 1998, 2500 mm. Essas quantidades anômalas de chuva podem ser explicadas pela ação do fenômeno climático *El Niño*, como já mencionado na caracterização do clima da região.

Ressalta-se que, da ocorrência dos escorregamentos E2, E3 e E4 (Figura 13), resultaram dez óbitos, além de diversos prejuízos materiais e traumas psicológicos jamais superados por familiares e moradores vizinhos.



Figura 13 – Foto de Escorregamento ocorrido na Vila Santo Antonio no ano de 1983 (E4)
FONTE: JORNAL DA MANHÃ 20 DE MAIO DE 1983

Os sulcos, erosões do tipo linear desenvolvidas em vertentes, através da concentração do fluxo d'água, representam 23,53% dos processos geomorfológicos detectados neste intervalo temporal. Eles ocorreram, sobretudo, em ruas sem pavimentação e sem sistema de

coleta das águas pluviais e servidas. Todos os sulcos estavam sobre a unidade geológica Grupo Itararé, porém, em terrenos com declividades e solos diferenciados. Com relação à declividade, o processo em questão ocorreu em terrenos com declividades bastantes variáveis, desde a classe 0-6%, até 20-30%, passando pelos intervalos de 6-12% e 12-20%. Assim, tal como a declividade, os solos e associações de solos onde se desenvolveram sulcos também eram variáveis. Quatro sulcos (Su5, Su6, Su7 e Su8) estavam sobre Latossolos. Três sulcos (Su1, Su3 e Su4) situavam-se sobre a associação de Latossolo com Cambissolo, em terrenos mais suavizados. Somente o Su2 ocorreu em um terreno com declividade entre 20-30% e associação de solos mais rasos (Cambissolo e Neossolo Litólico). Além disso, pelo fato de todos os processos se situarem na área urbanizada da bacia, o traçado das ruas não respeitou a declividade e demais características físicas da área.

Com relação à precipitação, somente em dois deles pôde-se consultar a quantidade de chuva acumulada durante um mês e nos três últimos dias. Tais informações são referentes a Su3 e Su8. No primeiro caso, a quantidade de chuva mensal correspondeu a 61,2 mm e dos últimos três dias foi de 44,1 mm, indicando que tais quantidades combinadas com as características do local foram suficientes para desenvolver esse processo. O outro sulco, do qual se dispunham informações sobre precipitação, foi o Su8, onde o total mensal foi de 106,4 mm enquanto a dos três últimos dias foi de 18,6 mm. Como esse é um processo que se desenvolve pela ação das águas pluviais e também servidas, que seguem por linhas preferenciais no terreno, verificou-se que esses processos foram desenvolvidos durante dias chuvosos.

Outro tipo de erosão linear identificada em uma vertente localizada na área urbanizada foi a ravina. Esta surgiu como um sulco e evoluiu de tal modo que transformou-se em uma ravina. Ela, assim como os sulcos, também se desenvolveu em uma rua, mais precisamente na sua lateral onde, além das águas pluviais que escoam, há a contribuição de águas das residências lançadas por moradores, sendo que as ravinas e os sulcos estavam em vertentes convexas. Essa ravina desenvolveu-se em um segmento da encosta com declividade variando entre 12-20%, onde foi traçada a rua, sendo que a partir dessa inclinação são lançadas as águas de diferentes origens que são captadas por manilhas situadas na porção mais plana da rua. Com isso, a existência de Latossolos associados a Cambissolos faz com que a ação das águas remova o material pedológico que novamente, por influência da rocha matriz, possui areia, propiciando, deste modo, que o processo evolua comprometendo a circulação de carros e pedestres. O material removido através da evolução da ravina, alcançou

um dos canais que formam o Arroio da Ronda, contribuindo para o assoreamento e intensificação de inundações.

Foram identificados também processos ocorridos no canal fluvial, como as inundações, as quais consistem em processos naturais que já possuem seu espaço de atuação, as planícies aluviais. Estas podem ser alteradas, por ações antrópicas, como a impermeabilização do solo, com conseqüente incremento do escoamento superficial, deposição de lixo e entulho nos canais de drenagem e também pelo assoreamento dos cursos d'água, em conseqüência da erosão que ocorre nas áreas mais elevadas, fornecendo sedimentos que são transportados até os arroios.

Estes fenômenos corresponderam a 5,88% dos processos, ocorrendo nas planícies de inundação, onde são encontrados sedimentos quaternários e associações de Organossolo com Gleissolo. Como esse processo se deu em planícies aluviais, as declividades não ultrapassam os 6%. As inundações são processos naturais, porém, com a ocupação por parte de populações de baixa renda, este compartimento do relevo, onde a vegetação original correspondia a vegetações de várzea, acarreta perdas e danos irreparáveis às populações, como ocorreu em 1984, quando duas pessoas morreram afogadas após uma chuva intensa que inundou rapidamente a casa onde elas estavam⁵. Naturalmente, esses ambientes passam a ser considerados de risco.

Os processos com maior número de ocorrências entre 1980 e 1989 foram os *pipings* associados a colapsos que representavam 55,88% do total de processos identificados. Todos os *pipings* ocorreram na área rural da bacia, em terrenos onde havia campos nativos, reflorestamentos e cultivos. Apesar da existência de vegetação campestre, através da fotointerpretação pôde observar-se que já havia alterações nas proximidades da vegetação como áreas de cultivo e reflorestamentos, responsáveis pela mudança da circulação das águas em subsuperfície. Bull e Kirkby (1997 *apud* Augustin e Aranha, 2006) atribuem a existência dos dutos a fatores como chuvas intensas e irregulares que reativam percolações em subsuperfície. Esse pode ter sido um dos fatores que originaram os *pipings*, porém não é o único.

Considera-se, também, que pode ter contribuído para o surgimento e evolução dos dutos a existência de passagens deixadas por raízes decompostas, o que foi constatado em campo, pois todas as feições estavam localizadas em capões de mata, sendo que onde ocorreu o colapso havia várias raízes. Destaca-se também a presença de olhos d'água na mesma direção dos *pipings* (Pierson, 1983 citado por Augustin e Aranha, 2006). Conforme afirma

⁵ Esta informação foi obtida através de entrevista realizada com moradores vizinhos

Medeiros e Melo (p. 121, 2001) “o fluxo concentrado de água no sub-solo, em zonas de drenagens convergentes [...] favorece o desenvolvimento do *piping*”.

São apontadas ainda por Bull e Kirkby (1997 *apud* Augustin e Aranha, 2006) como contribuintes para o surgimento de *pipings* a presença de íons solúveis, porém, na área estudada não foram feitas análises profundas para se conhecer as características químicas do solo, no entanto, o que provavelmente deve ter contribuído no processo. Com relação a Formação Ponta Grossa, a presença de óxidos de ferro, solúveis em ácidos orgânicos, é apontada por Medeiros (2000) como um dos possíveis contribuintes para o desenvolvimento dos *pipings*.

Dos 19 *pipings*, 13 encontravam-se em áreas campestres, 3 em áreas de cultivo e três em áreas onde predominavam os reflorestamentos. O desenvolvimento do processo em questão se deu em locais onde havia diferentes usos da terra e também características do meio físico diferenciadas. Somente o solo era o mesmo em todos os locais onde ocorreram *pipings*, todos Latossolos, caracterizados por serem muito espessos. A textura desses solos era variável em decorrência da rocha matriz. Quando desenvolvidos sobre o Grupo Itararé, apresentavam maior teor de areia, e quando formados sobre a Formação Ponta Grossa apresentavam-se predominantemente argilosos.

Cerca de mais da metade dos processos (P1 a P10) se deram em terrenos onde afloravam o Grupo Itararé. Já nove *pipings* (P11 a P19) se desenvolveram em áreas onde existem rochas pertencentes a Formação Ponta Grossa, predominantemente argilosa. Nos trabalhos de campo foram preenchidas fichas, onde foram registradas as dimensões dos processos (Apêndice C). Nas análises de campo era perceptível a presença de grãos de areia herdados das rochas pertencentes ao Grupo Itararé. Tal observação pôde ser feita em P6, o qual era um dos maiores colapsos encontrados na área de estudo (Largura: 9 metros; Profundidade: 3,00 metros e Comprimento: 12 metros).

As declividades onde se desenvolveram esses processos não eram altas, sendo a maioria encontrada em terrenos com declividade entre 6-12%. Constatou-se também, que a maioria dos *pipings* apresentava uma orientação no sentido NW-SE, e alguns, em menor quantidade, seguiam a direção NE-SE. Ambas as direções coincidem com as direções de importantes estruturas geológicas encontradas na região de Ponta Grossa.

7.2 PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS ENTRE 1990-1999

Dando continuidade a análise dos processos geomorfológicos identificados na bacia do Arroio da Ronda, chegamos ao intervalo temporal de 1990 a 1999 (Figura 14). Neste, foram identificados um total de 51 processos (Quadro 10), sendo 11 escorregamentos (21,57%), 7 sulcos (13,73%), 3 ravinas (5,88%), 19 *pipings* associados a colapsos (37,25%), 3 inundações (5,88%) e 8 solapamentos de margens com conseqüentes desmoronamentos (15,69%). Assim, esse intervalo de tempo corresponde ao que teve mais processos identificados, sendo que alguns já foram identificados no recorte temporal anterior, porém continuaram a acontecer.

O primeiro tipo de processo a ser comentado novamente são os escorregamentos. A maioria deles ocorreu em terrenos onde existe o Grupo Itararé (E5, E6, E7, E8, E9, E13 e E14). Somente E10 e E11 ocorreram em locais onde há transição entre o Grupo Itararé com a Formação Ponta Grossa, e do Grupo Itararé com a Formação Serra Geral, respectivamente. Essa é uma situação peculiar, pois o Grupo Itararé é mais poroso por se tratar de rochas areníticas, ao contrário da Formação Ponta Grossa, mais argilosa, a qual pode ser uma barreira para a infiltração da água que inicialmente penetra nas rochas verticalmente, e após encontrar essa “barreira” passa a circular horizontalmente, podendo remover o material acima, quando da saturação deste. Além disso, esse contato é dado por falhas. Essas condições também podem influenciar a declividade que nesses pontos é maior que 30%.

A declividade também é maior que 30% em E1, E5, E6 e E9, mas nos demais ela é variável, porém nunca inferior ao intervalo 12-20%. A maioria dos escorregamentos ocorreu em áreas com declividade acima de 30%, sendo que há ocorrência na classe entre 20-30%. Todos os escorregamentos se deram no perímetro urbano, porém três ocorreram em pequenos capões de mata de araucária e o restante em terrenos com uso urbano. Sendo assim, sabe-se que a vegetação possui um papel fundamental no início do processo erosivo e no desenrolar desse, como já foi discutido na revisão de literatura, porém mesmo assim, no caso de E6, E8 e E9, a vegetação não foi suficiente para impedir que os escorregamentos acontecessem.

Conjugadas com essas características, associa-se o clima da região, que concentra chuvas no verão. Durante os 30 dias que antecederam o E8 somou-se um total de 410,6 mm de chuva e três dias antes, 13 mm, o que culminou em um escorregamento nos fundos da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa (Figura 15).

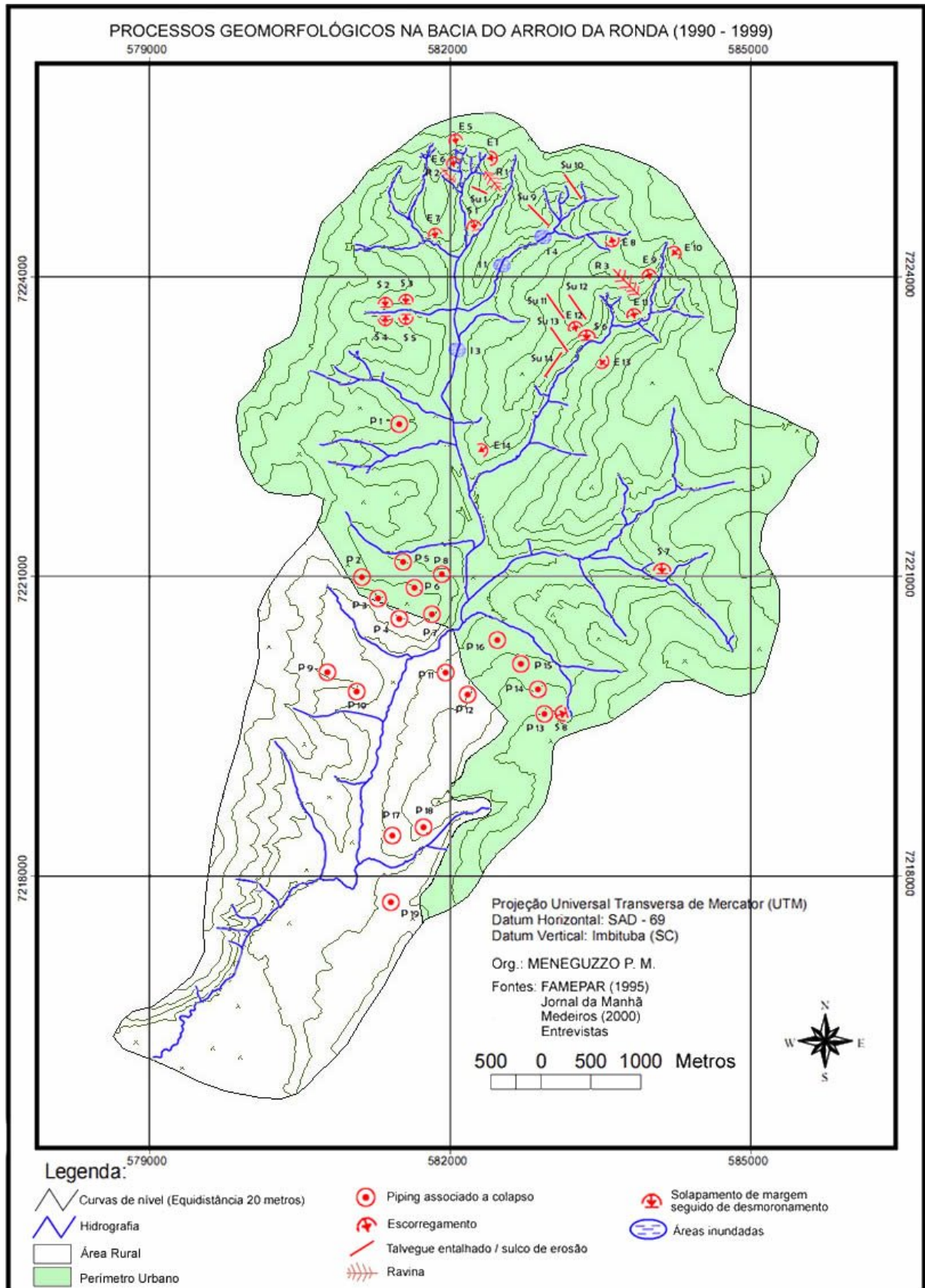


Figura 14 - Mapa de processos geomorfológicos identificados na bacia do Arroio da Ronda entre 1990-1999



Figura 15 - Foto de escorregamento ocorrido no estacionamento da PMPG
FONTE: JORNAL DA MANHÃ. 17 DE JANEIRO DE 1995

O escorregamento E11 ocorreu após um total de 93,1 mm de chuva precipitadas sobre uma área onde há contato entre o Grupo Itararé com a Formação Serra Geral, próximo de uma falha, em uma declividade maior que 30% e com solos mais rasos (associação de Cambissolo com Neossolo Litólico e rochas), sendo que somente nos três dias antecedentes ao processo choveram 78,4 mm. Soma-se também o fato deste ter ocorrido em uma área urbanizada, onde foram feitas alterações no terreno, como aterros.

Nos demais escorregamentos, por não se saber ao certo dia e mês em que ocorreram, não foi possível calcular a quantidade de chuva acumulada.

Dos sulcos identificados, somente um (Su14) encontrava-se em uma rua disposta de forma paralela as curvas de nível, os demais se desenvolveram nas ruas com traçado que favorece o desenvolvimento de erosões lineares. Todos os sulcos encontram-se na área de afloramento do Grupo Itararé, em declividades variáveis, desde 0-6%, 6-12% e 12-20%, onde predominavam os Latossolos, associações de Latossolo com Cambissolo e mais raramente solos mais delgados como os Neossolos Litólicos. Somente um dos sulcos ocorreu em uma rua com declividade superior a 30%, com solos, como os descritos a pouco. Embora todos os sulcos localizem-se em ruas de diferentes bairros contidos na área da bacia, todos estavam dentro da área urbana e nas laterais das ruas que não possuíam calçamento, nem infraestrutura para captar as águas lançadas.

Diferente do intervalo de tempo anterior, onde foi identificada apenas uma ravina, a (R1) continuou a existir e mais duas foram identificadas, sendo que todas sobre o Grupo Itararé. Assim como os sulcos, as ravinas também foram identificadas na área urbana da bacia, e também nas laterais das ruas (Figura 16). A R2 desenvolveu-se na continuidade de uma rua, onde termina o manilhamento da parte plana da rua, e a partir deste ponto são lançadas águas (pluviais e servidas). Conforme entrevistas com os moradores, em episódios de chuvas intensos, a enxurrada é violenta, levando muitas vezes cercas, postes e muros, fazendo com que a erosão avance. No caso específico de R2, esta se desenvolveu em uma rua com declividade entre 12-20%, onde há associação de Cambissolo e Neossolo Litólico, e até mesmo a presença de rochas. Estas, mais alteradas, são também erodidas pela ação das águas, as quais depositam no canal fluvial, situado a cerca de 250 metros abaixo da erosão, grande quantidade de sedimentos.

Assim como R1, R3 (Figura 16) se desenvolveu na lateral de uma rua não pavimentada.



Figura 16 – Foto de Ravina na R: 12 – Vila Nova no ano de 1998
FONTE: JORNAL DA MANHÃ. 01 DE AGOSTO DE 1998

Referente as inundações, a I1 já identificada em 1980, continuou a acontecer, sendo registrada mais duas ocorrências (I3 e I4). Estas sucederam-se em áreas de planície de inundação, onde estão presentes os sedimentos quaternários, a associação de Organossolo com Gleissolo e a declividade compreendida entre 0-6%. Apesar de se tratar de uma feição de relevo (planície de inundação), a urbanização na década de 1990 já havia chegado até ela. O mesmo foi detectado no local onde ocorreu I1. Na década de 1980, o uso da terra era

representado por vegetações campestres, contudo, na década seguinte houve a alteração do uso, surgindo assim mais áreas urbanizadas, o que gerou uma preocupação para o Poder Público local.

Conforme pode ser observado na Figura 17, a inundação pode ser intensificada por ações humanas como o lançamento de lixo e entulhos que obstruem o canal fluvial, porém, com chuvas de grande intensidade, esses materiais são levados pela correnteza, trazendo consequências graves, como a proliferação de doenças, ou também, como mostra a referida figura, interditando vias e prejudicando o tráfego.

Outro processo identificado, também ligado ao canal fluvial, é o solapamento de margens com conseqüentes desmoronamentos. Estes são encontrados em áreas onde estão presentes os sedimentos quaternários. O aumento desse tipo de erosão é diretamente proporcional à quantidade e velocidade da água no canal (GUERRA; GUERRA, 2008). Com o aumento do fluxo das águas superficiais, em decorrência da impermeabilização do solo, estas vão erodindo os sedimentos e originam as feições conhecidas como talwegues entalhados “... que formam margens profundas e abruptas, sujeitas a solapamento (erosão da base) e a desmoronamentos subseqüentes” (MELO; GODOY, 1997, p. 46).

Esses processos apresentam como principais fatores controladores de sua gênese e evolução o aumento da quantidade de água que flui no canal de drenagem após episódios de chuva, assim como a presença, na planície de inundação, de sedimentos aluviais quaternários que se caracterizam por serem materiais incoesos e de fácil remoção. A expansão das áreas urbanizadas e conseqüente impermeabilização do solo fazem com que haja um aumento do volume de água que escoar superficialmente e que converge para os canais fluviais, contribuindo para o solapamento e conseqüentemente para o desmoronamento (MEDEIROS, 2000). Corroboram essa afirmação os mapas de uso da terra de 1980 e 1995, quando houve aumento da área urbanizada, incluindo o fato de que em 1980 não foram registradas ocorrências, ao contrário de 1995, onde também as retificações e canalizações dos cursos d’água acabaram com as rugosidades dos leitos e diminuíram alguns metros de trajeto que o fluxo deveria percorrer, aumentando sua energia. Além disso, o padrão dos canais nestas áreas de planícies com sedimentos finos é meandrante, por isso, o solapamento significa um reajuste do fluxo ao antigo padrão, por causa da retilinização.

No período analisado de dez anos (1990-1999) foram identificados oito solapamentos, estando todos localizados na área urbana da bacia, porém em terrenos com características variáveis.



Figura 17 – Foto de Inundação na BR 376- km 494.
Neste ponto o Arroio da Ronda atravessa a BR
FONTE: JORNAL DA MANHÃ. 07 DE JULHO DE 1998

Ocorreram solapamentos em terrenos com sedimentos quaternários (S1, S6 e S7), rochas alteradas do Grupo Itararé (S2 a S5) e também em rochas da Formação Ponta Grossa (S8). Além disso, pelo fato de haver diferenciação entre as litologias, os solos presentes também eram diferenciados, pois em alguns pontos havia a associação de Organossolo com Gleissolo e em outros associação de Latossolo com Cambissolo, ou ainda solos mais rasos como o Neossolos Litólicos associados aos Cambissolos.

Porém, nem todos estavam na classe urbanizada, como é o caso de S7 e S8, que estavam em áreas de mata e cultivo respectivamente. Contudo, considerando a noção de sistema aplicada à bacia hidrográfica, as alterações ou características do meio físico em pontos mais distantes do solapamento podem influenciá-lo.

No que se refere a precipitação, que também possui importante papel na deflagração desse processo, somente foi possível obter dados pluviométricos de dois solapamentos, sendo eles S6 e S8, onde verificou-se que havia chovido durante o mês antecedente ao processo S6 cerca de 144,2 mm, e 144,0 mm antes de S8.

7.3 PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS IDENTIFICADOS ENTRE 2000-2009

Nos anos compreendidos entre 2000 a 2009 os processos geomorfológicos desenvolvidos e que foram identificados na área apreciada (Figura 18) foram os mesmos já detectados em décadas anteriores (Quadro 10).

Os escorregamentos novamente mostraram-se um dos processos mais expressivos. Muitos estavam na classe de declividade 12-20%, cinco em declividade acima de 30%. A única característica comum a todos os processos novamente foi a litologia (Grupo Itararé), porém em solos diferenciados, como é o caso de E18, E21 e E22 que estavam em áreas onde existe associação entre Latossolo e Cambissolo. Já E17 ocorreu em um segmento retilíneo de uma encosta situada na porção NW da bacia, onde o material mobilizado foi rocha intemperizada (Figura 19). Na área onde se deu o escorregamento a declividade é superior a 30%, ainda assim, observou-se em campo a ocupação humana na porção superior da encosta, na meia encosta e no fundo de vale, indicando que a população adaptou-se à elevada inclinação dos terrenos. Em E20 e E23 predominavam os Latossolos. Destaca-se também que muitos escorregamentos ocorreram em segmentos côncavos das vertentes.

Os sulcos também foram abundantes neste recorte temporal, localizando-se nas mesmas condições dos sulcos identificados em épocas passadas, ou seja, encontravam-se em ruas em sua maioria sem pavimentação e sistema coletor de águas pluviais e servidas. Contudo, em vias recentemente asfaltadas, com carência desses sistemas coletores de águas, as erosões lineares aqui tratadas desenvolviam-se nas laterais das mesmas, onde ainda não havia impermeabilização.

Essas ruas apresentam declividades que variam desde a classe 0-6% chegando até a classe 20-30% em solos mais profundos como os Latossolos ou mais delgados como os Cambissolos e Neossolos Litólicos, porém todos desenvolvidos sobre rochas do Grupo Itararé.

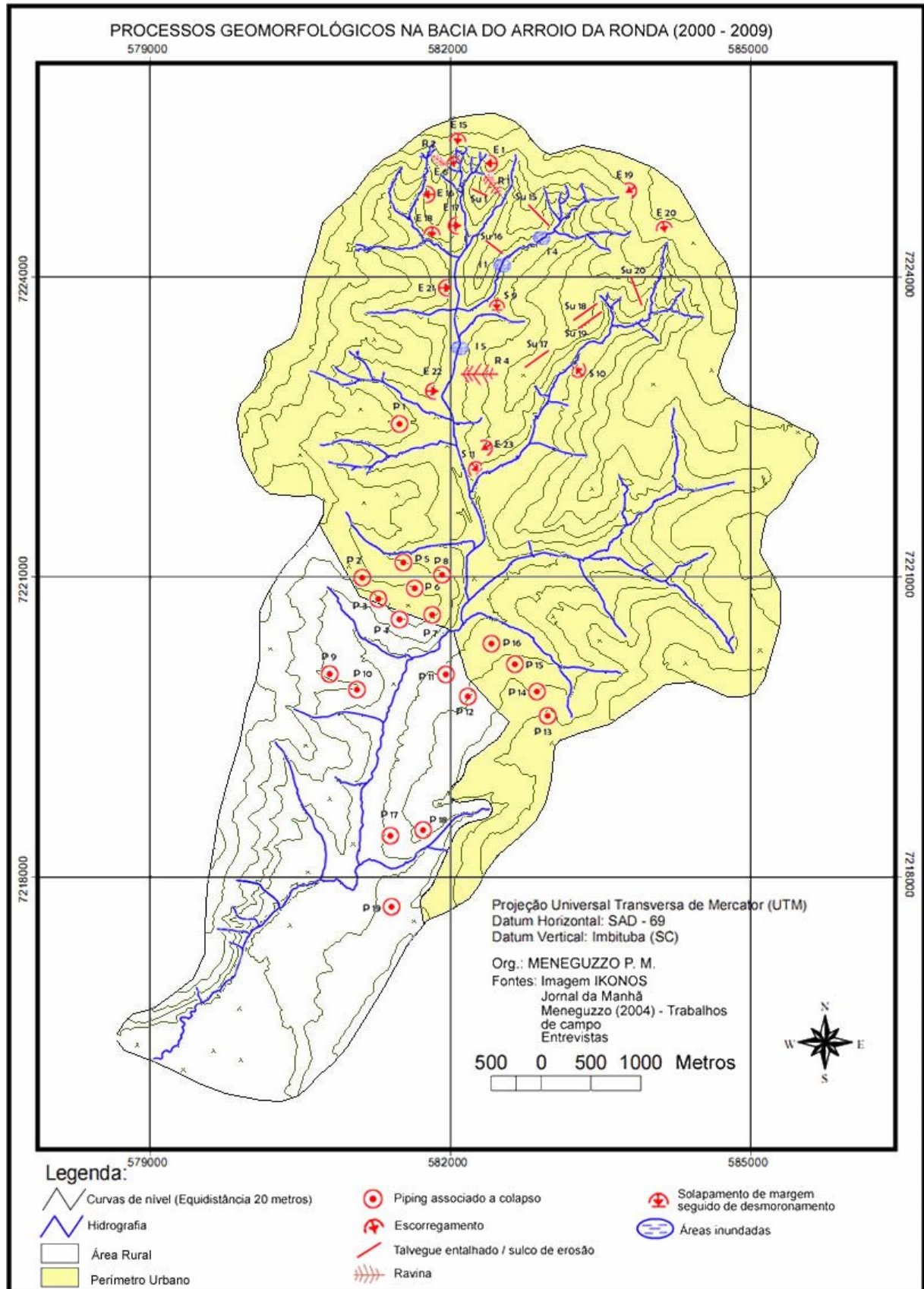


Figura 18 - Mapa de processos geomorfológicos identificados na bacia do Arroio da Ronda entre 2000-2009

Os sulcos correspondem a feições de menor porte, contudo, mesmo assim prejudicam a circulação de veículos, pessoas, danificam obras civis e ainda podem dificultar o plantio e colheita em áreas rurais.

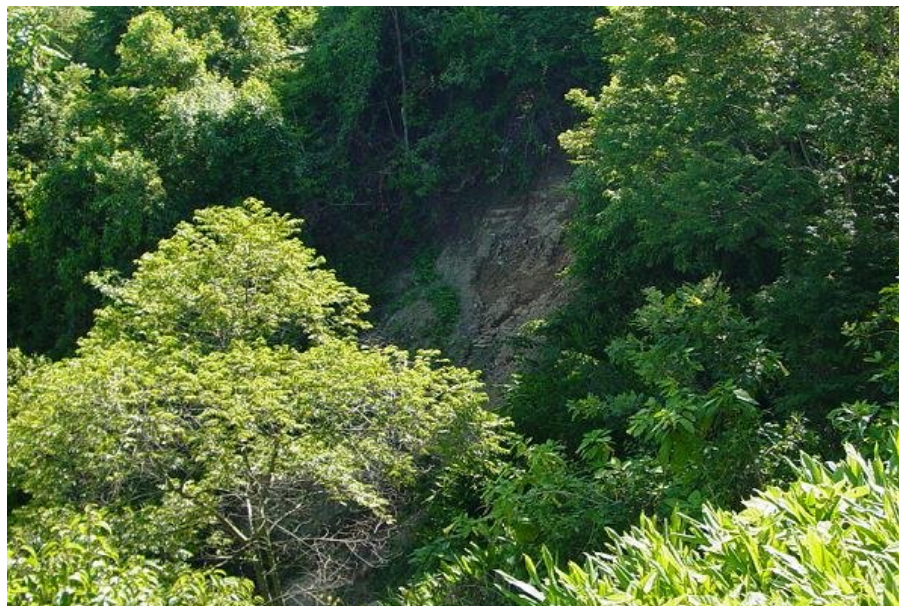


Figura 19 – Foto de Escorregamento nas cabeceiras do Arroio da Ronda
Fonte: M. S. MELO (2003)

Além dos problemas decorrentes da existência dos sulcos, esses merecem atenção também pelo fato de poderem evoluir para erosões maiores e mais difíceis de serem contidas, como as ravinas e as boçorocas, sobretudo em áreas onde a litologia é constituída por materiais ricos em areia. Porém, na bacia estudada, não foram encontradas boçorocas. Um dos fatores que pode contribuir para tal fato seria que os solos (Cambissolos) localizados nas porções com declividades mais significativas, que são pouco espessos, e logo abaixo estão presentes rochas alteradas menos permeáveis, as quais não favorecem o aprofundamento dos sulcos para erosões maiores (MENEGUZZO, 2004).

As ravinas R1 e R2 já comentadas nos intervalos temporais anteriores, apesar de terem sido aterradas, voltaram a aparecer, causando novamente problemas para os moradores da região. Foi detectada também através de trabalhos de campo a R4 ocorrida em terreno onde afloram rochas do Grupo Itararé, com inclinações entre 12-20% e a presença de Latossolos associados a Cambissolo.

O último processo identificado em vertente são os *pipings*, esses são os mesmos identificados nas fotografias aéreas do ano de 1980, porém em muitos deles foi possível fazer

medições com o intuito de verificar as dimensões atuais das feições. Esse procedimento pôde ser aplicado em P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P13, P14, P15 e P16.

Os *pipings* numerados de P2 a P10 situam-se em terrenos onde ocorrem rochas do Grupo Itararé, mostrando que esses processos também podem ocorrer sobre essa litologia e com frequência considerável. Os processos em questão também apresentaram maiores dimensões sobre essa unidade geológica, conforme pode ser observado no apêndice C, pois os processos ocorridos sobre a Formação Ponta Grossa apresentaram um comprimento máximo de 30 metros e profundidade máxima de 2 metros, enquanto no Grupo Itararé o comprimento máximo chegou a 40 metros e a profundidade, superior a 3 metros. Outra observação importante feita nos *pipings* visitados em campo, que situavam-se sobre diferentes litologias, era o fato de que, sobre a Formação Ponta Grossa, somente um *piping* continha água em seu interior (P13), enquanto que aqueles desenvolvidos em áreas com rochas do Grupo Itararé cinco apresentaram água no interior, sendo que a lâmina d'água tinha uma altura que variou entre 8 a 20 cm. Destaca-se ainda que as áreas situadas entre os *pipings* eram muito úmidas, indicando que havia circulação de água em subsuperfície, a qual estava próximo a aflorar.

A forma geral observada nos locais onde já haviam ocorrido colapsos, era a de canais alongados, com maior largura próximo ao duto. Ainda nas cercanias desses, foram encontradas feições de desabamentos, como em P16, onde próximo ao início do canal havia uma feição de desabamento com 0,70 m de profundidade e largura de 0,80 m. Cerca de 3 m de distância de P16 havia P15, porém, curiosamente ainda não havia ocorrido desabamento entre eles. Ao contrário, em outros, como é o caso de P4 que apresenta um canal alongado com 32 m de comprimento, foram encontrados 3 feições de abatimento, sendo que no interior delas havia circulação de água. Desses *pipings*, 3 encontram-se na meia encosta (P14, P15 e P16), enquanto P13 situa-se na parte superior da encosta. Os *pipings* P14, P15 e P16 (Figura 20), localizados em áreas onde afloram rochas da Formação Ponta Grossa, estavam secos e apresentavam dimensões em torno de 1,00 metro de diâmetro. Apenas um (P13), situado sobre a Formação Ponta Grossa, possuía água em seu interior, tendo 45 cm de diâmetro. A medida obtida, partindo-se da superfície do terreno até a base do duto, totalizava 1,50 metro (Figura 21C).

Observou-se ainda que os *pipings* estavam orientados, conforme pode ser visualizado na Figura 20. Esse alinhamento se deu em diferentes direções, porém, em geral seguindo rumo aos cursos d'água, cortando as curvas de nível e partindo da encosta superior, passando pela meio encosta e seguindo em direção aos vales.

No processo de fotointerpretação, foi possível identificar alguns *pipings* em consequência do padrão característico que apresentavam. A primeira característica que suscita dúvida sobre a existência de *pipings* quando da observação de imagens de sensores remotos é o fato de haverem pequenos capões de mata em meio a vegetações campestres, ou ainda em meio a plantações. Após essa observação, passou-se a considerar a forma de relevo em que o pequeno capão se situava. Assim, todos os *pipings* identificados em fotografias aéreas e confirmados em campo foram confirmados em vertentes côncavas, seguindo alinhados em direção aos vales. Conforme a escala dos materiais era possível observar ainda, com o auxílio do estereoscópio, que em meio ao capão de mata havia pequenas variações na altura das árvores, indicando haver diferenças de nível, resultantes de colapsos.

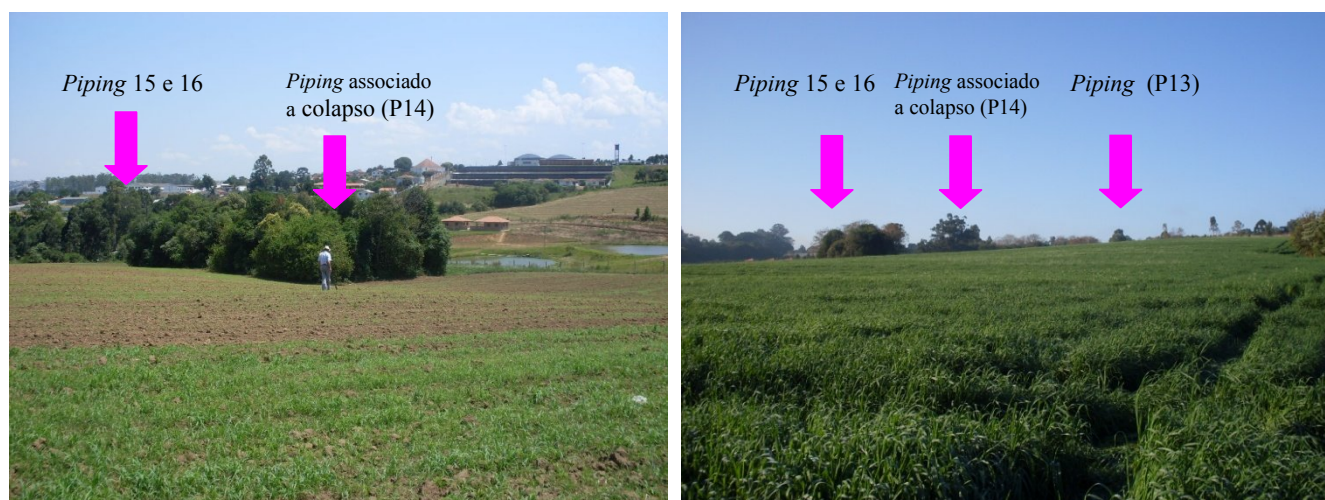


Figura 20 – Fotos de Capões de mata onde estão situados os *pipings* 13, 14, 15 e 16.

Na foto é possível observar o alinhamento seguido pelos processos, bem como a localização dos respectivos em áreas de convergência das águas

Com relação a P11 e P12, estes foram entulhados com madeiras, serragem e tocos, para frear a evolução do processo. Tal iniciativa mostra-se ineficiente, já havendo sinais de que o processo não foi eliminado, ao contrário, ele continua em pleno desenvolvimento (Figura 21A e 21B). Os dutos entulhados estão situados na meia encosta.

Todos os *pipings* e colapsos neste item citados encontram-se em pequenos capões de mata cercados por áreas de plantio de culturas temporárias, onde há emprego de máquinas agrícolas.

Para complementar a verificação da ocupação da bacia foram consultadas, também, as fotografias aéreas do ano de 1960, as quais mostraram que os *pipings* existentes em 1980 e

que estão presentes até hoje já ocorriam naquela época. Tal afirmação é feita com base nos critérios de identificação de *pipings* já descritos anteriormente.

Desse modo, afirma-se que os *pipings* são encontrados na bacia estudada, em áreas com uso da terra específicos do meio rural (cultivo e reflorestamento), onde as declividades são mais suaves, na faixa de 0-12%, as vertentes são côncavas e os solos são mais profundos (Latosolos).

Partindo-se para os processos geomorfológicos ocorridos em canal fluvial, passa-se a discutir os solapamentos de margens com conseqüentes desmoronamentos. As características das áreas onde ocorreram solapamentos são as mesmas já comentadas nos anos anteriores. O que chama a atenção quando da ocorrência desse processo é a precipitação que foi registrada quando aconteceu S9 e S11. Os valores ultrapassam os 200 mm mensais, sendo respectivamente 206,6 mm e 238,2 mm. A precipitação dos últimos três dias antecedentes ao solapamento foi de 57,2 mm e 36,8 mm, mostrando que valores como esses em locais com materiais inconsolidados, como são os sedimentos quaternários, os Organossolo e Gleissolo, podem causar danos às populações residentes, uma vez que todos se deram em áreas urbanizadas.

As inundações desse período também ocorreram nos mesmos lugares de I1, I3 e I4, não cabendo aqui repeti-los.



Figura 21 – Fotos de Capão de mata onde havia *piping* associado a colapsos

Figura 21 A - Capão de mata onde havia *piping* com colapso associado, mas que foi entulhado; Figura 21B – Capão de mata onde havia *piping* com colapso associado, mas que foi entulhado Na foto é possível perceber que parte do solo está cedendo; Figura 21C - *Piping* onde há acumulação de água (P13); Figura 21D – *Piping*, com destaque para as raízes das árvores

Fonte: MENEGUZZO, P. M. (2008)

8 AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NA BACIA DO ARROIO DA RONDA E SUA INFLUÊNCIA NOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS

Para avaliar a evolução do uso da terra na bacia do Arroio da Ronda e sua influência nos processos geomorfológicos, utilizou-se a equação 1 (CB) proposta por Ponçano, Kertzman e Salomão (1989). No entanto, esta sofreu algumas adaptações, a começar pela denominação aqui utilizada CP (concentração de processos) (Equação 2). Ainda com relação à equação CB, optou-se por não multiplicar o valor obtido por 100, resultando, portanto, em um número não inteiro seguido de duas casas decimais.

$$CB = \frac{N}{A} \times 100$$

Onde :

N é o número de boçorocas pelo fator área;
A é a área expressa em km²

Equação 1 - Concentração de boçorocas e ravinas profundas (CB)

$$CP = \frac{N}{A}$$

Onde :

N é o número de processos pelo fator área;
A é a área expressa em km²

Equação 2 - Concentração de processos (CP)

Os primeiros dados trabalhados foram incluídos na Equação 2 (CP), possibilitando verificar a concentração de processos em toda a bacia, seguindo os recortes temporais determinados.

Iniciando a aplicação da equação pelos anos de 1980-1989, foram incluídos nela os seguintes dados: total de processos identificados na bacia do Arroio da Ronda (N) que é igual a 34 e a área total da bacia 35,76 km². O resultado obtido foi uma CP de 0,95 processos/ km².

$$CP = \frac{34}{35,76 \text{ km}^2} = 0,95 / \text{km}^2$$

Esse intervalo apresentou a menor concentração de processos quando comparado aos demais, pois os valores cresceram nos intervalos posteriores, de modo que na década de 1990, CP é igual a 1,45/ km² e na década posterior, igual a 1,28/ km², ocorrendo o mesmo em relação as áreas dos espaços urbano e rural (

Quadro 11).

IT ¹	Tp ²	CP bacia ³	Pu ⁴	Pr ⁵	Au ⁶ (km ²)	Ar ⁷ (km ²)	CP ⁸ urbano	CP ⁹ rural
1980-1989	34	0,95/ km ²	15	19	13,27	22,49	1,13/ km ²	0,84/ km ²
1990-1999	51	1,42/ km ²	43	8	24,75	11,01	1,73/ km ²	0,72/ km ²
2000-2009	46	1,28/ km ²	38	8	24,75	11,01	1,53/ km ²	0,72/ km ²

Quadro 11 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição na área urbana e rural

Nota: IT¹= intervalo temporal; Tp²= total de processos na bacia; CP bacia³= concentração de processos na bacia; Pu⁴= Processos na área urbana; Pr⁵= Processos na área rural; Au⁶= Área urbana; Ar⁷=Área rural; CP⁸ urbano= Concentração de processos no urbano; CP⁹ rural= concentração de processos no rural

A área urbanizada na bacia em 1980 era de 13,27 km² e a área rural de 22,49 km². Nessa época, havia uma nítida transição entre a área urbanizada e a área rural, pois existiam inúmeros terrenos vazios, apenas com projetos de loteamentos e também áreas de campo, entre a área urbanizada e a área rural. Sendo assim, apesar da área urbanizada apresentar um tamanho menor que a área rural, foi na primeira em que se deu a maior concentração de processos, ou seja, 1,13 processos/km², enquanto na área rural a concentração foi de 0,84 processos/km². Esse foi um segundo momento em que a equação CP foi utilizada.

Apesar de concentrar no espaço rural o maior número de processos, este era maior que a área urbanizada, apresentando, portanto, uma concentração de processos menor. Os processos identificados entre 1980-1989 na área rural eram somente *pipings* associados a colapsos, ocorridos predominantemente em classes de uso da terra que caracterizam o meio rural, ou seja, cultivo, reflorestamento, ou ainda vegetação

campestre, a qual já havia sofrido alterações, como pôde ser observado nas fotografias aéreas.

No espaço urbano não foram identificados *pipings* nem colapsos, somente escorregamentos, sulcos e inundações. Percebe-se, portanto, que alguns processos ocorreram predominantemente em espaço urbano e outros prevalecem no espaço rural, mostrando que as formas de uso da terra interferem sobremaneira nos processos, como pôde ser constatado comparando-se a concentração de processos entre os três intervalos, onde o valor CP só aumentou, se comparado com a década de 1980. Além disso, é nítida a diferenciação existente entre a litologia, relevo, declividade e solos entre a área urbanizada e a área rural. No primeiro espaço, as declividades são mais acentuadas, sendo controladas pela litologia e estruturas geológicas presentes. Na segunda, as vertentes são mais suaves com a diminuição da altitude. As características citadas referentes à área urbana, aliadas a presença de solos menos evoluídos, eventos chuvosos atípicos para o clima e a estação da região, como aconteceu em 1983, ano em que o fenômeno *El Niño* estava em ação, juntamente com a ocupação de desses terrenos culminou em processos geomorfológicos, que algumas vezes foram catastróficos, havendo até mesmo perda de vidas humanas, quando da ocorrência de escorregamentos.

Outros processos encontrados somente nas cidades foram os sulcos e as ravinas. Contudo, não se descarta a possibilidade de sua existência na área rural neste período, porém, nas poucas “entrevistas” feitas com moradores residentes neste espaço, não foram citadas a ocorrência de erosões lineares no passado e na atualidade. Assim, eles apareceram apenas na área urbanizada, como resultado do ineficaz planejamento urbano, que se juntou à presença dos solos com maior teor de silte e areia, herdados do Grupo Itararé. Solapamentos não foram identificados neste período, porém, podem ter ocorrido, mas não foram citados nas entrevistas, nem noticiados nos jornais, sendo tecnicamente inviável identificá-los pelas fotografias aéreas de 1980 pelo motivo da escala (1:25.000).

Chegando a década de 1990, sucedeu-se o aumento considerável no número de processos, passando de 34 na década anterior para 51 no período considerado. Além do aumento no número de processos, em 1995 houve a ampliação do perímetro urbano de Ponta Grossa. A então área urbana da bacia, no intervalo aqui considerado, era de 24,75 km² e o espaço rural totalizava 11,01 km². De posse dessas informações, aplicou-se novamente a fórmula e obteve-se uma concentração de processos em toda a bacia igual

a 1,42 processos/km², sendo que a maior concentração novamente foi no espaço urbano com 1,73 processos/km² contra 0,72/km² no rural.

Dessa vez, o número de processos no espaço urbano ultrapassou o número de processos na área rural e justificam o valor de CP. Sendo assim, no espaço urbano 43 processos foram identificados e no rural, 08. Esses são os mesmos existentes na década passada, porém com a expansão da área considerada urbana, alguns passaram a estar contidos nela. Embora haja número elevado de processos na década de 1990, as consequências dos mesmos, não foram tão desastrosas quanto às de 1980, pois nenhuma morte foi registrada, somente perdas materiais e pequenos ferimentos em algumas pessoas.

O período de 1990 caracterizou-se por uma expansão urbana mais acentuada, bem como em uma maior concentração de pessoas residindo em Ponta Grossa, pois em 1980 tinha-se um total de 171.818 pessoas, em 1991, 219.555, em 2000, 266.552 (LÖWEN-SAHR, 2001) e a estimativa para 2007 é de 306.351 (IBGE, 2007). Nas análises das fotografias aéreas de 1980 e de 1995, foi perceptível a ocupação de encostas com declividades acima de 20%. Outras alterações de uso da terra foram observadas na bacia nesse período, em comparação com a década anterior, como a redução das matas e campos, os quais passaram respectivamente de 3,20 km² - 7,43 km² para 2,74 km² - 2,06 km², havendo a substituição da vegetação pela urbanização, reflorestamento e cultivo.

Neste período, as faixas de mata ciliar, que já eram estreitas em 1980, diminuíram ainda mais, pois as ocupações próximas aos canais fluviais cresceram, aumentando, também, o número de inundações registradas: duas na década de 1980 e quatro em 1990. Isso pode ser explicado pela ocupação das planícies aluviais, por parte de grupos de pessoas sem recursos financeiros suficientes para adquirir uma residência em locais mais seguros. Em consequência, para chegar até suas casas, essas pessoas aumentam as ruas já traçadas pelo poder público, como aconteceu em 1980, e novas são traçadas clandestinamente. Essas vias, no entanto, continuaram a seguir a configuração já observada em 1980, ou seja, seguiam em sentido perpendicular as curvas de nível. Assim, vários sulcos e ravinas, bem como, solapamentos de margens seguidos de desmoronamentos foram identificados, além das inundações.

A maioria dos processos estava concentrada no espaço urbano (43) e a minoria no espaço rural (08) (

Quadro 11). Certamente novos processos apareceram nestes anos, como os solapamentos, mas há que se destacar que, como houve o aumento do perímetro urbano alguns *pipings* situados na antiga área rural, foram incorporados ao urbano, embora as classes de uso da terra específicas ainda estivessem ligadas ao meio rural, como os cultivos e os reflorestamentos.

Através do levantamento de bibliografia, pôde-se perceber que, a partir da metade da década de 1990 trabalhos técnicos começaram a ser produzidos (MELO; GODOY, 1997), e pequenas ações paliativas foram tomadas pela PMPG, como a remoção das famílias residentes em áreas que, de acordo com a Prefeitura, seriam de alto risco.

No intervalo entre 2000-2009 foram identificados 46 processos geomorfológicos na bacia. Isso mostra que os processos aumentaram se comparados com a década de 1980, e diminuíram se comparados com a década de 1990.

É possível fazer uma melhor comparação entre as décadas de 1990 e 2000, pois, nelas, o perímetro urbano de Ponta Grossa sofreu pequenas alterações, as quais não se situavam próximas da bacia do Arroio da Ronda. Sendo assim, a área urbana da bacia em 1990 e em 2000 foi a mesma, ou seja, 24,75 km² urbana e 11,01 km² no rural. Aplicando-se a equação 2 (CP), o valor obtido para a década de 2000 na bacia foi de 1,28 processos/km², sendo a concentração na área urbana de 1,43 processos/km², pouco menor que em 1990. Já a concentração no rural foi a mesma: 0,72 processos/km². Sendo assim, na área rural nas décadas de 1980, 1990 e 2000 os processos predominantes foram os *pipings* associados a colapsos. Não se pode aqui discutir acerca da evolução destes, pois não havia medidas dos mesmos em décadas passadas, porém, nas observações feitas em campo, todos os *pipings* visitados apresentaram sinais de evolução, como blocos de solos recentemente movimentados, circulação de água em muitos dutos (*pipings*) e no caso dos processos P11 e P12, os quais haviam sido preenchidos com serragem e tocos de madeira, também apresentavam sinais de desenvolvimento, conforme se observa nas fotos 22-A e 22-B.

8.1 CONCENTRAÇÃO DE PROCESSOS CONFORME A LITOLOGIA, DECLIVIDADE, SOLOS E USO DA TERRA

A equação CP foi empregada, também, para se conhecer quantos processos existiam sobre cada litologia, diferentes classes de declividade, solos e uso da terra.

Para tanto, foi calculada a área ocupada por cada litologia, e, em seguida, foi contado o número de processos que haviam acontecido sobre cada uma delas. Tal procedimento foi viável através da sobreposição do mapa de processos de cada recorte temporal, com o mapa geológico. O mesmo foi feito com os outros mapas temáticos, utilizando o *software Macromedia Fireworks MX* para fazer a sobreposição.

Os resultados do cruzamento foram organizados nos quadros 12, 13, 14 e 15 que na sequência serão discutidos.

Nas litologias, constatou-se que a maior concentração de processos é sobre o Grupo Itararé, o qual ocupa uma área que representa 45,95% da área total da bacia. Nas três décadas estudadas, o valor de CP no Grupo Itararé, foram os maiores, quando comparados as outras unidades geológicas (Quadro 12). Os valores CP para a década de 1980, 1990 e 2000 são respectivamente: 1,39 /km², 2,13/km² e 2,00/km².

A Formação Ponta Grossa é a segunda em termos de área e também no que se refere aos processos, pelo menos na década de 1980 e 2000, apresentando respectivamente os valores de CP iguais a 0,78/km² e 1,27/km². Esses valores estão relacionados com o fato de que a Formação Ponta Grossa apresenta em sua maior área, declividades mais baixas (entre 12-20%), aflorando nos topos, onde estão instalados vários bairros antigos da cidade, como Nova Rússia, havendo a expansão da urbanização em tempos mais recentes, principalmente na direção SW. Isto pode ser constatado quando da observação dos três mapas de uso da terra da bacia (Figuras 9, 10 e 11).

Os valores de CP relacionados aos sedimentos quaternários cresceram entre 1980 e 2000. Cruzando esses números com a evolução do uso da terra, onde ocorreu de forma mais intensa a ocupação de compartimentos do relevo ligados ao canal fluvial (planície aluvial), comprovou-se que a evolução do uso da terra influenciou diretamente no desenvolvimento desses processos, à medida que campos, campos brejosos e matas, antes existentes nesse compartimento de relevo, foram sendo paulatinamente substituídos por casas, e outras estruturas urbanas.

Período	Formações Geológicas ¹	Tp ²	Área (km ²)	Área (%)	³ CP/km ²
1980-1989	<i>PCi</i>	23	16,43	45,95	1,39/km ²
	<i>JKT</i>	-----	2,05	5,73	-----
	<i>Dpg</i>	9	11,49	32,13	0,78
	<i>Qha</i>	2	5,79	16,19	0,34
1990-1999	<i>PCi</i>	35	16,43	45,95	2,13/km ²
	<i>JKT</i>	2	2,05	5,73	0,97/km ²
	<i>Dpg</i>	11	11,49	32,13	0,95/km ²
	<i>Qha</i>	3	5,79	16,19	0,51/km ²
2000-2009	<i>PCi</i>	33	16,43	45,95	2,00/km ²
	<i>JKT</i>	----	2,05	5,73	-----
	<i>Dpg</i>	9	11,49	32,13	1,27/km ²
	<i>Qha</i>	4	5,79	16,19	0,69/km ²

Quadro 12 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com a litologia

Nota: 1-Formação Geológica: *PCi* = Grupo Itararé, *JKT* = Formação Serra Geral, *Dpg* = Formação Ponta Grossa, *Qha* = Sedimentos Quaternários; 2-Tp= total de processos em cada formação geológica; 3- Concentração de Processos em cada Formação Geológica/km².

O outro componente do meio físico onde se calculou a CP foi o solo. Por meio das análises, comprovou-se que, entre 1980 e 1989, o valor de CP mais alto entre as classes de solos foi 1,49 processos/km² (Latosolos). Como já explicitado, partindo-se dos solos encontrados na bacia, esta classe de solos localiza-se nos divisores de água, onde o relevo é mais suavizado e não afloram rochas. Esses solos, pela sua localização característica, espessura (mais de 2,00 m), combinadas com o crescimento da cidade de Ponta Grossa, ou ainda à expansão das fronteiras agrícolas, foram em sua maioria ocupados já em meados da década de 1960, prosseguindo até a atualidade.

Portanto, na década de 1980, a maior parte da ocupação estava em terrenos com maiores estabilidades, sendo que a partir do final desta década e início da seguinte, as encostas passaram a ser ocupadas mais rapidamente e em maior número. Nestas, desenvolvem-se vários tipos de solos como a associação entre Cambissolo, Neossolo Litólico e Rochas, encontrados nas vertentes mais íngremes (>30%). Coincidentemente, nas décadas seguintes, a ocupação nesses terrenos cresceu, ocorrendo vários processos, como pôde ser visto em campo e como mostram os mapas de processos (Figuras 12, 14 e 18). Ressalta-se que, apesar da área ocupada pela associação de Cambissolo, Neossolo Litólico e Rochas ser menor que a ocupada por Latossolos, foi na associação de solos que o CP maior foi registrado nas décadas de 1990 e 2000.

O total de processos ocorridos sobre os Latossolos somam respectivamente 24, 25 e 24 para os anos de 1980, 1990 e 2000. Destes, 19 são *pipings* associados a colapsos, desenvolvidos predominantemente em áreas com uso rural.

Período	Classes de Solos ¹	Tp ²	Área (km ²)	Área (%)	³ CP/km ²
1980-1989	L	24	16,10	45,02	1,49
	Associação de L com C	5	10,01	27,99	0,50
	Associação C com RL	1	1,38	3,86	0,72
	Associação C, com RL e R	2	1,42	3,97	1,40
	Associação de O com G	2	6,85	19,16	0,29
1990-1999	L	25	16,10	45,02	1,55
	Associação de L com C	14	10,01	27,99	1,39
	Associação C com RL	1	1,38	3,86	0,72
	Associação C, com RL e R	7	1,42	3,97	4,92
	Associação de O com G	4	6,85	19,16	0,58
2000-2009	L	24	16,10	45,02	1,49
	Associação de L com C	11	10,01	27,99	1,09
	Associação C com RL	1	1,38	3,86	0,72
	Associação C, com RL e R	4	1,42	3,97	2,81
	Associação de O com G	6	6,85	19,16	0,87

Quadro 13 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com as classes de solos

Nota: 1-Classes de solos= L Latossolo, C Cambissolo, RL Neossolo Litólico, R Rochas, O Organossolo e G Gleissolo; 2-Tp= total de processos em cada classe de solo; 3-Concentração de Processos em cada classe de solo /km².

A característica do relevo aqui analisada foi a declividade, que é importante para este trabalho, uma vez que há forte correlação entre a declividade e a frequência de processos nas encostas (FERNANDES; ALMEIDA, 1998).

Entre 1980-1989, a maior concentração de processos ocorreu na classe de declividade >30%, com um valor de CP igual a 3,65 processos/km², sendo que o processo ocorrido nesta classe de declividade foi o escorregamento, que resultou em dez mortes. Se somados os números de processos identificados nas declividades entre 0-20%, obtêm-se um valor superior ao valor CP resultante nas declividades acima de 30%. No entanto, como a área ocupada por esta última é menor, obviamente, nela há maior concentração de processos, bem como as consequências dos mesmos são mais graves que nas demais áreas. Nas áreas mais planas, que correspondem a valores entre 0-6%, onde se desenvolvem os Latossolos, constatou-se uma CP de 0,46 /km², o baixo da década de 1980. Relacionam-se a esses terrenos, com o intervalo de declividade mencionado acima, com as áreas mais antigas de ocupação da bacia. Esses valores de

declividade também são encontrados nas planícies de inundação, que também justificam o CP menor, pois as planícies na década discutida ainda não haviam sido ocupadas por moradias, fazendo, assim, com que pouco ou nenhum processo fosse registrado nelas.

Na década seguinte, a qual concentrou o maior número de ocorrências no intervalo de tempo estudado, o valor de CP também foi registrado em declividades acima de 30%. Neste ano o CP chegou a 6,0 processos/km². O menor valor foi 0,56/km² na classe 0-6%, que pode ser explicado pelo fato da urbanização ter acontecido inicialmente e preferencialmente em locais com baixas declividades. Com isso, nas áreas de ocupação mais antigas, foram tomadas ações que reduziram o número de processos.

Comparando os valores de CP de cada classe de declividade, das décadas de 1980 e 1990, constata-se que houve aumento, ou seja, a concentração de processos aumentou em todos os intervalos de declividade e, associado às demais informações obtidas neste trabalho, indicam que houve a ocupação de áreas, onde antes existia vegetação natural.

Entre 2000-2009, o valor de CP foi mais elevado na classe 12-20%, com um CP de 2,50/km². O segundo maior índice CP foi registrado na classe >30%.

Comparando os valores dos três recortes temporais, verifica-se que o número CP na classe 0-6% aumentou, passando de 0,42/km² em 1980, para 0,56/km² em 1990 e 0,85/km² em 2000. Conforme as análises realizadas, comprovou-se que esse aumento se deve a ocorrência de solapamentos e inundações, acontecem nas planícies de inundação.

Período	Classes de declividade	Tp ¹	Área (km ²)	Área (%)	² CP/km ²
1980-1989	0-6%	6	14,05	39,29	0,42
	6-12%	15	11,49	32,13	1,30
	12-20%	9	7,60	21,25	1,18
	20-30%	1	1,80	5,04	0,55
	>30%	3	0,82	2,29	3,65
1990-1999	0-6%	8	14,05	39,29	0,56
	6-12%	14	11,49	32,13	1,21
	12-20%	21	7,60	21,25	2,76
	20-30%	3	1,80	5,04	1,66
	>30%	5	0,82	2,29	6,0
2000-2009	0-6%	12	14,05	39,29	0,85
	6-12%	13	11,49	32,13	1,13
	12-20%	19	7,60	21,25	2,50
	20-30%	1	1,80	5,04	0,55
	>30%	1	0,82	2,29	1,21

Quadro 14 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com a declividade

Nota: Tp¹= total de processos; ²CP = concentração de processos/km².

Em relação às classes específicas de uso da terra, na vegetação campestre, típica da região, houvera as maiores concentrações de processos na década de 1980 e 1990, com os respectivos valores: 1,74/km² e 2,42/km². Destaca-se que em 1980 havia treze processos em áreas campestres, já em 1990, cinco, porém a área total ocupada por este tipo de vegetação diminuiu 5,37 km² em quinze anos, aumentando o valor de CP. Já em 2000, a maior concentração foi verificada nas áreas de cultivo (2,18/km²), enquadrando-se na mesma situação da classe anterior. A classe urbanizada ocupou o segundo maior índice CP, com 1,40/km² em 1980 e 1,65/km² em 2000. Somente em 1990 esta classe ficou em terceiro lugar, com 2,09/km².

Cabe aqui fazer uma ressalva com relação à aplicação da equação, nesses temas de estudo. A equação CP mostrou-se relevante para estimar a concentração de processos em determinadas áreas, durante certo tempo. Porém, há que se considerar que a sua interpretação deve ser cautelosa, pois, ela informa onde há maior número de processos pelo fator área, aqui representado por km², e não onde existe maior número real de processos. Assim, observando o quadro 19, constata-se que a classe que apresentou maior número total de processos foi a urbanizada com 14, 25 e 24 processos nas décadas de 1980, 1990 e 2000. Porém, como esta possuía as maiores áreas nas duas últimas décadas citadas, não apresentou uma concentração alta. O contrário, portanto aconteceu com as classes que apresentavam as menores áreas.

Período	Classes de Uso da Terra ¹	Tp ²	Área (km ²)	Área (%)	³ CP/km ²
1980-1989	Mata	1	3,20	8,95	0,31
	Campo	13	7,43	20,78	1,74
	Áreas úmidas	0	1,95	5,45	-----
	Urbanizada	14	9,93	27,77	1,40
	Mineração	0	0,22	0,62	-----
	Cultivo	3	3,75	10,48	0,8
	Reflorestamento	3	9,28	25,95	0,32
	Lagos	0	-----	-----	-----
1990-1999	Mata	4	2,74	7,66	1,45
	Campo	5	2,06	5,76	2,42
	Áreas úmidas	1	2,67	7,47	0,37
	Urbanizada	25	12,24	34,23	2,04
	Mineração	0	0,07	0,20	-----
	Cultivo	11	5,25	14,68	2,09
	Reflorestamento	5	10,71	29,95	0,46
	Lagos	0	0,02	0,05	-----
2000-2009	Mata	1	2,74	7,66	0,36
	Campo	2	2,79	7,80	0,71
	Áreas úmidas	1	2,23	6,24	0,44
	Urbanizada	24	14,54	40,66	1,65
	Mineração	0	-----	-----	-----
	Cultivo	16	7,32	20,47	2,18
	Reflorestamento	2	6,12	17,11	0,32
	Lagos	0	0,02	0,06	-----

Quadro 15 – Concentração de processos geomorfológicos na bacia do Arroio da Ronda e sua distribuição de acordo com a classe específica de uso da terra

8.1.1 Evolução do uso da terra em áreas urbanas: a dinâmica das áreas de risco

A combinação dos componentes do meio físico com o uso da terra, muitas vezes, desencadeia processos geomorfológicos, colocando em risco a população residente em uma determinada área ou em seu entorno. Neste trabalho, entende-se área de risco como “área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, UFSC e CEPED, 2004, p. 11).

O risco pode ser entendido como a possibilidade de ocorrência de um acidente, sendo este último a possibilidade de ocorrência de processos que causem consequências ao homem ou a suas propriedades, podendo ser expresso pela Equação 3 (CERRI, 1999):

$$R = P \times C$$

$$\text{RISCO} = \text{Possibilidade de ocorrência de um acidente} \times \text{Consequências}$$

Equação 3 – Definição de risco

A partir das definições estudadas e consultas a trabalhos que abordavam a temática (MELO; GODOY, 1997, MEDEIROS, 2000, KOSSOVISKI, 2002 e MENEGUZZO, 2004), constata-se que na bacia do Arroio da Ronda existem várias áreas de riscos geoambientais, pois ainda há ocupações em locais com litologia arenosa, declividades acentuadas, solos rasos e uso da terra inadequado para locais com essas características, como retirada da vegetação.

Quando dos levantamentos feitos no Jornal da Manhã entre os anos de 1980 e 2008, verificou-se que, no período entre 1980 até meados da década de 1990, não se falava em áreas de riscos geoambientais. Neste intervalo, apenas eram mencionados os processos geomorfológicos ocorridos em Ponta Grossa. Foi na metade da década de 1990 que a questão veio à tona, pois muitas dessas áreas estavam próximas ao centro da cidade, como é o caso de algumas áreas de risco situadas na bacia do Arroio da Ronda.

A partir da análise do quadro 15, pôde-se constatar que na medida em que se deu o avanço da urbanização entre 1980 e 2009, e conseqüente redução de áreas com vegetação natural, a concentração de processos aumentou em relação ao primeiro intervalo de tempo, passando de 0,95/ km² em 1980, para 1,42/ km² em 1990 e 1,28/ km² em 2009. O número de processos, portanto, também aumentou, sendo a década de

1990 a que mais registrou ocorrências, sobretudo na área urbanizada, o que colocou em risco a vida de muitas pessoas.

Não existe, ainda, um consenso em Ponta Grossa sobre a definição de áreas de risco, sendo que a PMPG afirma que as áreas de risco são aquelas que foram ocupadas irregularmente, como terrenos com declividades acima de 30%, ou terrenos alagadiços, por exemplo (PMPG, 2006). A instituição citada, ainda considera como de risco, áreas próximas a linhas de energia elétrica de alta tensão e proximidades de linhas férreas. Terrenos particulares, ocupados de forma irregular também entram nesta definição. Portanto, não se pode determinar que as áreas de risco correspondam às de ocupações irregulares. É comum que muitas áreas de risco sejam ocupações irregulares, mas não é regra geral. No Plano Diretor de Ponta Grossa do ano de 2006, foram apresentadas as áreas de ocupação irregular, as quais segundo essa instituição correspondem às áreas de risco (Figura 22).

O trabalho produzido por Medeiros (2000) trouxe um mapa das áreas de risco existentes em Ponta Grossa no ano 2000 (Figura 23). Esse documento foi confeccionado através do cruzamento de informações relativas a características naturais (litologia, relevo, etc) e ocupação humana. Até o presente momento este é o único documento onde estas áreas foram representadas, porém, necessita de uma atualização, pois as informações foram coletadas há quase dez anos.

Como o objetivo máximo desse trabalho não era mapear as áreas de risco geoambientais, e sim percorrê-las com a meta de entrevistar moradores sobre a ocorrência de processos geomorfológicos em décadas passadas, teve-se como ponto de partida para os trabalhos de campo, as figuras 22 e 23, onde constam as áreas de risco da cidade. Contudo, ressalta-se que as áreas onde são consideradas de risco pela PMPG onde havia somente ocupação irregular, situadas em áreas com urbanização consolidada há mais de 40 anos, não foram feitas entrevistas.

A realização destas mostrou-se de grande valia para este trabalho, pois foi através delas que muitos processos foram conhecidos, bem como as características locais, data de ocorrência dos processos e também as perdas e/ou danos causados.

Assim foram feitas 33 entrevistas em diferentes bairros da bacia, as quais revelaram que 38% dos entrevistados residiam em áreas consideradas de risco, entre 5 a 15 anos (Gráfico 3A). Do total de pessoas entrevistadas, 63% revelaram que já haviam ocorrido processos geomorfológicos, desde que residem no local (Gráfico 3B). A

população entrevistada afirmou que a causa da ocorrência dos processos era a chuva (Gráfico 3E), o que em parte é verdadeiro, pois como afirmam Augusto Filho e Virgili (1998) os escorregamentos são condicionados às características climáticas, sendo que as chuvas constituem-se em fator deflagrador desses movimentos de massa, porém outros, já comentados, também são importantes.

Além dos escorregamentos, outros processos são deflagrados pelas chuvas, como os sulcos, as ravinas - que são erosões lineares, os solapamentos de margens com conseqüentes desmoronamentos e as inundações.

No Apêndice B pode-se consultar o total de precipitação acumulada que antecedeu muitos processos aqui tratados, o que corrobora a afirmação de que as chuvas deflagram os processos.

Em decorrência destes, 53% dos processos (Gráfico 3C) causaram várias conseqüências (perdas e danos), sendo registradas, entre elas, perdas de móveis e roupas e mortes (Gráfico 3D), quando de uma inundação. Outras perdas/danos foram citadas, como a destruição de uma casa, danos a infra-estrutura das edificações e danos a integridade física de moradores.

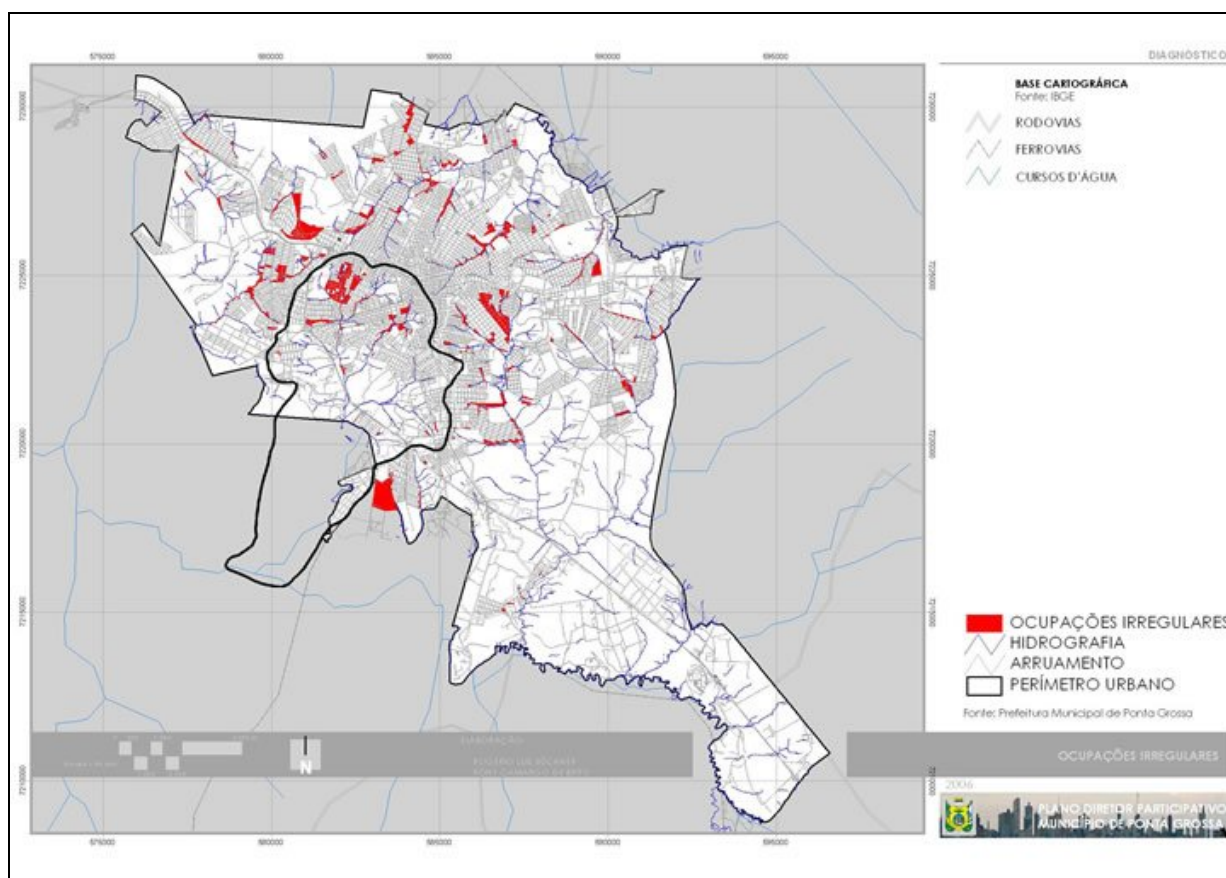


Figura 22 – Ocupações irregulares na cidade de Ponta Grossa, com destaque para a bacia do Arroio da Ronda.

Fonte: PMPG (2006)

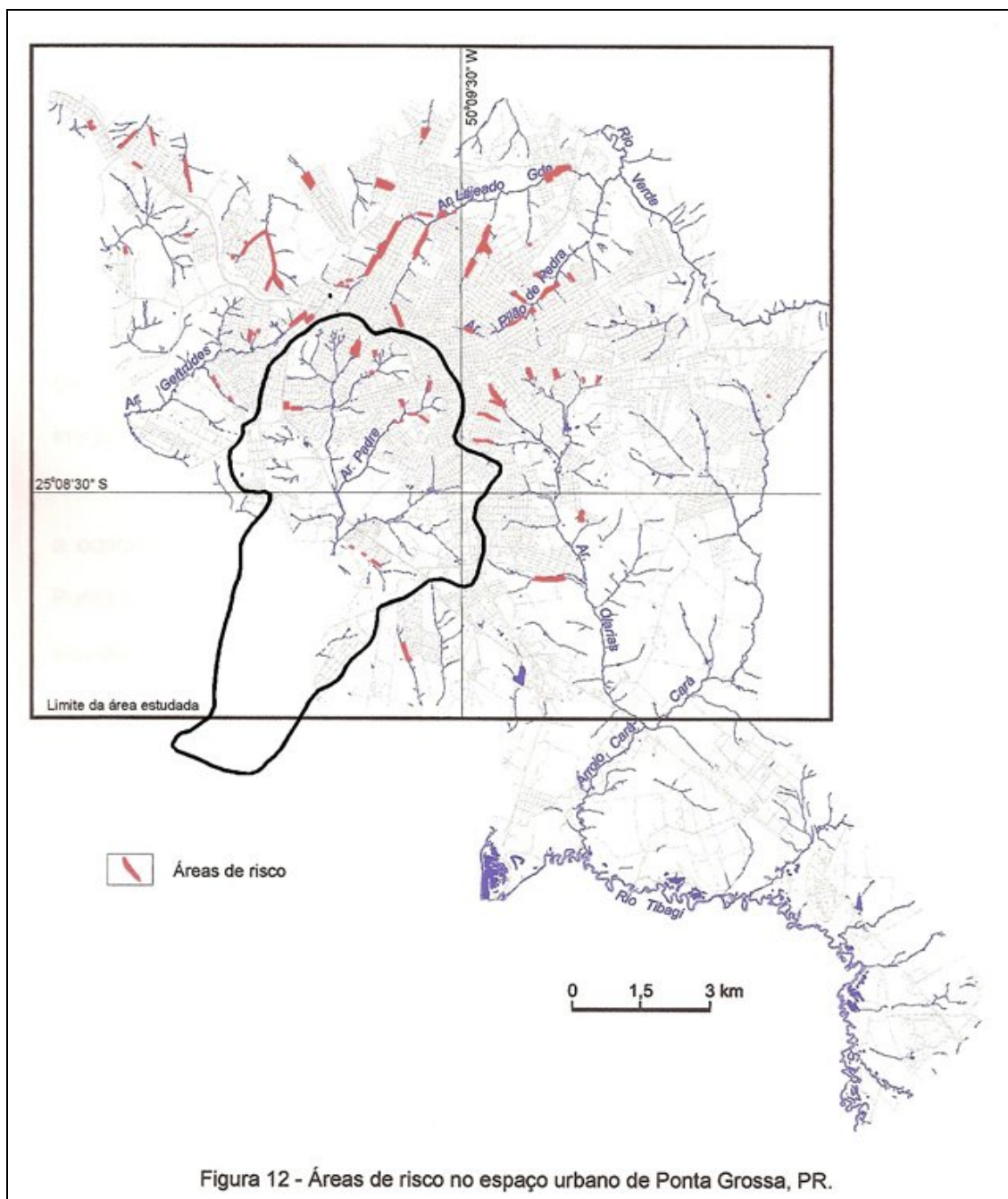


Figura 23 – Áreas de risco na cidade de Ponta Grossa com destaque para a bacia do Arroio da Ronda (MEDEIROS, 2000)

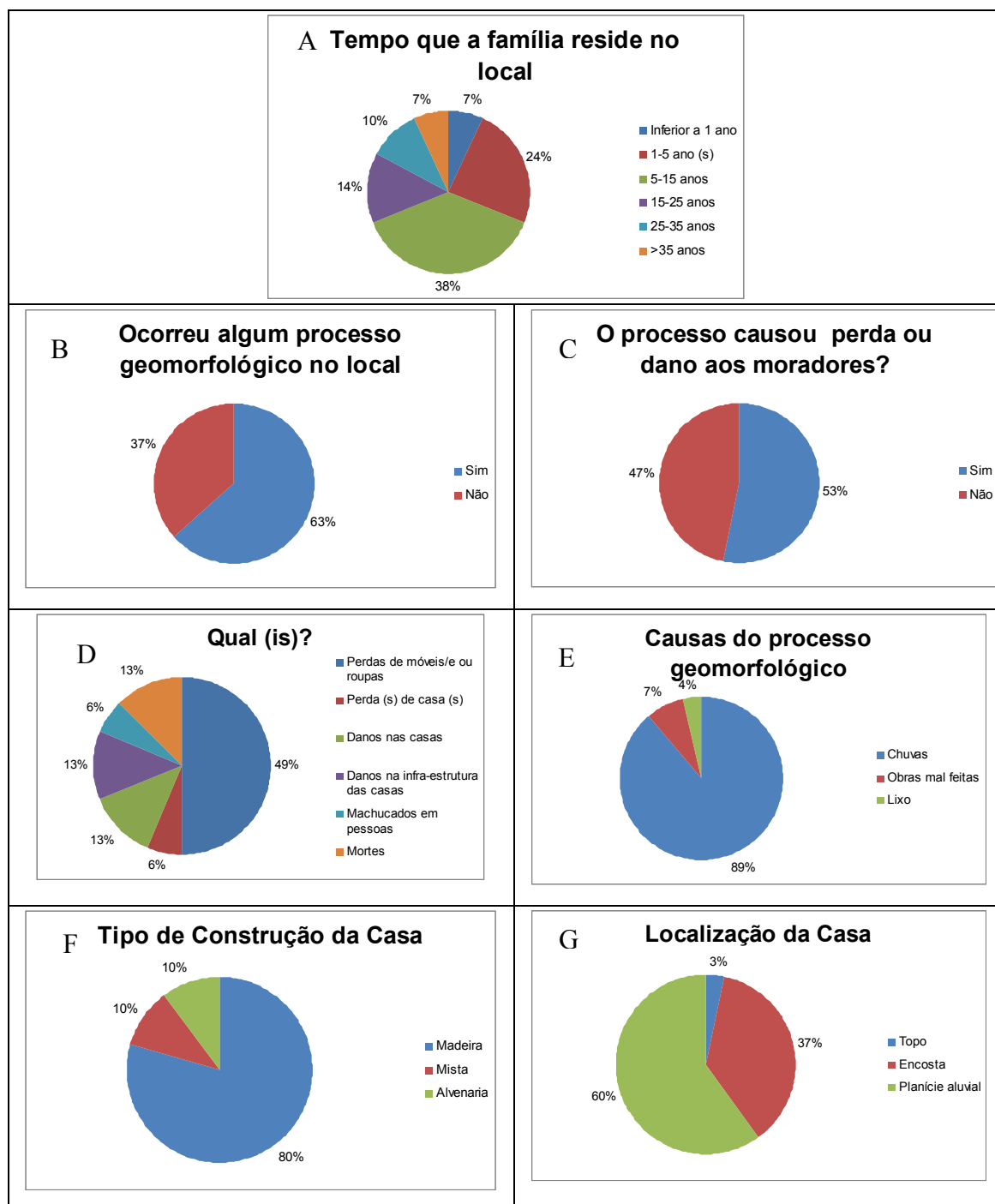


Gráfico 3 – Resultados das entrevistas realizadas

3 A – Tempo em que a família reside no local; 3B – Conhecimento sobre a ocorrência de processos geomorfológico no local; 3C – Perdas e danos causados pelos processos; 3D – Quais as perdas e danos causadas pela ocorrência dos processos; 3E – Causas dos processos apontadas pelos moradores; 3F – Material de construção das casas; 3G – Compartimento do relevo onde a casa estava situada.

Conforme salientam Almeida e Freitas (1996), nos espaços urbanos, o principal uso da terra encontrado são as áreas urbanizadas, caracterizadas pela concentração de áreas construídas, ocupadas por residências, indústrias e comércios, onde há disponibilidade e concentração de infra-estrutura básica, equipamentos de utilidade pública. Entretanto, nem todas as necessidades básicas da população são sanadas, pois através das entrevistas verificou-se que 6 pessoas possuíam rede de esgoto. Contudo, como estas casas situam-se na maioria em áreas de ocupação irregular, tais necessidades não são atendidas, mesmo porque, conforme o local, não há possibilidades de realizar nenhuma obra sem que se remova a população do local.

Outra característica do espaço urbano mencionada pelos referidos autores é que nesses espaços existem áreas construídas, ocupadas por casas ou atividades comerciais. Porém, como trata-se de um espaço produzido dentro de um modo de produção capitalista, onde há divisão de classes, as quais se refletem no espaço, os melhores terrenos são ocupados primeiramente pela classe mais abastada, restando para os menos favorecidos a opção de invadir terrenos, ou residir em áreas de risco, *“La población pobre o destituida obligatoriamente se ubica en las tierras de menor valor, las cuales ineblemente son las más inseguras desde la perspectiva ambiental”*⁶.

Sendo assim, a maioria dos entrevistados (60%), havia construído suas casas em planícies de inundação (Gráfico 3G), 37% em encostas, as quais em muitos casos tinham declividades >30%, infringindo a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (Lei nº 6766/79), por exemplo.

Além da construção de moradias em locais inadequados, as casas construídas são na maioria de madeira (80%) (Gráfico 3F), sem estruturas adequadas às condições topográficas. Isso deixa as populações residentes nesses locais ainda mais vulneráveis, pois as casas não apresentam alicerces bem estruturados, adequados às características do local.

Porém, mesmo vivendo nessas condições, dois entrevistados ainda tentavam medidas paliativas para conter os movimentos de massa ocorridos no quintal de suas casas. A medida era a colocação de sacos de areia para evitar que o material seja movimentado em dias de chuvas intensas.

⁶ A população pobre ou destituída obrigatoriamente se localiza nas terras de menor valor, as quais inevitavelmente são as mais inseguras segundo a perspectiva ambiental (DE CASTRO, 2000, tradução nossa)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia do Arroio da Ronda durante o intervalo de tempo analisado que totalizou 29 anos, apresentou mudanças nas formas de uso da terra, indicando um uso mais intenso da bacia, assim como maior exposição dos solos a processos geomorfológicos.

Nos anos analisados houve o aumento das áreas urbanizadas e também das áreas cultivadas, as quais foram acompanhadas pela diminuição da vegetação natural. Juntamente com o crescimento das classes de uso da terra mencionadas, houve também o aumento da concentração de processos, pois na década de 1980 o valor CP era de $0,95/\text{km}^2$, em 1990 de $1,42/\text{km}^2$ e em 2000 de $1,28/\text{km}^2$. Essas colocações indicam que as mudanças nas formas de uso da terra favoreceram o aumento dos processos geomorfológicos. Além disso, a CP também cresceu no perímetro urbano, se comparada com 1980, passando de $1,13/\text{km}^2$ para $1,73/\text{km}^2$ e $1,53/\text{km}^2$. Na área rural houve o aumento da CP de 1980 para 1990, mantendo-se estável em 2000.

A existência e aumento dos processos geomorfológicos, conjugados com a litologia, declividade, declividade, classes de solos e uso da terra, acabaram por culminar no surgimento de áreas de riscos geoambientais. Nessas áreas, foram registradas várias perdas materiais, como casas, móveis, cercas, etc. Entretanto, vidas humanas também foram perdidas, quando da ocorrência de escorregamentos e de inundações, fato pouco noticiado e que acabou se apagando da memória dos pontagrossenses com o passar dos anos. Porém, essas não podem nem devem ser esquecidas, ao contrário, devem servir de exemplo para tomada de decisões por parte do poder público local e também para a população que ainda aventura-se em construir suas casas nessas áreas.

A partir dos mapas de uso da terra elaborados, algumas constatações foram produzidas referentes à evolução do uso da terra.

No que se refere às áreas urbanas, as frentes de expansão ocorreram nas porções S, NW, W e SE, continuando sobretudo nos divisores mais planos, porém terrenos mais declivosos também passaram a ser ocupados gradativamente, os quais situam-se nas proximidades do centro da cidade de Ponta Grossa.

Nas áreas rurais foram encontradas algumas condições peculiares. Nas áreas onde ocorre o cultivo temporário, as declividades são mais suavizadas e práticas

agrícolas que visam conservar e proteger o solo de processos geomorfológicos são realizadas. Assim, essa combinação contribui para que, em tais áreas não sejam encontradas erosões do tipo linear. Nesta classe, e nos reflorestamentos, os quais são típicos de área rural, os processos verificados foram somente os *pipings* associados a colapsos. Já nas áreas urbanizadas vários processos foram identificados, sendo: sulcos, ravinas, escorregamentos, solapamentos de margem com conseqüentes desmoronamentos e inundações.

Destaca-se também que o uso da terra não é o único fator que interfere na ocorrência de processos. Assim foram verificadas as frequências de processos de acordo com a litologia, declividade, solos e classes específicas de uso da terra. Considerando a litologia, os processos geomorfológicos eram mais frequentes e concentrados nas rochas sedimentares do Grupo Itararé, o qual ocupa a maior parte da bacia. Nos solos a maior concentração de processos em 1980 foi nos Latossolos, sendo que nas décadas seguintes ocorreu nas associações de Cambissolo, Neossolo Litólico e rochas. No que se refere as declividades, estas estão associadas aos solos, pois o maior índice CP foi encontrado nas áreas com declividade $>30\%$, onde desenvolvem-se solos mais rasos, como os Cambissolos, Neossolos Litólicos e até mesmo rochas.

A aplicação da equação CP mostrou-se importante para o avanço dos conhecimentos sobre a cidade de Ponta Grossa, pois assim, teve-se o número de processos ocorridos, onde houve a maior concentração o que pôde ser relacionado com a evolução do uso da terra. No entanto, destaca-se que, essa equação e seus resultados devem ser bem entendidos, para que não haja interpretações errôneas, pois em certos casos valores de CP altos podem ser resultantes de poucos processos ocorridos em áreas pequenas, o que não necessariamente indica o maior número de processos, naquela área, ou seja, pode-se ter muitos processos ocorridos em uma classe de um CP mais baixo.

O trabalho aqui realizado foi concluído considerando que as análises realizadas podem contribuir para o melhor conhecimento da dinâmica têmporo-espacial da bacia do Arroio da Ronda, bem como, para compreender a sua influência nos processos geomorfológicos. Este trabalho, também pode ser uma contribuição para as tomadas de decisões sobre a dinâmica espacial da bacia, considerando ações de gestão e planejamento urbanos e/ou regionais.

Destaca-se ainda que apesar de finalizada, essa pesquisa corresponde a uma etapa ainda inicial dos conhecimentos acerca da bacia do Arroio da Ronda, sendo que a

partir desta, demais estudos podem ser realizados, visando subsidiar ações de planejamento e gestão, bem como conhecer melhor os mecanismos que deflagram os processos geomorfológicos, como por exemplo, a realização de análises dos solos onde estes ocorrem, principalmente no que se refere aos *pipings* associados a colapsos.

9 REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, M. de N. B. A emergência de uma nova ruralidade nas sociedades modernas avançadas – o “rural” como espaço singular e ator coletivo. **Revista Estudos: sociedade e agricultura**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 87 – 137, out. 2000.
- AGUIAR NETO, A.; LOPES JUNIOR, I. **Mapa Geológico**. Curitiba: DNPM - BADEP - UFPR, 1977. 1 mapa: color.; 55 x 50cm. Escala 1:50. 000.
- ALMEIDA, M. C. J.; FREITAS, C. G. L. de. Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2, 1996, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ABGE/EESC, 1996. p. 195-200.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA P. R. A. *Piping* em área de voçorocamento, noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, p. 09 – 18, 2006. Disponível em: < <http://www.ugb.org.br/index.php?pg=artigos-php>.> Acesso em : 23 jun. 2008.
- AUGUSTO FILHO, O. Escorregamentos em encostas naturais ocupadas: análise e controle. In: BITAR, O.Y. *et al.* (Coord.) (1995. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT. 1995. cap. 3.4. p. 77 – 100.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. Estabilidade de taludes. In: Oliveira, A. M. S.: BRITO, S. N. A . (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998, p. 243-269.
- BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.
- BIGARELLA, J. J. **Estruturas e origens das paisagens tropicais e subtropicais**: processos erosivos, vertentes, movimentos de massa, atividade endógena, superfície de erosão, compartimentação do relevo, depósitos correlativos e ambientes fluviais. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003. v. 3. p. 1436.
- BRASIL. Decreto- lei n. 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Estabelece critérios sobre o parcelamento do solo urbano. Disponível em: <<http://www.soleis.adv.br/parcelamentosolourbano.htm>> Acesso em: 20 de outubro de 2001.
- CAPRA, F. **A Teia da Vida**. São Paulo: Cultrix, 1996. 259 p.
- CARVALHO, E. T. de; PRANDINI, F. L. Áreas urbanas In: Oliveira, A. M. S.: BRITO, S. N. A . (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998, p. 487-497.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. Ed. São Paulo: Contexto, 1995. 147 p.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O. e DO RIO, G. A. P. Riscos ambientais: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)**, Rio de Janeiro, v. 28 -2, p. 11 – 30, 2005.

CERRI, L. E. S. RISCO GEOLÓGICOS URBANOS. In: CAMPOS, H.; CHASSOT, A. **Ciências da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter)ações no Planeta**. São Leopoldo: Unisinos, 1999. p.133-146.

CHRISTOFOLETTI, A. Aspectos da análise sistêmica em Geografia. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 3, n. 6, p. 01-31, out. 1978.

_____. A aplicação da abordagem sistêmica na Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 21 – 35, abr./jun. 1990.

_____. Análise de sistemas em Geografia. São Paulo: Hucitec, 1979. 106 p.

_____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Bluncher, 1999. 236 p.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas dinâmicos: As abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 153-192.

CIGOLINI, A; MELLO, L.; LOPES, N.. **Paraná: quadro natural, transformações territoriais e economia**. Curitiba: Renascer, 1998. 128 p.

CODEM. **Plano de Desenvolvimento de Ponta Grossa**. Ponta Grossa: CODEM, v. I, 1967.

CORRÊA, R. L. **Trajetórias geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 304 p.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 6, p. 42 – 59, 1991.

DE CASTRO, S. D. A. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. **Scripta Nova**, Barcelona, n. 60, marz. 2000. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm> Acesso em: 30 jun. 2007.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). Ponta Grossa (*Paraná*). Rio de Janeiro. DSG, 1960. 1 mapa: color.; 50 x 55 cm. Escala 1: 50.000.

FASOLO, P. J. et al. **Guia para identificação dos principais solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1986. 71 p.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. cap.3. p. 123-194.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2001. p. 149-209.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. cap. 1. p. 17 – 55.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652 p.

INFANTI JR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos da dinâmica superficial. In: Oliveira, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998, p. 131-152.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 91 p. Disponível em <www.ibge.gov.br> Acesso em: 05 maio 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – (IBGE). **IBGE Cidades@**. Disponível em <www.ibge.gov.br> Acesso em: 16 junho 2007

INSTITUTO DE TERRAS E CARTOGRAFIA (ITC) (PARANÁ). Projeto Paraná: foto aérea. Escala 1: 25:000. Ponta Grossa, Fx 73 III - 75 III, 1980.

JORNAL DA MANHÃ. **Temporal destrói casa e faz uma vítima fatal**. Ponta Grossa, p. 24, 20 maio 1983.

JORNAL DA MANHÃ. **Sexta-feira traiçoeira: nove mortos no vendaval**. Ponta Grossa, p. 24, 20 maio 1983.

JORNAL DA MANHÃ. **Ruas do Bairro da Ronda estão tomadas pelo mato**. Ponta Grossa, p. 05, 1 fev. 1984.

JORNAL DA MANHÃ. **Parte da pista da Prefeitura acaba cedendo com a chuva**. Ponta Grossa, p. 05, 17 jan. 1995.

JORNAL DA MANHÃ. **Cidade agoniza debaixo de chuva**. Ponta Grossa, p. 01, 1 agos. 1998.

KOSSOVSKI, E. L. **Metodologia para definição e mapeamento das áreas de risco geoambiental no espaço urbano de Ponta Grossa-PR**. Ponta Grossa, 2002. 54 f. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2002.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 178 p.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas**: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais. Florianópolis: Editora UFSC, 1984. 78 p.

LÖWEN-SAHR, C. L. Estrutura interna e dinâmica social na cidade de Ponta Grossa. In: DITZEL, C. de H.M.; SAHAR, C. L. L. **Espaço e Cultura**: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: UEPG, 2001. p. 13 - 36.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MAY, T. **Pesquisa social**: questões, métodos e processos. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 190 p.

MEDEIROS, C. V. **Processos erosivos no espaço urbano de Ponta Grossa-PR**. Ponta Grossa, 2000. 63 f. Monografia (Bacharelado em Geografia), Setor de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MEDEIROS, C. V.; MELO, M. S. Processos Erosivos no espaço urbano de Ponta Grossa. In: DITZEL, C. de H.M.; SAHAR, C. L. L. **Espaço e Cultura**: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa : UEPG, 2001. p. 109-121.

MELO, M. S.; GODOY, L. C. Geologia, geomorfologia e riscos geológicos na bacia do Arroio Olarias, Ponta Grossa, PR. **Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, v. 3, n. 1, p. 33-59, 1997.

MENEGUZZO, P. M. **Riscos Geoambientais nas diferentes Unidades Geológicas do Espaço Urbano de Ponta Grossa (PR)**. 2004, 83 f. Monografia (Graduação em Bacharelado em Geografia) - UEPG, Ponta Grossa, 2004.

MENEGUZZO, P. M.; MELO, M. S. de. Análise dos fatores condicionantes dos riscos geoambientais no espaço urbano de Ponta Grossa - PR. In: ENCONTRO DE PESQUISA DA UEPG, 4., 2004, Ponta Grossa. **Relação de trabalhos**. Ponta Grossa: UEPG, 2004. 1 CD-ROM.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Treinamento de Técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamento, enchentes e inundações no estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 2004.

NUCLEAM - NÚCLEO DE ESTUDOS EM MEIO AMBIENTE. **Relatório de Geologia e Geomorfologia do Parque Estadual de Vila Velha**. Ponta Grossa, 2002.

OLIVEIRA, J. T. de. et al. Evolução do uso da terra em uma bacia de captação de água do sudoeste da Bahia. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 33, n. 1, p. 141 – 155, jan./abr. 2008.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. cap.2. p. 59-122.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T. A. Queiroz: Editora da USP, 1983. 631 p.

PONÇANO, W. L.; KERTZMAN, F. F.; SALOMÃO, F. X. T. Fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos no desenvolvimento de boçorocas na bacia do Peixe-Paranapanema (SP). **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 97 -106, dez.1989.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA (PMPG). **Plano Diretor Participativo de Ponta Grossa**, PMPG, 2006. Disponível em: <www.pontagrossa.pr.gov.br> Acesso em: 27 de setembro de 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA (PMPG). **Lei de parcelamebto do solo urbano**. Disponível em:<http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/forpgs/form_vig.pl> Acesso em: 27 de setembro de 2007.

PRIETO, et al. Elaboração da Carta de Hemerobia para a bacia hidrográfica do Arroio da Ronda, Ponta Grossa-PR. In: Águas Urbanas, 1., 2007, Londrina. **Anais ...** Londrina: UEL, 2007. 1 CD ROOM.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001, cap. 10. 191-246 p.

RIDENTE JR. J. L. **Prevenção e controle da erosão urbana**: bacia do Córrego do Limoeiro e bacia do Córrego do Cedro, Municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP. Rio Claro, 2000. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia** da FFLCH (USP), São Paulo, n. 8, p. 63 -71, 1994.

SÁ, M. F. M. Os Solos dos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio Natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007. cap. 6. 73-83.

SANTOS et al. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n.1, p. 03–12, 2006. Disponível em: <<http://www.ugb.org.br/index.php?pg=artigos-php>> Acesso em : 23 jun. 2008.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil**: território e sociedade no início do século XXI. 8. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004. 473 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SCHNEIDER et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SGB, 1974. p. 41-65.

SECRETARIA DE ESTADO E DESENVOLVIMENTO URBANO DO PARANÁ (SEDU/PARANACIDADE). Projeto: foto aérea. Escala 1: 8.000. Ponta Grossa, Fx 05 - 11, n. 34, 1995.

SILVEIRA, R. L. **Cidade, corporação e periferia urbana**. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2003. 242 p.

SOARES, O. Geologia. 1979. In: REQUIÃO, R., Ponta Grossa – História, Tradições, Geologia, Riquezas. Ponta Grossa: Requião e Cia., 1975, p. 87-92.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física**. Tradução: GUILLÓ, A. M. e ALBERT, J. F. Barcelona: Omega, 1974. 767p.

TAKEDA et al. Levantamento Florístico do Parque Municipal da Boca da Ronda (Ponta Grossa, PR). **Publicatio** UEPG – Ciências Biológicas, Ponta Grossa, v. 4, n.1, p. 49-63.

TAVARES, L. A. As fronteiras físicas do espaço rural: uma concepção normativo-demográfica. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 7, p. 33 – 46. 2003.

THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. **Aspectos climáticos de Guarapuava – PR**. Guarapuava: Ed. Unicentro, 2003, 106 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. 91 p.

APÊNDICES

**APÊNDICE – A: ROTEIRO DE ENTREVISTA COM MORADORES DA BACIA DO
ARROIO DA RONDA**

1. Há quanto tempo você e sua família residem neste local?

2. Já ocorreu algum tipo de processo geomorfológico desde que vocês residem aqui? Qual (is)?

2.1 Você tem conhecimento de algum processo geomorfológico que tenha acontecido nas proximidades de sua casa? _____

2.2 Quando e onde ocorreu?

2.3 Quais foram as causas?

3. Este processo causou alguma perda (material) ou algum dano à integridade física dos moradores? Qual (is)?

4. Infra-estrutura básica

() Luz elétrica () Coleta de lixo () Água encanada
() Canalização de esgoto () Obras de contenção de erosão
Casa () Madeira () Alvenaria () Mista

5. A casa está localizada

() Topo () Encosta () Planície aluvial

6. Processos geomorfológicos observados ou potencial para que ocorra algum processo

APÊNDICE – B: QUADRO COM AS CARACTERÍSTICAS DOS TERRENOS ONDE OCORREU CADA PROCESSO GEMORFOLÓGICO NA BACIA DO ARROIO DA RONDA E DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Identificação	Litologia	Declividade	Solos	Uso da Terra	Precipitação acumulada (último mês)	Precipitação acumulada (últimos 3 DIAS)
E1	Grupo Itararé	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	-----	-----
E2	Grupo Itararé	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	361,1 mm	128,9 mm
E3	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	361,1 mm	128,9 mm
E4	Grupo Itararé	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	291,5 mm	58,6 mm
E5	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	154,2 mm	58,6 mm
E6	Grupo Itararé	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Mata	-----	-----
E7	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	410,6 mm	13 mm
E8	Grupo Itararé/	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Mata	-----	-----
E9	Grupo Itararé	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Mata	-----	-----
E10	Transição Grupo	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo	Urbanizada	-----	-----

	Itararé/Formação Ponta Grossa Próximo de uma falha		e Rochas			
E11	Grupo Itararé/Formação Serra Geral Próximo de uma falha	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	93,1 mm	78,4 mm
E12	Grupo Itararé	20-30%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
E13	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
E14	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
E15	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
E16	Grupo Itararé	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	-----	-----
E17	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
E18	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
E19	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	180,8 mm	38,4 mm
E20	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo	Urbanizada		8,2 mm
E21	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
E22	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com	Urbanizada	-----	-----

			Cambissolo			
E23	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo		-----	-----
Su1	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
Su2	Grupo Itararé	20-30%	Associação de Cambissolo com Neossolo	Urbanizada	-----	-----
Su3	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	61,2 mm	44,1 mm
Su4	Grupo Itararé	06-12%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
Su5	Grupo Itararé	06-12%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su6	Grupo Itararé	06-12%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su7	Grupo Itararé	0-6%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su8	Grupo Itararé	0-6%	Latossolo	Urbanizada	106,4 mm	18,6 mm
Su9	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
Su10	Grupo Itararé	20-30%	Associação de Cambissolo com Neossolo	Urbanizada	-----	-----
Su11	Grupo Itararé	06-12%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su12	Grupo Itararé	0-6%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su13	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su14	Grupo Itararé	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	-----	-----
Su15	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Cambissolo com Neossolo	Urbanizada	-----	-----
Su16	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----

Su17	Grupo Itararé	0-6%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su18	Grupo Itararé	0-6%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
Su19	Grupo Itararé	20-30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rocha		-----	-----
Su20	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo		48,8 mm	4,2 mm
R1	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
R2	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	-----	-----
R3	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
R4	Grupo Itararé	6-12%	Latossolo	Urbanizada	-----	-----
S1	Sedimentos Quaternário	20-30%	Associação de Organossolo com Gleissolo	Urbanizada	-----	-----
S2	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
S3	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
S4	Grupo Itararé	12-20%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
S5	Grupo Itararé	12-20	Associação de Latossolo com Cambissolo	Urbanizada	-----	-----
S6	Sedimentos Quaternário	>30%	Associação de Cambissolo, Neossolo e Rochas	Urbanizada	144,2 mm	44,2 mm

S7	Sedimentos Quaternário	0-6%	Associação de Latossolo com Cambissolo	Mata			-----	-----
S8	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	Campo			144,0 mm	0,0 mm
S9	Sedimentos Quaternário	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	Campo			206,6 mm	57,2 mm
S10	Sedimentos Quaternário	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	Campo			-----	-----
S11	Sedimentos Quaternário	12-20	Associação de Organossolo com Gleissolo	Campo			238,2 mm	36,8 mm
P1	Grupo Itararé	6-12	Latossolo	1980 C ¹	1995 CU ²	2004 CU	-----	-----
P2	Grupo Itararé	0-6%	Latossolo	C	CU	CU	-----	-----
P3	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo	C	CU	CU	-----	-----
P4	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo	C	CU	CU	-----	-----
P5	Grupo Itararé	6-12%	Latossolo	C	CU	CU	-----	-----
P6	Grupo Itararé	6-12%	Latossolo	C	CU	CU	-----	-----
P7	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo	C	CU	CU	-----	-----
P8	Grupo Itararé	6-12%	Latossolo	C	CU	CU	-----	-----
P9	Grupo Itararé	0-6%	Latossolo	CU	CU	R ³	-----	-----
P10	Grupo Itararé	12-20%	Latossolo	CU	CU	R	-----	-----
P11	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	C	C	CU	-----	-----
P12	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	C	C	CU	-----	-----
P13	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	R	C	CU	-----	-----
P14	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	C	C	CU	-----	-----
P15	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	C	CU	C	-----	-----
P16	Formação	6-12%	Latossolo	C	R	CU	-----	-----

	Ponta Grossa							
P17	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	C	R	CU	-----	-----
P18	Formação Ponta Grossa	0-6%	Latossolo	CU	R	CU	-----	-----
P19	Formação Ponta Grossa	6-12%	Latossolo	R	R	CU	-----	-----
I1	Sedimentos Quaternários	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	1980 C	1995 U ⁴	2004 U	-----	-----
I2	Sedimentos Quaternários	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	Campo			-----	-----
I3	Sedimentos Quaternários	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	1980 U	1995 U	2004 -----	-----	-----
I4	Sedimentos Quaternários	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	Urbanizada			-----	-----
I5	Sedimentos Quaternários	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	Áreas úmidas			-----	-----
I6	Sedimentos Quaternários	0-6%	Associação de Organossolo com Gleissolo	Campo			-----	-----

NOTA: C¹ – Campo; CU² – Cultivo; R³ - Reflorestamento; U⁴ - Urbanizada;

APÊNDICE C: FICHAS COM INFORMAÇÕES COLETADAS EM CAMPO A RESPEITO DOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS

Processo: <i>Piping 2</i> Coordenadas: <u>5881112/ 7220579</u> Rua: _____ Bairro: <u>Exército</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: <u>829 metros p2</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 0,80 metros Profundidade: 1,30 metros Comprimento: 40 metros Forma: canal longo, que sofre leve abatimento, com vegetação em seu interior e com água; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: Coesão: Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Vermelho Material movimentado:	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizado no meio de uma plantação de soja; Canalizações: Não Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Sim. No interior da feição de desabamento há água.
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES Com água no interior da área que sofreu colapso. Lamina de água com 8 cm. Há ainda no interior do colapso dois canais subterrâneos.	

Processo: <i>Piping</i> 3 (P3) Coordenadas: <u>581306/ 7220465</u> Rua: _____ Bairro: <u>Exército</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: <u>815 metros</u>			
DADOS DA EROÇÃO Largura: 1,50 metros Profundidade: 1,80 metros Comprimento: 11,90 metros Forma: canal longo; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: Coesão: Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Vermelho Material movimentado:	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizado no meio de uma plantação de soja; Canalizações: Não Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Sim. No interior da feição de desabamento há água.
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES Com água no interior da área que sofreu colapso.	

Processo: <i>Piping</i> associado a colapso 4 (P4) Coordenadas: <u>581312/ 7220394</u> Rua: _____ Bairro: <u>Exército</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: <u>823 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 2,00 metros Profundidade: 3,00 metros Comprimento: 32 metros Forma: canal longo, por onde escoava água. Ao longo do canal ocorreram 3 abatimentos; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Sim	MATERIAIS Textura: Argilosa com grande quantidade de matéria orgânica Horizontes: Estrutura: Granular Resistência: Coesão: Coesos Rocha matriz: Grupo Itararé Solo: ----- Material movimentado: Sim	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizado dentro de um capão de mata, o qual está no meio de uma plantação de soja; Canalizações: Não Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Sim. No interior da feição de desabamento há água.
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES Com água no interior da área que sofreu colapso. Lamina de água com 20 cm. Há ainda no interior do colapso dois canais subterrâneos com 0,40 m de diâmetro.	A primeira feição de abatimento possui 1,30 de profundidade e largura de 2,00 m. A segunda apresenta 2,20 m de profundidade e 5 m de largura. A maior feição de desabamento possui 10 m de largura e 4,5 de profundidade.

Processo: <i>Piping</i> 5 (P5) Coordenadas: Rua: _____ Bairro: <u>Exército</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: -----			
DADOS DA EROÇÃO Largura: 2 metros Profundidade: 1,50 metros Comprimento: 15 metros Forma: canal longo, vegetação em seu interior e com água; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: Coesão: Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Material movimentado: Sim	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizado no meio de uma plantação de soja; Canalizações: Não Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Sim. No interior da feição de desabamento há água.
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES Com água no interior da área que sofreu colapso.	

Processo: <i>Piping</i> 6 (P6) Coordenadas: <u>581587/ 7220462</u> Rua: _____ Bairro: <u>Exército</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: <u>829 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 9 metros Profundidade: 3,00 metros Comprimento: 12 metros Forma: feição de abatimento, com vegetação e água em seu interior. Há materiais recentemente movimentados, indicando que o processo está em evolução; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: Argilosa com areia Horizontes: A (0,75 m de espessura); B (+ 1,55 m de espessura); C (0,70 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: Coesão: Coerente Rocha matriz: Grupo Itararé Solo: Latossolo Material movimentado: Sim	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizada no meio de uma plantação de soja; Canalizações: Não Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Sim. No interior da feição de desabamento há água.
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES Com água no interior da área que sofreu colapso. Há ainda no interior do colapso um canal subterrâneo.	

Processo: <i>Piping 7 (P7)</i> Coordenadas: <u>581572/ 7220438</u> Rua: _____ Bairro: <u>Exército</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: <u>837 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 2 metros Profundidade: 2,40 metros Comprimento: 5 metros Forma: canal longo; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: Coesão: Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Material movimentado: Sim	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizado no meio de uma plantação de soja; Canalizações: Não Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Não
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES	

Processo: <i>feição de Abatimento</i> (P8) Coordenadas: <u>581599/ 7220471</u> Rua: _____ Bairro: <u>Exército</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: <u>829 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 5 metros Profundidade: 2,00 metros Comprimento: 23 metros Forma: feição de abatimento, com vegetação em seu interior; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: ----- Horizontes: ----- Estrutura: ----- Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Solo: ----- Material movimentado: Não	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizada no meio de uma plantação de soja; Canalizações: Não Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Não
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES Não há água ou duto subterrâneo no interior do colapso. Este por sua vez, está alinhado com outros <i>pipings</i> encontrados na área. Não foi possível identificar o solo em campo, pois havia muitas folhas e gravetos.	

Processo: Piping 13 (P13) Coordenadas: 583141/ 7219722 Rua: _____ Bairro: Instituto João VIII Data: 09/12/2008

Altitude:

DADOS DA EROSÃO	MATERIAIS	USO DA TERRA	FEIÇÕES ESPECIAIS
Largura: de 1 a 8 metros Profundidade: 2 metros Comprimento: 30 metros Forma: canal longo, com maior largura próxima ao duto. Ramificações: Não Conexão c/ drenagem? Não	Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Vermelho Material movimentado: Sim	Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: O <i>piping</i> está localizado em um capão de mata que está em meio a uma plantação de aveia Canalizações: Na mesma direção do <i>piping</i> há 2 tanques recentemente construídos Rua: -----	<i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Sim. No interior do <i>piping</i> há presença de água.
POSIÇÃO NO RELEVO	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES	
Encosta superior			

Processo: <i>Piping</i> associado a colapso – (P14) Coordenadas: <u>583027/ 7219913</u> Rua: _____ Bairro: <u>Instituto João VIII</u> Data: <u>09/12/2008</u> Altitude: <u>845 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 1,50 a 8 metros Profundidade: 1,70 metros Comprimento: 9,20 metros Forma: Ovalada. Ramificações: Não Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAL Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Vermelho Material movimentado: Não	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição de desabamento está localizada em um capão de mata que está em meio a uma plantação de aveia Canalizações: Na mesma direção do <i>piping</i> há 2 tanques recentemente construídos Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Não. No interior da feição de desabamento não há água.
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES A 65 metros de distância desta, seguindo na mesma direção, há 2 <i>pipings</i> .	

Processo: <i>Piping</i> 15 (P15) Coordenadas: <u>583022/ 7220046</u> Rua: _____ Bairro: <u>Instituto João VIII</u> Data: <u>09/12/2008</u> Altitude: <u>847 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 1,40 metros Profundidade: 0,90 metros Comprimento: 8 metros Forma: canal longo, com maior largura próximo ao duto. Ramificações: Sim. Este piping está há 3 metros de distância do piping anterior. Entre os dois não houve desabamento. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Vermelho Material movimentado: Não	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizado em um capão de mata que está em meio a uma plantação de aveia Canalizações: Próximo ao piping há 2 tanques recentemente construídos Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Não. No interior da feição de desabamento não há água.
POSIÇÃO NO RELEVO Meia encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES	

Processo: *Piping* 16 (P16) Coordenadas: 583022/ 7220046 Rua: _____ Bairro: Instituto João VIII Data: 09/12/2008

Altitude: 847 metros

DADOS DA EROSÃO	MATERIAIS	USO DA TERRA	FEIÇÕES ESPECIAIS
Largura: 1,60 metros Profundidade: 1,25 metros Comprimento: 11,70 metros Forma: canal longo, com maior largura próximo ao duto. Ramificações: Sim. Próximo ao início do canal há uma feição de desabamento com 0,70 m de profundidade e largura de 0,80 m. Conexão c/ drenagem? Não	Textura: Muito argilosa Horizontes: A (0,60 m de espessura) e B (+ 1,40 m de espessura) (visíveis) Estrutura: Granular Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Formação Ponta Grossa Solo: Latossolo Vermelho Material movimentado: Sim	Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: A feição está localizado em um capão de mata que está em meio a uma plantação de aveia Canalizações: Na mesma direção da feição de desabamento há 2 tanques recentemente construídos Rua: -----	<i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Não. No interior da feição de desabamento não há água.
POSIÇÃO NO RELEVO	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES	
Meia encosta			

Processo: <i>Sulcos</i> 16 (SU16) Coordenadas: Rua: <u>São Jerônimo da Serra</u> Bairro: Santo Antônio Data: <u>10/03/2009</u> Altitude: -----			
DADOS DA EROSÃO Largura: 1 metro Profundidade: 0,84 metros Comprimento: 3 metros Forma: canal longo; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: Estrutura: Resistência: Coesão: Rocha matriz: Solo: Material movimentado:	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: Canalizações: Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático:
POSIÇÃO NO RELEVO	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES	

Processo: <i>Sulcos</i> Coordenadas: _____ Rua: <u>Gregório da Fonseca</u> Bairro: _____ Data: <u>10/03/2009</u> Altitude: -----			
DADOS DA EROSÃO Largura: 1,60 metro Profundidade: 0,85 metros Comprimento: 6 metros Forma: canal longo; Ramificações: Não. Conexão c/ drenagem? Não	MATERIAIS Textura: ----- Estrutura: ----- Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Grupo Itararé Solo: ----- Material movimentado: Sim	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: Canalizações: Rua: -----	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático:
POSIÇÃO NO RELEVO	HIPÓTESE DE ORIGEM	OBSERVAÇÕES	

Processo: <u>Ravina</u> (R1) Coordenadas: <u>582215/7225021</u> Rua: <u>Final da rua Teotônio Mota</u> Bairro: <u>Vila Cristina</u> Data: _____ Altitude: <u>870 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 0,50 metros Profundidade: 0,70 a 1,35 metros Comprimento: 54 metros Forma: canal longo, com maior largura próxima ao topo da encosta. Ramificações: Sim Conexão c/ drenagem? Sim	MATERIAIS Textura: Arenosa Horizontes: ----- Estrutura: ----- Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Grupo Itararé Solo: material movimentado Material movimentado: Sim	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: Não Canalizações: No topo da encosta foi feita a canalização das águas pluviais. Tal canalização está na mesma direção da ravina Rua: Sim. Sem pavimentação e sem sistema de captação das águas pluviais	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Não
POSIÇÃO NO RELEVO Encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM Segundo um morador entrevistado, o problema existe há mais de 20 anos e se agravou após a canalização das águas pluviais no topo da encosta, que corresponde as áreas mais planas e com vias asfaltadas.	OBSERVAÇÕES	

Processo: <u>Ravina</u> (R2) Coordenadas: <u>581957/7225097</u> Rua: _____ Bairro: <u>Vila Cristina</u> Data: <u>05/03/2009</u> Altitude: <u>898 metros</u>			
DADOS DA EROSÃO Largura: 2 metros Profundidade: 2,50 metros Comprimento: 24 metros Forma: canal longo, com maior largura próxima a base da encosta. Ramificações: Não Conexão c/ drenagem? Sim	MATERIAIS Textura: Arenosa Horizontes: ----- Estrutura: ----- Resistência: ----- Coesão: ----- Rocha matriz: Grupo Itararé Solo: material movimentado Material movimentado: Sim	USO DA TERRA Impermeabilização: Não Cobertura vegetal: Sim Canalizações: No topo da encosta foi feita a canalização das águas pluviais. Tal canalização está na mesma direção da ravina Rua: Sim. Sem pavimentação e sem sistema de captação das águas pluviais	FEIÇÕES ESPECIAIS <i>Pipings</i> associados: ----- Afloramento do lençol freático: Não
POSIÇÃO NO RELEVO Encosta	HIPÓTESE DE ORIGEM Segundo um morador entrevistado, o problema se agravou após a canalização das águas pluviais no topo da encosta, que corresponde as áreas mais planas e com vias asfaltadas.	OBSERVAÇÕES	