

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**CARLA CORRÊA PRIETO**

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE LOTEAMENTOS E A OCORRÊNCIA DE  
PROCESSOS EROSIVOS: VOÇOROCA SITUADA NO JARDIM SANTA EDWIRGES EM  
PONTA GROSSA - PR**

**PONTA GROSSA  
2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CARLA CORRÊA PRIETO

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE LOTEAMENTOS E A OCORRÊNCIA DE  
PROCESSOS EROSIVOS: VOÇOROCÁ SITUADA NO JARDIM SANTA EDWIRGES EM  
PONTA GROSSA - PR**

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.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Maria Ligia Cassol Pinto

PONTA GROSSA  
2010

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

P949i Prieto, Carla Corrêa  
Investigação sobre a implantação de loteamentos e a ocorrência de processos erosivos : voçoroca situada no Jardim Santa Edwirges em Ponta Grossa - Pr. / Carla Corrêa Prieto. Ponta Grossa, 2010.  
96f.  
Dissertação ( Mestrado em Geografia ) - Gestão do Território ), Universidade Estadual de Ponta Grossa.  
Orientadora: Profa. Dra. Maria Ligia Cassol Pinto

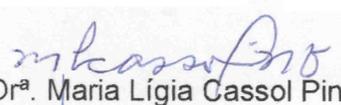
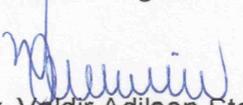
1. Processos erosivos. 2. Voçoroca. 3. Planejamento urbano.  
4. Ponta Grossa. I. Pinto, Maria Ligia Cassol . II. T.

CDD: 309.262

**TERMO DE APROVAÇÃO****CARLA CORRÊA PRIETO****INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE LOTEAMENTOS E A OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS: VOÇOROCA SITUADA NO JARDIM SANTA EDWIRGES EM PONTA GROSSA - PR**

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.ª Dr.ª. Maria Lígia Cassol Pinto  
UEPG  
Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke  
UnB  
Prof. Dr. Mario Sergio Melo  
UEPG

Ponta Grossa, 26 de fevereiro de 2010

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela realização deste trabalho e por estar junto a mim em tudo o que faço em minha vida.

À Prof<sup>a</sup> Maria Ligia Cassol Pinto, por suas orientações e sua dedicação.

Ao Tiago Augusto Barbosa, por seu apoio, compreensão e carinho durante o período do mestrado e por estar comigo sempre que possível inclusive nas idas ao campo.

À Karine Dalazoana que muito me incentivou durante a elaboração do presente trabalho.

À Ana Cláudia Folmann, minha 'irmã de orientação', que também fez desta fase mais prazerosa, por sua amizade.

À minha família, em especial à minha mãe, que me apoiou por ainda mais por este período longe de casa, após a graduação, sempre me incentivando a seguir meus sonhos.

Às Prof<sup>as</sup> Cicilian Löwen Sarh e Silvia Meri Carvalho como coordenadoras do mestrado e professoras, que sempre foram muito solícitas em auxiliar no que fosse possível.

À Gabriele Buhali, estagiária-secretária do Mestrado em Gestão do Território, sempre pró-ativa e eficiente, com muita disposição em nos auxiliar.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos durante todo o período do mestrado.

A todos que contribuíram para a conclusão dessa pesquisa de forma direta ou indireta.

## RESUMO

A área urbana do município de Ponta Grossa, Paraná, possui diferentes tipos de processos erosivos como escorregamentos, solapamentos de margens e desmoronamentos, além de erosão subterrânea remontante com colapsos associados e voçorocas. Estes processos ocorrem tanto em área de ocupação regular como irregular. Com isso, realizou-se o presente trabalho com o intuito de compreender quais são as relações entre o planejamento urbano e a ocorrência de processos erosivos. Foi utilizada como base para o estudo a voçoroca que se localiza nas proximidades do Jardim Santa Edwirges e da Vila Romana. Assim, o objetivo do trabalho é compreender quais são os fatores que possibilitaram a ocorrência e o contínuo aumento da voçoroca em questão. Para tanto, o presente trabalho visou investigar a relação entre o substrato geológico e sua fragilidade para ocorrência de erosão acelerada, realizou-se uma análise dos índices pluviométricos de Ponta Grossa entre 1946 e 2009, visto que a água é um fator relevante na ocorrência de processos erosivos. E finalmente, foram realizadas análises temporais para compreender a influência do traçado das ruas, mesmo que sem pavimentação, porém sem sistemas de captação de água pluvial completos, como influencia na formação e no crescimento dos canais da voçoroca. Desse modo, para a elaboração do estudo temporal, foram utilizadas fotografias aéreas e imagem de satélite. As datas escolhidas para a análise da evolução foram 1980, 1995 e 2006 em decorrência da disponibilidade de material com escala/resolução espacial compatíveis com o tamanho da área estudada. Realizou-se a comparação de fotografia e informações obtidas em campo, ao longo do período da pesquisa, visando observar as alterações recentes, e a rapidez da degradação do ambiente.

Palavras-chave: processos erosivos; voçoroca; planejamento urbano; Ponta Grossa.

## ABSTRACT

The urban area of Ponta Grossa city, located in Parana state, South of Brazil, has different kinds of erosion process, as landslides, river erosion, hillslopes, piping and gully erosion. These processes occur even in authorized as much as in unauthorized areas. The present research intends to comprehend the relations connecting the urban planning and the erosion process occurrences. As a base for the research, it was studied a gully erosion located near Jardim Santa Edwirges and Vila Romana. As well, the aims of this study it to comprehend which were the factors that influenced the occurrence and the evolution of this gully erosion. Therefore, the present research intends to investigate the relation between the rock base and its fragility to accelerated erosion, besides, it has been done an analysis of the rain data from 1946 to 2009, as the water is known as a relevant factor in the erosion process. Finally, it has been made chronological analysis, aiming to comprehend the influence of the street shapes, especially without a drainage system, as an influence in the development and evolution of the gully channels. Although, to elaborate the chronological analysis, it was used aerial photographs and a satellite image. The dates chosen were 1980, 1995 and 2009, because those were the available images with appropriated scale/resolution, according to the size of the studied area. It was also made a comparison of photographs and information acquired *in loco*, during the research time, as they made possible to observe the recent changes and the fast environmental degradation.

Key-words: erosion process, gully erosion, urban planning, Ponta Grossa.

## LISTA DE FIGURAS

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| FIGURA 1  | Mapa de localização do município de Ponta Grossa e sua área urbana no Estado do Paraná e na região dos Campos Gerais.....  | 31 |
| FIGURA 2  | Mapa do perímetro urbano e divisão dos distritos de Ponta Grossa – PR em 2009, com base na Lei do Perímetro Urbano L. 8.799/06.....                                  | 32 |
| FIGURA 3  | Mapa de localização das principais avenidas de ligação entre o centro e os bairros de Ponta Grossa – PR.....   | 37 |
| FIGURA 4  | Mapa Geológico do Distrito Sede de Ponta Grossa.....   | 40 |
| FIGURA 5  | Mapa de localização das oito voçorocas identificadas por Medeiros (2000) no espaço urbano de Ponta Grossa.....   | 53 |
| FIGURA 6  | Seção colunar dos sedimentos quaternários da voçoroca do Jardim Santa Edwiges.....   | 56 |
| FIGURA 7  | Localização e disposição das quadras do Jardim Santa Edwiges e da Vila Romana.....   | 57 |
| FIGURA 8  | Carta-imagem de localização da voçoroca em relação ao Jardim Santa Edwiges e Vila Romana, com a delimitação da sub-bacia hidrográfica.....                           | 59 |
| FIGURA 9  | Carta-imagem de caracterização do entorno da voçoroca localizada próximo ao Jardim Santa Edwiges e Vila Romana.....  | 60 |
| FIGURA 10 | Área da atual voçoroca, em 1980.....   | 62 |
| FIGURA 11 | Área da voçoroca em 1995.....  | 63 |
| FIGURA 12 | Sub-bacia hidrográfica em que se situa a voçoroca em 2006 com delimitação aproximada das áreas que convergem água pluvial para os principais canais da voçoroca..... | 65 |
| FIGURA 13 | Localização das figuras ilustrativas do capítulo 4.....  | 67 |
| FIGURA 14 | Vista da Rua Rio Nilo no cruzamento com a Rua Rio Amazona em setembro de 2009 e janeiro de 2010 respectivamente.....   | 69 |
| FIGURA 15 | Cabeceira do canal C2 em setembro de 2009 e janeiro de 2010 respectivamente.....   | 69 |
| FIGURA 16 | Vista do canal C2 em direção ao corpo da voçoroca.....   | 70 |
| FIGURA 17 | Manilha para captação de água pluvial entupida localizada à esquerda da Rua Rio Amazonas no cruzamento com a Rua Rio Nilo.....                                       | 70 |
| FIGURA 18 | Manilhas situadas na Rua Rio Amazonas, no cruzamento com a Rua Rio Nilo.....   | 71 |
| FIGURA 19 | Principais cabeceiras do canal C1.....   | 71 |
| FIGURA 20 | Local em que é despejada a água pelas manilhas que captam água no cruzamento da Rua Rio Araguaia e Rua Isabel Ossoviscki/Rio Amazonas...                             | 72 |
| FIGURA 21 | Canal C3 em diferentes perspectivas.....   | 72 |
| FIGURA 22 | Vista do canal C1 após a conexão com os canais C2 e C3 respectivamente.....  | 73 |
| FIGURA 23 | Perspectivas do canal C4.....  | 73 |
| FIGURA 24 | Vista da porção mais a jusante do canal C5.....  | 74 |
| FIGURA 25 | Canal C5, fotografia retratando o direcionamento da água após passar pela manilha sob a Rua Rio Nilo.....  | 74 |
| FIGURA 26 | Escoamento superficial pela Rua Rio Nilo.....  | 75 |
| FIGURA 27 | Área do pesqueiro em que é possível observar canal da voçoroca contido pela barragem.....  | 76 |

### LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| GRÁFICO 1 Precipitação anual em Ponta Grossa de 1946 a 2009.....   | 45 |
| GRÁFICO 2 Pluviosidade média ao longo dos meses Ponta Grossa (1946-2009).....  | 47 |
| GRÁFICO 3 Gráfico de dispersão das chuvas concentradas entre 1946 e 2009 em Ponta Grossa.....  | 47 |
| GRÁFICO 4 Quantidade de dias de chuva acumulada entre 1946 e 2009.....   | 49 |
| GRÁFICO 5 Volume de chuvas acumuladas (em mm) distribuídas anualmente entre 1946 e 2009.....   | 50 |
| GRÁFICO 6 Volume de chuva acumulada de acordo com a quantidade de dias chuvosos.....   | 51 |
| GRÁFICO 7 Precipitação dos meses de setembro a outubro de 2009 e janeiro e 2010 em comparação com as médias mensais para o período de 1946 e 2009..... | 68 |

### LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 Crescimento das populações rural e urbana entre 1940 e 1970 no Paraná e em Ponta Grossa.....                              | 34 |
| TABELA 2 População urbana, rural e total de Ponta Grossa, entre 1940 e 2000.....   | 35 |
| TABELA 3 Média, desvio padrão e variação entre estes dados para o período de 1946 a 2009.....                                      | 44 |
| TABELA 4 Classes de ocorrências anuais de chuva em relação à média e ao desvio padrão.....   | 46 |
| TABELA 5 Pluviosidade média por mês em Ponta Grossa entre 1946 e 2009.....   | 46 |
| TABELA 6 Chuvas diárias concentradas com suas respectivas datas entre 1946 e 2009 em Ponta Grossa.....                             | 48 |
| TABELA 7 Classes de volume (mm) chuva acumulada com suas respectivas quantidades de ocorrência e frequência entre 1946 e 2009..... | 50 |

## SUMÁRIO

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 9  |
| <b>2</b> | <b>UMA REFLEXÃO SOBRE O PLANEJAMENTO NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS EM ÁREAS URBANAS</b> .....                            | 11 |
| 2.1      | PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E SEU PLANEJAMENTO.....   | 11 |
| 2.2      | IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS: PROCESSOS EROSIVOS, COM ÊNFASE NA FORMAÇÃO DE VOÇOROCAS.....   | 18 |
| <b>3</b> | <b>ASPECTOS DE PONTA GROSSA</b> .....   | 31 |
| 3.1      | LOCALIZAÇÃO E DIVISÃO DO MUNICÍPIO.....   | 31 |
| 3.2      | HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO URBANA.....   | 33 |
| 3.3      | GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA URBANA.....  | 39 |
| 3.4      | CLIMA DE PONTA GROSSA - PLUVIOSIDADE.....   | 43 |
| 3.5      | PROCESSOS EROSIVOS PRESENTES NA ÁREA URBANA.....  | 51 |
| <b>4</b> | <b>VOÇOROCA PRESENTE PRÓXIMO AO JARDIM SANTA EDWIRGES – EM DETALHES</b> .....   | 54 |
| 4.1      | SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS.....  | 54 |
| 4.2      | LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E SUAS CARACTERÍSTICAS.....   | 56 |
| 4.3      | ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA VOÇOROCA.....  | 61 |
| 4.4      | AS CONSEQUÊNCIAS DA IMPLANTAÇÃO DE LOTEAMENTOS SEM ADEQUADO PLANEJAMENTO.....   | 76 |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | 78 |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 80 |
|          | <b>MATERIAL CONSULTADO</b> .....  | 87 |
|          | <b>APÊNDICE A - Dados anuais de chuva: total de chuva, precipitação máxima por ano e número de dias chuvosos no ano entre 1946 e 2009</b> ..... | 88 |
|          | <b>APÊNDICE B - Chuva acumulada em dias seguidos e totais anual dos respectivos anos de ocorrência entre 1946 e 2009</b> .....                  | 91 |

## 1 INTRODUÇÃO

Diferentes processos erosivos ocorrem na área urbana de Ponta Grossa, Paraná, e até o presente foram realizadas diversas pesquisas (MEDEIROS, 2000; MEDEIROS; MELO, 2001; MELO; GODOY, 1997; MELO et al, 2003; MELO et al, 2005; MENEGUZZO, 2004) sobre esses processos tanto em áreas de ocupação regular, como irregular. Em muitos desses estudos foi levantada a questão de que a implantação de loteamentos ou a ocupação irregular haveria iniciado, ou acentuado a ocorrência desses processos erosivos.

Para tanto, este trabalho propôs-se a observar uma área urbanizada que contenha um processo erosivo significativo, para compreender quais os fatores que influenciaram no desencadeamento desse processo e/ou na sua continuidade. Desse modo, tomou-se como base para o estudo a voçoroca existente nos arredores do Jardim Santa Edwirges e da Vila Romana, localizados no Bairro Chapada, no município de Ponta Grossa, Paraná, a área em questão encontra-se próxima à rodovia BR-376, na porção Noroeste da cidade de Ponta Grossa.

Para compreender a influencia da urbanização no processo erosivo, optou-se por realizar um estudo temporal, para observar a evolução da erosão. No entanto, as diferentes datas escolhidas, dependeram da disponibilidade de fotografias aéreas e imagem de satélite com escala/resolução espacial adequadas ao estudo. Assim, fez-se a análise temporal iniciando em 1980, com o uso de fotografia aérea na escala de 1:25.000; em 1995 a área pôde ser visualizada com base na fotografia aérea de escala de 1:8.000 e para compreender a situação da área em 2006, utilizou-se uma imagem de satélite com resolução espacial de 0,61 metros. Como houve alterações entre 2006 e o presente momento, optou-se por realizar uma atualização das informações através de visitas a campo pautadas em observação e aquisição de fotografias, para a comparação das evoluções recentes.

Entende-se que a água é um fator relevante para a ocorrência de processos erosivos, deste modo viu-se a necessidade de analisar o regime pluviométrico da área urbana de Ponta Grossa. Para tanto, fez-se um estudo dos dados diários de chuva entre os anos de 1946 e 2009, com a resolução de cálculos de média e desvio padrão, assim como análises de eventos de chuva concentrada e chuva acumulada ao longo de todo o período. A escolha pelo período se deu, pela disponibilidade de dados, optando-se por considerar todos os anos com dados completos da estação pluviométrica Santa Cruz, localizada na área urbana do município.

**OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral proposto para este trabalho é compreender quais são os fatores que possibilitaram a ocorrência e o contínuo aumento da voçoroca em questão.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Dentre os objetivos específicos busca-se verificar a relação entre o substrato e sua fragilidade para ocorrência de erosão acelerada; observar se a pluviosidade interfere na formação desse processo; compreender se o traçado das ruas, sem pavimentação e implantação de sistemas de micro e macrodrenagem completos influenciam na formação e no crescimento dos canais da voçoroca.

## **2 – UMA REFLEXÃO SOBRE O PLANEJAMENTO NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS EM ÁREAS URBANAS**

### **2.1- PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E SEU PLANEJAMENTO**

As primeiras experiências de urbanização se sucederam a alguns milhares de anos, de forma isolada tanto no tempo como no espaço. Carvalho e Prandini (1998) compreendem que essas formas iniciais de urbanização já buscavam diferentes artifícios para possibilitar a aglomeração de seres humanos, com níveis satisfatórios de qualidade de vida para as classes dominantes, e formas de sobrevivência para as subalternas.

Pela ótica de Carvalho e Prandini (1998), não houve civilizações sem cidades e nem cidades sem civilizações, assim como para a construção destas, sempre houve o uso de tecnologias para a criação dos ambientes artificiais, gerados com base em “três conjuntos de fatores civilizatórios: necessidades, aspirações e possibilidades” (p. 488). Desse modo, esses fatores interagem com o ambiente natural possibilitando a criação de um ambiente artificial, com a exploração dos recursos, visando produzir uma qualidade de vida desejável, não se preocupando com as potencialidades e limitações do meio físico.

Porém, os padrões atuais de urbanização associados à industrialização, em que as cidades crescem de maneira rápida, sem a realização de um planejamento eficiente anterior à instalação dessas pessoas, que buscam os centros urbanos com a esperança de obter empregos. Além do surgimento de novas cidades e a interligação entre elas, em forma de redes (rodovias, ferrovias, aerovias e hidrovias além das redes de comunicação), tem ocorrido mudanças também nos padrões de produção agrícola para o abastecimento das populações urbanas. Todos esses fatores tem resultado em grandes impactos ambientais tanto nas cidades como no campo.

Assim é desde a cidade primitiva, historicamente concebida como resultado do aprofundamento da divisão sócio-espacial do trabalho e do comércio, ao urbano atual, concebido como a cidade modificada pela entrada das atividades industriais tecnológicas e informacionais, que essa construção humana tem transformado cada vez mais a natureza (MONTE-MOR, 2006; SANTOS, 1989).

Contudo, o termo urbanização tem diferentes sentidos, Castells (2000, p. 39) destaca dois sentidos bastante divergentes, sendo um concreto e outro abstrato:

1. Concentração espacial de uma população, a partir de certos limites de dimensões e de densidades.
2. Difusão do sistema de valores, atitudes e comportamentos denominados “cultura urbana”.

O Castells (2000) considera que “cultura urbana” se remete ao sistema cultural típico da sociedade industrial capitalista, tendo como premissa a relação do modo de produção (essencialmente industrial), um sistema de valores (o modernismo) e uma forma

particular de organização do espaço – a cidade – tendo como fatores diferenciadores suas formas e densidades específicas.

O urbano é, portanto, produto de intensas e concentradas intervenções humanas no ambiente: relações essas de caráter social, econômico e político, tornam-se mais dinâmicas, complicadas e complexas provocando fortes impactos ambientais, em grande parte, impactos negativos.

Considerando a estrutura da propriedade da terra e nas explicações de como cada grupo social enfrenta os impactos ambientais, onde deve ser lembrado que as diferentes classes sociais causam impactos de formas distintas no meio. Desse modo, a localização geográfica assim como a distância e a ocorrência de processos biofísico-químicos, àqueles referentes ao meio ambiente, e político-econômico-espaciais, referente ao poder, que influenciam diretamente as formas de ocupação e organização do espaço urbano (os processos socioculturais), devido à valorização da terra como resultado da acumulação de capital (BARROS, 2004).

Carlos (2001) acredita que o poder atribuído à propriedade privada é o centro da crise urbana, pois este é responsável pelas normas de acesso à cidade, tanto em relação à moradia, como às condições de vida, claras na contradição entre a pobreza e a riqueza, desse modo salienta que a “acumulação de riqueza (...) caminha *pari passu* com a miséria” (p. 32). Conforme Casseti (1995), o valor econômico empregado no processo de ocupação espacial nas áreas urbanizadas é definido “pela ganância dos midas do capitalismo, que equiparam ao ‘padrão-ouro’ o metro quadrado da terra” (p. 88). Em consequência, observam-se os contrastes sociais associados à topografia e condições de habitação:

(...) entre espigões e favelas, dos bairros ricos e bairros pobres, a ocupações de áreas estáveis e permissíveis, a implantação de edificações e ao mesmo tempo, ocupações de áreas de risco, consideradas ‘clandestinas’ (fundos de vale ou vertentes de fortes declives). (CASSETI, 1995, p. 88, notas do autor).

Sob uma ótica histórica da origem da urbanização, Carvalho e Prandini (1998) explicam que durante milênios houve poucas cidades grandes em todo o mundo, resultando em uma menor exigência do meio físico, porém com a Revolução Industrial houve um crescimento de cidades existentes, assim como a criação e diversificação de inúmeras outras. Durante a primeira metade do século XX, surgiram e se desenvolveram muitas metrópoles nos Estados Unidos, no Japão e no Canadá, e durante a segunda metade do mesmo século, esse fenômeno ocorreu em países asiáticos, africanos e latino-americanos, como é o caso de São Paulo e Rio de Janeiro, no Brasil. Como os países mais ricos passaram por esse processo de inchaço das áreas urbanas, anteriormente aos países em desenvolvimento e os subdesenvolvidos, esses já superaram muitos dos desafios. Sendo um problema atual para os países como o Brasil.

Porto-Gonçalves (2006) destaca que a população urbana mundial aumentou de 37,9%, em 1975, para 47% em 2000, sendo que esse processo se deu de forma mais marcante nos países em desenvolvimento, 13,1% em 25 anos, enquanto que nos países desenvolvidos esse acréscimo foi equivalente a 6% para o mesmo período. O autor enfatiza ainda que, atualmente, de cada dez habitantes em áreas urbanas no mundo, sete estão na Ásia, África, América Latina e Caribe, enquanto que apenas três habitam a Europa, os Estados Unidos e o Japão. “A ideologia do urbano como ‘modelo de civilidade’ não corresponde à realidade cotidiana onde vivem 70% da população urbana do planeta” (p.183), visto que 924 milhões de pessoas moram em favelas, e 94% dessa população em situação precária mora na África, Ásia, América Latina e Oceania.

Esse ponto é também levantado por Veyret (2007), em sua citação sobre as metrópoles com mais de oito milhões de habitantes, indicando que destas, na atualidade, quinze entre vinte e dois existentes no mundo, situam-se em países em desenvolvimento.

Moura-Fujimoto (2000), prima à industrialização, sendo esta marcada pelo domínio da atividade industrial sobre outras atividades econômicas, tomando como base territorial a cidade, devido à concentração de capital e força de trabalho.

O processo de urbanização associado à primeira revolução industrial ocorreu devido à desarticulação de estruturas agrárias que fez com que a população buscasse os centros urbanos já existentes, fornecendo força de trabalho, tão necessária à industrialização. Desse modo, além da concentração de mão-de-obra, houve a criação de mercado (CASTELLS, 2000). O autor conclui que as cidades atraem indústrias justamente pela ocorrência desses dois fatores essenciais: mão-de-obra e mercado consumidor. No entanto salienta que o processo inverso também ocorre, ou seja, onde há matérias-primas e meios de transporte, a indústria gera a urbanização. Em ambos os casos, salienta que o elemento dominante é a indústria, que resulta na organização da paisagem urbana, contudo o ponto chave não é a tecnologia, e sim a lógica capitalista que embasa a industrialização.

No Brasil, a urbanização está relacionada a duas fases, segundo Davidovich (1995 *apud* Moura-Fujimoto 2000), a primeira sob forte poder do Estado, que visava à expansão capitalista e o crescimento econômico, guiada pela industrialização, sendo chamada de “modernização conservadora”; e a segunda, mais recente, chamada por Santos (1993) de ‘período técnico-científico informacional’, sendo o “momento de construção ou reconstrução do espaço com incremento considerável de ciência, de técnicas e de informação” (p.35).

Como resultado, há uma acentuada concentração espacial e um ritmo acelerado de crescimento urbano, gerando grandes aglomerações, falta de equipamentos urbanos, demanda de empregos superior à oferta, enchendo as cidades com indivíduos mal qualificados para as funções urbanas, acentuando assim a segregação social, formando

bairros e favelas marginalizados, em que muitas vezes, não vigoram o direito de propriedade. Esse crescimento rápido, espontâneo e desordenado tem causado o inchaço de muitas cidades (grandes, médias e também pequenas), com ocupações em áreas periféricas, muitas vezes impróprias para edificações, gerando graves conseqüências ao ambiente, e perda de qualidade de vida nesses espaços urbanos (MOURA-FUJIMOTO, 2000).

Todavia é importante ressaltar, que esse inchaço das cidades, e suas conseqüências é resultado de uma falta de planejamento bem embasado por parte dos gestores públicos que possibilitassem a absorção dessa crescente população. No Brasil não tem sido prioridade da maioria destes gestores o investimento em profissionais e equipamentos que poderiam formar equipes multi/interdisciplinares, se atendo às questões técnicas de modo mais aprofundado, para a escolha prévia de áreas apropriadas às diferentes funções urbanas.

Cullingworth e Nadin (2002) relatam que as autoridades locais possuem uma lacuna de conhecimentos e experiência em relação ao planejamento, assim, estes impõem condições, ou se recusam a aplicar um planejamento bem elaborado, além de que a gestão por parte dos oficiais e dos membros eleitos tem sido fraca e há pouca pressão política para a implantação de planejamentos completos. A situação no Brasil é semelhante, pois as autoridades, em sua maioria tem um conhecimento superficial sobre os diversos temas que compõe o planejamento, em especial no que tange as questões ambientais e sociais. Assim sendo, não compreendem a importância de realizar um planejamento completo, e de aplicá-lo durante a gestão pública. Existem ainda, outros interesses que destoam do coletivo, como a especulação imobiliária, por exemplo.

Carlos (2001) entende que no espaço urbano se fundem interesses do capital, a ação do Estado e a luta dos habitantes em resistência contra a segregação do espaço e pelo direito à cidade. Porto-Gonçalves (2006) afirma que atualmente está acontecendo um processo de 'desruralização' maior do que de urbanização, levando em consideração em especial as regiões onde habitam a maior parte da população urbana, baseado em dados da ONU. Isso se dá, pois, "a maior parte dessas populações vivem sem os serviços urbanos mais básicos, como saneamento, habitação, saúde, educação e transporte" (p. 184).

A periferia é área onde essas populações vivem como aglomerações subumanas, pois estes habitantes vivem em um ambiente de insegurança, porque a principal causa de morte entre os jovens é o assassinato, além da constante vulnerabilidade à ocorrência de eventos naturais como possibilidade de adquirir doenças, sofrer com enchentes, desmoronamentos de encosta e outros processos erosivos, enfoque desse trabalho (PORTO-GONÇALVES, 2006). Assim, complementa o autor: "A natureza se faz presente mais como morte do que como vida nessas novas configurações *urbanas-e-suas-*

*periferias.*” (p.184, grifo do autor). Isto configuraria, a priori, a existência de uma população ou sociedade de risco. Caseti (1995) evidencia que as transformações ocorridas nas vertentes, independente das diferenciações de classe, terminam muitas vezes, atingindo os habitantes das áreas de risco:

“A vulnerabilidade do pobre aos ‘azares’ da natureza é uma perspectiva malthusiana: o pobre é mais afetado na maioria dos desastres sobretudo por apresentar uma tendência de se reproduzir rapidamente, tratando-se de um exemplo clássico de culpar a vítima” (CASSETI, 1995, p. 89)

Além da concentração dos pobres, os proletários, em área de risco Moura-Fujimoto (2000) ressalta que a industrialização e a urbanização que vem ocorrendo no Brasil resultam em um conjunto de problemas ambientais, devido às formas predatórias de apropriação da natureza, destaca problemas estes que se referem às relações homem/natureza e as relações sociais. Porto-Gonçalves (2005, p. 75) elucida, que “não são os homens enquanto categoria genética que estão destruindo a natureza, mas sim o homem sob determinadas formas de organização social, no seio de uma cultura” que o faz.

Ao longo do processo de crescimento econômico brasileiro não houve uma preocupação com a qualidade de vida e com a qualidade ambiental tanto nas cidades como em outras áreas. Isso se deve, em grande parte, pois as instâncias federais, estaduais e municipais não atuam em sintonia, e o planejamento, raramente leva em consideração a vontade da população, e se confunde constantemente com planos de governo, buscando atitudes imediatistas e não há continuidade, e tão pouco, avaliação de projetos empregados, como salienta Moura-Fujimoto (2000).

Com a Constituição Federal de 1988, os municípios passaram a ter mais autonomia política, administrativa e financeira e são obrigados por lei que haja uma participação da população na elaboração de suas leis orgânicas e planos diretores, porém na prática não ocorre em muitos municípios, tanto por falta de interesse dos cidadãos, que ainda não adquiriram esse hábito de participação popular, como por falta de divulgação e incentivo do poder público.

Para que se tenha um planejamento efetivo das áreas urbanas, Souza (2004) acredita que seja essencial se embasar em quatro elementos fundamentais, seguindo os conceitos de Cullingworth e Caves (2009): pensamento pautado no futuro; escolha entre alternativas; consideração de limites, restrições e potencialidades; consideração de prejuízos e benefícios; possibilidade de diferentes cursos da ação, aos quais dependem de condições e circunstâncias variáveis. Souza acrescenta que, em caso de planejamentos que envolvam grupos de pessoas, assim como o planejamento urbano, que envolve os cidadãos, é fundamental adicionar um quinto elemento fundamental: “a preocupação com a resolução de conflitos de interesses” (p. 34).

Porém existe uma confusão entre os termos de 'planejamento' e 'gestão', onde gestão tende segundo alguns autores, substituir o primeiro termo. Isso se dá sob uma ótica em que o planejamento estaria relacionado a práticas autoritárias associadas à crise do planejamento (tanto urbano quanto regional), na Europa e nos Estados Unidos na década de 1970, chegando ao Brasil nos anos de 1980. Com isso, nos anos 1990, no Brasil, o termo 'gestão' é considerado como mais democrático em oposição ao 'planejamento', que seria mais tecnocrático (SOUZA, 2004). Contudo, o autor destaca que essa substituição se dá pela incompreensão do significado de ambos os termos. Planejamento e gestão se referem a períodos temporais distintos, e conseqüentemente estão relacionados a diferentes tipos de atividades.

(...) planejar sempre remete ao *futuro*: planejar significa tentar prever a evolução de um fenômeno ou, (...), *tentar simular os desdobramentos de um processo com o objetivo de melhor precaver-se contra prováveis problemas ou, inversamente com o fito de melhor tirar partido de prováveis benefícios.*  
 (...) gestão remete ao *presente*: gerir significa *administrar uma situação dentro dos marcos dos recursos presentemente disponíveis e tendo em vista as necessidades imediatas.* (p.46, grifos do autor)

Desse modo, o planejamento é a preparação para uma futura gestão, sendo ambos distintos e complementares. Souza (2004) entende o planejamento e a gestão urbanos como ferramentas para que ocorra o desenvolvimento sócio-espacial, que é compreendido quando há uma melhoria da qualidade de vida e um aumento da justiça social, de forma complementar. O objetivo do aumento da justiça social determina e contextualiza o objetivo de melhoria na qualidade de vida. Esta por sua vez, é compreendida como quando há uma crescente satisfação das necessidades "tanto básicas como não básicas, tanto materiais quanto imateriais" (p. 62) de uma parcela crescente da população.

Oliveira e Hermann (2006) também acreditam que a qualidade de vida dos habitantes de uma área urbana seja um dos objetivos do processo de urbanização. Nesse cenário, a expressão qualidade ambiental remete à qualidade do habitat, da infra-estrutura disponível aos cidadãos, da cultura, do ar e da água consumidos, além da paisagem. Entretanto, há uma freqüente incompatibilidade entre o planejamento urbano e o planejamento ambiental, baseada nessa falsa dicotomia entre o ambiental e o urbano. Assim Oliveira e Hermann (2006), em concordância com a visão de Moraes (1999), descrevem essa incompatibilidade entre:

(...) o setor de desenvolvimento urbano (desenvolvimento do habitat construído) e o de políticas ambientais (políticas relacionadas aos recursos naturais) exercerem comando por vezes conflitante no interior do próprio aparelho de Estado brasileiro, resultando em políticas desarticuladas e ineficientes. (p. 149)

Christofolletti (2007) enfatiza a necessidade de se analisar a vulnerabilidade, lembrando que existe relação não apenas do meio ambiente habitado, porém com as

condições sócio-econômicas dos habitantes. E principalmente, “as áreas urbanizadas não são apenas receptoras ou vítimas dos azares naturais.” (p. 424). O autor salienta ainda a necessidade de se analisar os impactos ambientais, com destaque aos processos erosivos, causados pela urbanização.

Planejamento é compreendido por Christofletti (2007) como uma gama de atividades que podem ser separadas em categorias (estratégico e operacional), podendo variar sua escala espacial (local, regional, nacional, entre outras) e por setores de atividades (urbano, ambiental, rural, econômico, entre outros). O planejamento ambiental pode ser direcionado às áreas litorâneas, rurais e também urbanas. Já o planejamento urbano é entendido pelo autor, como necessário do ponto de vista geomorfológico, pois a topografia é vista como um dos principais elementos que orienta o processo de ocupação, paralelamente, indica-se a realização de estudos setoriais sobre o clima, os solos, a hidrografia e a vegetação de forma integrada para possibilitar a compreensão do (geo)sistema urbano.

Ramos (1995) acredita que a ocupação de bacias urbanas sem um planejamento prévio e adequado, resulta fatalmente em um processo de erosão superficial seguido de conseqüente assoreamento de corpos d'água. O autor complementa que esse assoreamento pode ser um processo natural, devido à redução da capacidade de transporte de sedimentos sólidos associado à redução dos níveis de energia do canal. Quando esse processo é acelerado devido a ocupações inadequadas em uma bacia hidrográfica, sem os devidos cuidados conservacionistas, tem como conseqüência o aumento de sedimentos sólidos.

O planejamento anterior à implantação de um loteamento é visto por Galerani et al. (1995) como um método de controle à erosão preventivo, desse modo é realizado um estudo de conhecimento das características físicas da ocupação, uso e um direcionamento das formas de ocupação, informações resultantes de um plano de uso da terra embasadas por uma legislação adequada assim como pela fiscalização e punição aos infratores.

Em termos legais, houve a criação do Estatuto da Cidade com o intuito de regulamentar os planejamentos e gestões municipais. O Estatuto da Cidade é uma lei federal (nº 10.257) que foi criada em 10 de julho de 2001, regulamentando os artigos 182 e 183 do Capítulo II da Constituição Federal de 1988, que tratam sobre Políticas Públicas (BRASIL, 1988). Esta lei estabelece “normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.” (BRASIL, 2001).

O conceito de cidade, porém, não é discutido no Estatuto da Cidade, sendo esta uma crítica de Veiga (2002), pois dessa forma, apenas é aceita a definição de 1938, do governo de Getúlio Vargas, que considera que toda sede de município tem categoria de

cidade. O autor acredita que a inclusão de critérios como tamanho, densidade populacional e localização seria mais apropriado, segundo modelos de países com importância socioeconômica igual ou superior ao Brasil.

O objetivo principal do Estatuto da Cidade é ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, garantindo o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as gerações atuais e futuras. Para tanto se prevê a participação popular na formulação e execução de planos e projetos de desenvolvimento urbano, a cooperação entre governos e iniciativa privada. O planejamento urbano tem a função também de organizar o crescimento urbano, como se destaca no inciso IV, artigo 2<sup>a</sup>:

Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente; (BRASIL, 2001)

Estão previstos na Lei nº 10.257/01 Capítulo III, artigo 39, planejamentos nacionais, estaduais e municipais, em que no último se destaca o plano diretor, que é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, visando atender as “necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas” (BRASIL, 2001). A lei municipal de criação do plano diretor municipal deve ser revista ao menos a cada dez anos, e é obrigatória em municípios com mais de vinte mil habitantes e deve englobar todo o território do município. O Estatuto da Cidade prevê uma gestão democrática da cidade segundo os diferentes aspectos, inclusive os ambientais.

## 2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS: PROCESSOS EROSIVOS, COM ÊNFASE NA FORMAÇÃO DE VOÇOROCAS

Os processos de urbanização e industrialização expandem-se e transformam o mundo da natureza, e a natureza do mundo, tanto dentro quanto fora dos limites do urbano. Suas transformações ou impactos estendem-se às periferias, aos espaços periurbanos e bem além deles. Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente e a Resolução do CONAMA 001/86, impacto ambiental é o choque que provoca alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente que resultante direta ou indiretamente de atividades humanas que afetem a saúde, segurança e bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais. (BRASIL, 1981; BRASIL, 1986, art. 1<sup>o</sup>).

Guerra e Mendonça (2004) acreditam que os impactos ambientais resultantes de ação antrópica podem causar mudanças benéficas ou adversas. Em relação às alterações

benéficas, destacam-se as ações na agricultura, que visam alterar química e mecanicamente o solo, resultando em uma maior produtividade, porém essas alterações podem causar um desequilíbrio químico e biológico no solo, além de alterar a estrutura do mesmo, podendo resultar em erosão acelerada.

Para Coelho (2006) impacto ambiental é descrito como “processo de mudanças sociais e ecológicas causadas por perturbações (...) no ambiente” (p. 24), se alteram no tempo e modificam as estruturas das classes sociais que reestruturam o espaço. A autora entende que para estudar impactos ambientais é necessário uma análise de cada caso particular, questionando-o sistematicamente.

A análise de impactos ambientais urbanos impõe para cada caso a necessidade de investigar as localizações, as distâncias, as condições ecológicas, o acesso diferencial à terra, as ações e formas de apropriação social dos espaços da cidade. (Coelho, 2006, p. 28)

Decorrem desses impactos algumas situações que podem ser classificadas como de ‘riscos ambientais’. Desse modo, Castro; Peixoto e Rio (2005) definem risco como:

(...) uma categoria de análise associada a priori às noções de *incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos* materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem ‘natural’ (tais como processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas. (destaque dos autores, p.12)

Veyret (2007) define o ‘risco’ como um objeto social, visto como a percepção do perigo, catástrofe possível, existindo “em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e que ele convive por meio de práticas específicas” (p. 11). Não havendo risco sem que esse grupo de pessoas envolvido o perceba ou possa sofrer seus efeitos.

Processos erosivos podem ser expressos como mecanismos de origem natural responsáveis por transformações ambientais e criando novas feições morfológicas. Quando esses processos recebem *inputs*, decorrentes das atividades humanas, estes são acelerados e são criadas situações de risco às populações e seus interesses. Nesse contexto, alguns processos erosivos, quando em áreas urbanas, envolvem situações de riscos ambientais. Processos esses relacionados à ocorrência de eventos de origem natural, como possibilidade enchentes, desmoronamentos de encostas, sulcos, ravinhas que evoluem à categoria de voçorocas. Esses são os pressupostos que fundamentam a reflexão teórica da questão ambiental urbana, seus impactos.

Torres (2000) entende que “a categoria de risco ambiental tem sido utilizada para classificar diferentes áreas urbanas e rurais sujeitas á fenômenos geológicos, como

deslizamentos, inundações”, porém acredita que “ela pode ser particularmente importante na abordagem sociológica e demográfica da questão ambiental” (p.53).

Para Castro, Peixoto e Rio (2005), *risco* está associado “à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não-constantemente e não-determinados”, e refere-se à maneira como estes processos afetam a vida humana de forma direta ou indireta. Citam que ‘perigo’ é freqüentemente considerado como sinônimo de ‘risco’, entretanto alertam que no meio acadêmico e científico, muitas vezes, esses termos têm sido utilizados indiscriminadamente, sem esclarecimento das nuances envolvidas. Em seu artigo, Castro; Peixoto e Rio (2005) trazem conceituações segundo diferentes autores sobre esse vocábulo, sendo traduzido do inglês *hazard*, e interpretado por ameaça potencial a pessoas ou bens, ou ameaça às pessoas e às coisas que elas valorizam.

Seguindo esta percepção, Zuquette e Pejon (2004) entendem que os eventos perigosos, são processos naturais, ou resultantes destes, podendo ser de origem geológica, climatológica, hidrológica associadas às interações entre a forma de ocupação e o meio ambiente.

Por outro lado, Veyret (2007) considera ‘perigo’ de um modo mais abrangente, como um termo usado para descrever conseqüências objetivas de uma área (acontecimentos possíveis) sobre um indivíduo, um grupo de indivíduos, a organização do território ou sobre o meio ambiente, sendo perigo um fato potencial e objetivo. A autora descreve que os riscos podem ter origens distintas, podendo ser ambientais, industriais, econômicas ou sociais, no entanto, para a elaboração desse estudo, optou-se por focar os riscos ambientais. Estes são resultados da “associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território” (p. 63).

Egler (1996) entende que a análise de risco ambiental deve ser tida como um “indicador dinâmico das relações entre os sistemas naturais, a estrutura produtiva e as condições sociais de reprodução humana em um determinado lugar e momento.” Assim, deve se considerar o conceito de risco ambiental como resultado da união de três categorias básicas: o risco tecnológico; o risco social; e o risco natural.

O risco tecnológico é definido como o potencial de ocorrência de eventos que arrisquem a vida, em períodos de duração variados, conseqüentes das decisões de investimento na estrutura produtiva. O risco social é visto como resultado das carências sociais ao desenvolvimento humano que contribuem para a degradação das condições de vida. São comumente observáveis, nas condições de habitações, acessibilidade aos serviços básicos (água tratada, coleta de esgoto e lixo), em um momento posterior pode atingir as condições de emprego, renda e capacidade de produção local.

E o risco natural está relacionado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais, ou seja, é levado em consideração o grau de estabilidade/instabilidade em sua vulnerabilidade a eventos críticos de durações variadas. Os eventos críticos podem ser agrupados em Atmosférico-Climatológicos (furações, ciclones, tronados, tempestades, trovões, chuvas, secas, assim como calor extremo e frio extremo), Endógenos (terremotos, vulcanismos e tsunamis) ou Exógenos (erosão, movimentos de massa, enchentes e assoreamentos). Como exposto anteriormente, esse trabalho dá ênfase à ocorrência de voçorocas no município de Ponta Grossa, que é uma forma de erosão, que pode ser intensificada por ocupações humanas não adequadas.

Conceitualmente, a erosão natural atua sobre os materiais alterados da superfície ou da subsuperfície que estão presentes nas vertentes, resultando naturalmente, no desgaste externo da superfície, enquanto a contínua alteração das rochas permite que o perfil do solo seja mantido e compensado. Porém esse processo pode ser acelerado devido à ação antrópica.

Campos et al. (2008) esclarecem sobre a necessidade de compreensão da idéia de fluxos de matéria e de energia para entender o funcionamento dos sistemas naturais (encostas ou bacias hidrográficas, por exemplo). Assim, explicam, que no momento em que o sistema natural não consegue dissipar a energia disponível, o sistema tende a adaptar-se buscando atingir um novo estado de equilíbrio, isto é, um sistema natural reflete na busca constante pelo equilíbrio dinâmico daquele ambiente ou daquela paisagem. E complementam, descrevendo que a capacidade que um sistema natural tem de dissipar energia, está associada às características do sistema – uso do solo, cobertura vegetal, estrutura geológica, forma da vertente, entre outros. Os autores acreditam que o principal fator de alteração das características do sistema provém da ação antrópica, através da retirada da vegetação original, construção de estradas e vias de acesso, cortes nas vertentes, alterando o equilíbrio do sistema natural, desestabilizando-o.

A noção do equilíbrio em Geomorfologia é conceituada por Christofolletti (1974) como os materiais, os processos e a geometria do modelado que “compõe um conjunto auto-regulador, sendo que toda forma é um produto do ajustamento entre matérias e processos” (p. 6), assim, equilíbrio é o completo ajustamento das variáveis internas de um sistema às condições externas.

Bigarella (2003a) conceitua erosão como “o processo de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais” (p. 884). Desse modo está associado à fragmentação mecânica, à decomposição química das rochas assim como à remoção superficial ou de subsuperfície de material intemperizado. Ou seja, a erosão baseia-se no processo de desgaste do material rochoso e na remoção dos detritos resultantes. Há uma variedade de tipos de erosão que atuam desgastando a crosta

terrestre, entre eles, as causadas pela água (fluvial, pluvial, glacial, ondas e correntes marinhas), pelo vento e pela gravidade. O autor destaca a erosão hídrica como um dos fenômenos erosivos mais relevantes, em especial em áreas tropicais e subtropicais, pois a água é considerada o agente mais importante na esculturação da paisagem, atuando na maioria dos processos, como no intemperismo, na erosão propriamente dita, no transporte e na deposição dos sedimentos.

A erosão hídrica age de duas formas diferentes: primeiramente, quando a água atinge a superfície do solo, desagregando-o e permitindo que suas partículas se tornem menores e mais finas, assim podendo ser transportadas; posteriormente, a água age também em subsuperfície, afetando o material inconsolidado, através de lixiviação, ravinamento, desmoronamento, entre outros processos erosivos. Desse modo, Bigarella (2003a) explica que “A natureza da erosão do solo depende da relação entre a erosividade das gotas da chuva e da água corrente e a erodibilidade que implica na desagregação e no transporte do material do solo.” (p. 884). E, complementa que a erosividade e a erodibilidade não são necessariamente independentes, ambas podem agir mutuamente.

A água corrente, como agente erosivo em superfície e subsuperfície, em fluxo laminar ou em filetes, retira o material do solo pela ação hidráulica e transporta o material desagregado através de tração, saltação, suspensão, solução e flotação. A água em subsuperfície pode também retirar o material do solo através de lixiviação e corrosão ou solubilização, transportando os minerais em forma de solução.

Também Guerra e Cunha (2007) acreditam que os processos de erosão estão intimamente ligados com a ação da água, ou seja, com o ciclo hidrológico, este, que Bigarella (2003a) sintetiza, como sendo compreendido pelo transporte da água evaporada do mar para a terra (áreas continentais e insulares), sua precipitação e drenagem em direção ao oceano. Ou seja, no momento em que ocorre precipitação não superficial, parte da água cai sobre o solo de maneira direta, quando o solo não está protegido pela vegetação, ou de maneira indireta, quando a água goteja das folhas e escorre pelos troncos, lembrando que outra parcela da água é interceptada pelas folhas, ramos e caules, e parte dela evapora retornando à atmosfera sem atingir o solo.

A presença ou ausência de vegetação influencia na ocorrência de erosão, pois em uma floresta, a energia cinética da gota da chuva e seu impacto no solo são minimizados pelas folhas das árvores, assim como pela serrapilheira, ocorre uma redução da velocidade do escoamento, e da capacidade de transportar sedimentos. As plantas isolam termicamente o solo, evitando que haja grande variação de temperatura, reduzindo seu ressecamento. A ocorrência de vegetação herbácea também funciona como controlador de erosão, mesmo que em menor proporção do que a floresta. A infiltração da água é

facilitada quando há presença de vegetação, devido à ação das raízes, que assim como a fauna, penetra no solo, aumentando sua porosidade e a permeabilidade.

Sem a presença de vegetação, no momento que a água atinge o solo, pode provocar a desagregação de partículas (através do salpicamento) e parte dela tende a ser infiltrada, porém quando o solo não consegue mais absorver a água, o excesso escorre de maneira superficial, realizando o transporte dessas partículas desagregadas (por suspensão, saltação ou rolamento), ou subsuperficialmente. Infanti Junior e Fornasari Filho (1998) mencionam o desenvolvimento de erosão resultante de águas subsuperficiais, descrito por Guerra e Cunha (2007) como, àquele que ocorre nas camadas superiores do solo, a água se movimenta através dos poros existentes no mesmo. Quando este ocorre em fluxos concentrados, isto é, em túneis ou dutos (processo também chamado de *piping*, erosão subterrânea remontante ou ainda de entubamento), possui efeitos erosivos que resultam em colapso da superfície. Esses dutos são abertos devido à dissolução e carreamento de minerais em subsuperfície, tendo diâmetros que variam de poucos centímetros a vários metros.

Os sedimentos transportados são depositados em áreas mais baixas, podendo também, causar assoreamento de corpos de água. Bigarella (2003a) salienta que, além do desprendimento, da fragmentação e da movimentação das partículas em superfície, as gotas de chuva podem contribuir na compactação do solo, formando uma crosta que sela os poros, facilitando também, o escoamento superficial. Por outro lado, o autor elucida que a água que infiltra o solo pode atingir uma camada impermeável, devido à ação da gravidade sendo forçada a mover-se subsuperficialmente, até atingir e incorporar o lençol freático. Essa água desloca-se internamente para as porções inferiores das vertentes, podendo aflorar na superfície como fluxo de retorno, originando zona saturadas e pantanosas ou fontes que alimentam cursos de água. O autor explica que a infiltração da água no solo é controlada por diferentes fatores, em que se destacam: frequência e intensidade da precipitação, estrutura do solo – porosidade, permeabilidade, agregação e presença de fendas – declividade do terreno, tipo de vegetação e de uso na superfície do solo.

No entanto a capacidade de infiltração de um solo varia durante a precipitação, sendo mais rápida no início, e reduzindo ao longo do tempo, até tornar-se constante. No momento em que a taxa de precipitação se torna maior do que a capacidade de infiltração, a água começa a se acumular na superfície, iniciando o escoamento. Entre os diferentes fatores que influenciam no escoamento superficial observam-se as variações das condições climáticas, condições bióticas e edafológicas, atividades antrópicas, densidade e velocidade do escoamento, espessura da lâmina de água, assim como a inclinação e o comprimento da vertente, ou seja, a forma do relevo.

Em relação à influência antrópica, Ramos (1995) evidencia a erosão ocorrida em bacias urbanas, destacando a implantação de loteamentos, assim como realização de obras públicas e privadas de grande porte que resultam em grandes movimentações de terra, alterando significativamente a topografia local. Em geral, a camada superior do solo é removida, expondo os substratos que podem possuir taxas de erodibilidade diferentes. É comum que a implantação de projetos como esses demandem um longo período de tempo, e ainda em condições precárias (antes de concluir a edificação, a pavimentação e a implantação aéreas verdes, associadas à drenagem de águas pluviais) passe por períodos chuvosos, podendo ser precipitações concentradas ou acumuladas, desencadeando processos erosivos. Outro fator que se observa empiricamente no município de Ponta Grossa é que empreendimentos como loteamentos habitacionais são implantados e entregues sem que todos esses elementos tenham sido finalizados, como a captação de água pluvial e a pavimentação das vias públicas, desse modo, há ocorrência de processos erosivos antrópicos significativos, em diferentes áreas da cidade.

Infanti Junior e Fornasari Filho (1998) e Ramos (1995) distinguem em dois tipos de erosão que podem ocorrer com o escoamento superficial, a erosão laminar ou em lençol e a erosão linear. A primeira resulta do escoamento difuso da água pluvial, removendo de forma progressiva e uniforme, partículas dos horizontes superficiais do solo, já a segunda, resulta da concentração de linhas de água, formando inicialmente sulcos, que podem evoluir para ravinas e quando associadas ao lençol freático, chamam-se voçorocas.

Por outro lado, Bigarella (2003a) detalha de modo mais aprofundado, as diferentes formas de escoamento superficial que tendem a evoluir para processos erosivos: i) escoamento em lençol ou laminar (*sheet wash*) - ocorre em áreas planas e quase horizontais, a água escoar sobre o solo como uma lâmina, removendo partículas soltas; ii) escoamento em filetes (*rill wash*) – ocorre a formação de filetes de água anastomosados, que desviam de pequenos obstáculos, em áreas de pequeno declive; iii) torrente em lençol (*sheet flood*) - ocorre em áreas semi-áridas durante enxurradas; iv) torrente canalizada (*stream flood*) - também ocorre em áreas semi-áridas, associadas a tempestades, e se limitam aos canais de drenagem existentes; v) escoamento em fluxos concentrados, ravinas e voçorocas (*gullying*) – ocorre quando a água escoar de forma linear, formando sulcos que podem evoluir para ravinas e voçorocas. Desse modo, o escoamento está associado ao transporte de material solto, resultado de salpicamento, bem como de partículas que venham a se desagregar pela ação do próprio escoamento.

O escoamento superficial desempenha um papel seletivo, que varia com o substrato, a velocidade e quantidade de água que escoar, assim como a declividade da vertente. Se a espessura da lâmina de água for menor, associada a uma declividade inferior, possibilitará uma menor velocidade, carregando materiais mais finos, do contrário, água que

escoa, transportará partículas mais grosseiras, até mesmo pequenos seixos, sendo menos seletivo. O escoamento superficial se torna um agente erosivo quando a energia da água que escoa é superior à coesão do solo, ou seja, seu poder de erosão é maior do que a resistência do solo. Os solos de areias quartzosas são menos coesos, por exemplo. E a capacidade de erosão depende principalmente das partículas que são transportadas, pois dependendo do material, este pode ter uma ação mais corrosiva, desgastando mecanicamente a superfície de forma abrasiva (BIGARELLA, 1985; 2003a). O autor, explica que quando a vertente deixa de ser pouco declivosa, quase horizontal, e se torna mais íngreme, o escoamento laminar se torna rareado, ocorrendo apenas em casos de chuvas torrenciais.

Nesse caso, a água escoa em forma de filetes por entre pequenos obstáculos, como seixos e tufos de vegetação, formando pequenos sulcos perpendiculares às curvas de nível. Quando há a transformação do fluxo laminar para o fluxo em filetes, ocorre turbilhonamento que escava uma pequena depressão, essa tende a se alongar à jusante, porém a montante, a cabeceira do filete migra vertente a cima, ou seja, há um crescimento em ambos os sentidos, além de que no momento em que filetes paralelos suprem os obstáculos que há entre eles, ocorre a formação de filetes mais aprofundados, devido ao aumento da energia decorrente da maior quantidade de água concentrada, delineando sulcos mais aprofundados do que no início do processo.

Os filetes possuem densidades que variam de acordo com a quantidade de material sólido que carrega, além de que a declividade e o comprimento da vertente determinam tanto a velocidade como a capacidade de transportar materiais desagregados. O material mais grosseiro é transportado por saltação e rolamento, se depositando em áreas mais planas, que permitem a redução da velocidade da água, enquanto que o material mais fino é carregado em suspensão, até os cursos de água, fazendo com que estes se tornem visualmente mais turvos.

Com a formação dos filetes, e posterior aprofundamento dos mesmos, formando sulcos, que possibilitam o escoamento concentrado de água com sedimentos, possuindo assim um maior poder erosivo, devido ao atrito dos sedimentos carregados pela água e o material que se desagrega dos fundos e paredes dos sulcos. Paralelamente ocorre o avanço das cabeceiras à montante, e o alargamento das paredes dos sulcos, por solapamentos e movimentos de massa.

Quando esses sulcos tem seus tamanhos aumentados, em especial, em suas larguras e profundidades, são chamados de ravinas, que possuem as seguintes características (IMESON; KWAAD, 1980 apud BIGARELLA, 2003a): i) originam-se onde há escoamento superficial concentrado; ii) restringem-se, em geral, às vertentes com depósitos inconsolidados; iii) são ocupadas apenas por águas temporárias, relacionados aos eventos

pluviométricos; iv) não ocorre uma relação simples entre a vertente à montante e a ravina. Bigarella (2003a) adotou uma terminologia quantitativa para diferenciar fluxos concentrados de diferentes profundidades: até 5 cm – ranhura; de 5 a 30 cm – sulco; de 30 a 100 cm – vala; e maior do que 100 cm – ravina.

Porém, existe uma grande discussão quanto à nomenclatura e dimensões desses processos erosivos, assim como o de voçoroca. Campos et al (2008) fazem uma revisão quanto às classificações que diferem esses processos erosivos acelerados. Segundo os autores existem duas vertentes, a quantitativa e a qualitativa, na primeira, são adotados critérios de medidas dos canais considerando suas larguras e profundidades. As caracterizações qualitativas levam em consideração as características dos canais, destacando, por exemplo, que as ravinas são criadas pela ação do escoamento superficial, enquanto as voçorocas, pela água do lençol freático; ou descrições dos perfis, onde os sulcos se caracterizam por serem canais rasos em forma de “V”, com ocorrência de processos erosivos superficiais; as ravinas também sofrem a ação dos processos erosivos superficiais, contudo seus canais são mais profundos, também com forma de “V”; já as voçorocas são profundas, com seção transversal em “U”, e sofrem a atuação de processos erosivos superficiais e subsuperficiais (BACELLAR, 2006). Gradativamente, após a formação dos filetes descritos à cima, a erosão em sulco ou ravina tende a ocorrer no local de maior inclinação da vertente e em solos pouco coesos.

Bigarella (2003a) entende que poucas são as ravinas originadas exclusivamente de fluxo superficial concentrado, ou seja, o início do processo de ravinamento está normalmente associado a alterações na cobertura vegetal natural, tanto por alterações do clima naturais, como pela influência antrópica na paisagem, seja através de desmatamento, agricultura pecuária ou outras como a urbanização. Existem ravinas em que ocorre a erosão acelerada, onde há “remoção de grande quantidade de solo e sedimentos” (p. 927), nesses casos há uma alteração representativa da topografia e da paisagem local. O autor expõe que essa forma de erosão tende a ser mais frequente, devido a ações antrópicas. O agente erosivo mais atuante nesses casos é a água subterrânea, sendo o processo conhecido como voçoroca.

A voçoroca é resultado de um desequilíbrio hidrológico e suas incisões erosivas além de profundas, seguem um padrão determinado pela estrutura geológica.

(...) constitui um canal de drenagem de paredes abruptas, com fluxos efêmeros ou, eventualmente, pequenos. A erosão geralmente é intensa. Termina numa cabeceira extremamente íngreme e escarpada. (...) Na maioria dos casos, ocorrem em vertentes constituídas por material inconsolidado. Nelas o fluxo das águas é intermitente. Não existe uma relação simples entre a vertente, a montante e a voçoroca em si. (BIAGRELLA, 2003a, p. 929)

O autor, em sua citação, entende por intermitente, o fluxo de águas pluviais que não são constantes, porém a ocorrência de água do lençol freático aflorado é constante no interior de voçorocas. Quanto ao processo formação da voçoroca, entende-se que este seja cíclico possuindo quatro fases fundamentais: i) erosão do canal e encaixamento; ii) retrocesso da cabeceira e rápido alargamento; iii) recomposição; iv) estabilização. Há um consenso entre pesquisadores que o fator desencadeante das voçorocas seja em grande parte, a ação antrópica, apesar de haver evidências de ocorrência de voçorocas no passado geológico, provocadas por alterações climáticas que afetaram as condições ambientais, em especial a cobertura vegetal.

No início, a montante da cabeceira da voçoroca, o fluxo de água turbulento transporta em suspensão grande quantidade de material fino, síltico-argiloso até arenoso fino, bem como, exerce uma ação de arraste intensa no leito. (BIGARELLA, 1985, p.105)

Assim, grande quantidade de material em suspensão resulta no aumento de densidade e viscosidade ao fluxo de água.

Toda vertente é constituída de material inconsolidado, portanto, na cabeceira da voçoroca, ocorre uma ruptura de relevo bem acentuada, formando um degrau, e nesse local a água que escoia superficialmente aprofunda rapidamente seu leito nesse material, resultando em movimentos de massa das paredes e da cabeceira do canal de fluxo concentrado, havendo, portanto um recuo causado por abrasão e por liquefação. Com o desmoronamento das cabeceiras, associado à liquefação do material das vertentes, ocorre um aumento da velocidade da erosão em voçorocas (BIGARELLA, 1985).

Visto que as características físicas do terreno indicam as áreas de maior fragilidade e potencialidade, Carvalho e Prandini (1998) consideram a área urbana como o local de aplicações de conhecimento geológico de diferentes culturas, em diferentes épocas, onde as populações antigas visavam se estabelecer, de acordo com os fatores do meio físico, observando a presença de água, forma do relevo, disponibilidade dos recursos naturais, inclusive para a construção. Assim, os autores definem, que apesar de muitas cidades não terem sobrevivido ao tempo, esta é a única obra feita para durar indefinidamente, considerando que “a Cidade é para sempre” (p. 487). Desse modo, os autores relembram que na década de 1950, menos de 40% da população do Brasil habitavam as cidades.

Assim sendo, os melhores terrenos eram ocupados, e as áreas visivelmente problemáticas ficavam sem ocupação, havendo é claro uma associação da realidade física com a socioeconômica. Contudo, a partir dos anos de 1960, e especialmente de 1970, ocorreu o início da urbanização acelerada, causando a ocupação de terrenos geologicamente inapropriados. Porém, que os gestores das cidades, desde então visavam

expansão das áreas urbanas com uso de projetos-padrão sem adequá-los à natureza dos terrenos.

Galerani et al. (1995) entendem que os principais processos erosivos dos centros urbanos são causados pela ação da água e são agravados pela ação antrópica, ao alterar as características naturais do local, com o desmatamento, a remoção de encostas, o aumento das áreas impermeabilizadas, além da criação de vias de acesso. Peloggia (2005) discute a transformação do ambiente geológico pelo homem, processo chamado de geotecnogênese. O homem age segundo seus interesses, transformando o relevo, modificando os processos geológicos superficiais e criando depósitos sedimentares. Dentre os destaque sobre a caracterização da ação geomorfológica do homem, tem-se Goudie (2000) que faz uma distinção entre os processos antropogênicos diretos e indiretos. Entre os primeiros, vale salientar os associados à construção como compactação e aterramento, àqueles de escavação, ou seja, perfuração, corte, mineração, rompimento de rocha com material corrosivo ou não, assim como a interferência hidrológica: enchente, construção e modificação de canal, dragagem e drenagem.

Os processos antropogênicos indiretos são considerados de extrema importância pelo autor, pois significam muitas vezes a aceleração de um processo natural. Destacam-se a ocorrência de colapsos, devido à mineração, movimentos de massa, como escorregamento, deslizamento e corrida de lama, assim como a aceleração de erosão e sedimentação devido a modificações do regime hidrológico resultado de atividades agrícolas, construção de estradas e de urbanização, tema de destaque nesse trabalho.

O processo erosivo que se destaca nas áreas urbanas é a erosão linear, resultado de alterações do escoamento superficial em fluxo concentrado de água pluvial, fenômeno acentuado em áreas urbanizadas. De acordo com o aprofundamento da incisão, a água subsuperficial também atua no desenvolvimento da erosão, em conjunto com a água superficial (IWASA; FENDRICH, 1998).

Bigarella (2003b) apresenta os problemas que podem resultar da implantação rápida de cidades sem um planejamento e uma organização adequados, como foi o caso do Noroeste do Paraná, que passou por um processo intensivo de colonização a partir da década de 1950. Correram imensas voçorocas nas imediações das áreas urbanizadas, progredindo a montante, em direção à cidade, destruindo ruas, edificações, redes de água e esgoto, “colocando em risco toda a estrutura urbana” (p. 961)

Desse modo, o autor vê a importância de se fazer um controle racional da erosão, tanto nas áreas urbanas, como rurais e periurbanas, esse controle torna-se um processo permanente, associado a um manejo apropriado do solo. Além das obras de contenção e estabilização dos canais e das áreas atingidas pela erosão, é necessário realizar obras de microdrenagem, como construção de sarjetas, bocas-de-lobo e coletores,

associadas às obras de macrodrenagem, para conduzir a água drenada na área urbana até seu lançamento final, visando à redução da energia da água. Tucci e Genz (1995) complementam que esse controle deve ser mantido permanentemente, com o objetivo de minimizar custos sociais, e econômicos dos impactos. Iwasa e Fendrich (1998) destacam que os custos aos cofres públicos para o controle e a recuperação de erosão urbana são bem maiores do que o gasto adicional que teria na implantação da infra-estrutura após um planejamento bem embasado.

Bigarella (2003b) recomenda que sejam pavimentadas as vias públicas, para evitar erosão laminar e em sulcos, nas ruas com maior declive, além de destinar a água do escoamento superficial para as bocas-de-lobo (bueiro). No entanto, para que essas obras tenham um resultado eficaz, é necessário que seja feita de forma completa, para não haver a transferência do problema de um lugar para o outro, podendo surgir novas erosões.

Galerani et al. (1995) também acreditam que a pavimentação pode ser funcional no controle da erosão, porém os autores salientam que a pavimentação deve, sempre que possível, ser mais permeável, reduzindo assim o volume do escoamento superficial, sabendo que o tipo de pavimentação adotada varia de acordo com a intensidade do tráfego. Associada à pavimentação é relevante que haja a condução da água que escoar superficialmente através da microdrenagem. Os autores destacam que os custos de implantação desse sistema são proporcionais ao volume de água que escoar, sendo aconselhável que na região empregada haja uma maximização das áreas vegetadas, diminuindo o coeficiente de impermeabilização. A água que escoar superficialmente é captada por canaletas laterais (sarjetas), que em geral tem forma de “V” com inclinação mais abrupta na guia, ou seja, próximo ao passeio, e uma declividade mais suave em relação à área pavimentada, evitando que sejam formadas erosões no fluxo lateral da rua.

Para direcionar as águas conduzidas pelas sarjetas à tubulação pluvial, são construídas bocas-de-lobo, evitando que o escoamento cruze as ruas podendo acumular maior escoamento que as sarjetas à jusante possam suportar. As bocas-de-lobo podem ser distintas, possuindo apenas abertura na guia, ou na sarjeta, assim como a combinação de ambas. A água é, portanto conduzida à tubulação respeitando os limites de velocidade da água para que não haja erosão no seu interior. Posteriormente essa água deve ser levada a galerias que compõe a macrodrenagem.

O problema frequente é o lançamento da água no terreno natural, para isso existem formas de se implantar dissipadores de energia no sistema de macrodrenagem, porém quando a água é emitida às áreas instáveis no terreno natural, este pode dar início a um processo erosivo que pode crescer à montante, inclusive destruindo parte do sistema implantado. Nesse caso, Galerani et al. (1995) recomendam que a água seja levada ainda pelo sistema até uma área mais estável da bacia hidrográfica, o que pode ser bastante

custoso, devido à possível distância dessa área. A recomendação dos autores para o caso que haver erosão na área periurbana onde a água seria dissipada, que se estabilizasse o talvegue erodido através de obras de engenharia, e a água fosse conduzida por esse local para a rede de drenagem.

Após compreender uma forma ideal de implantação de sistemas de micro e macrodrenagem, no capítulo seguinte são expostas situações específicas da área urbana do município de Ponta Grossa.

### 3 ASPECTOS DE PONTA GROSSA

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E DIVISÃO DO MUNICÍPIO

Grande parte do município de Ponta Grossa, incluindo a área urbana, localiza-se no Segundo Planalto Paranaense, na região dos Campos Gerais, cerca de 163.471 ha. Apenas uma pequena porção (aproximadamente 38.979 ha), a Leste da Escarpa Devoniana, encontra-se no Primeiro Planalto, como pode ser observado na figura 1. Segundo estimativa do IBGE (2008), Ponta Grossa tem uma população de 314.681 habitantes.

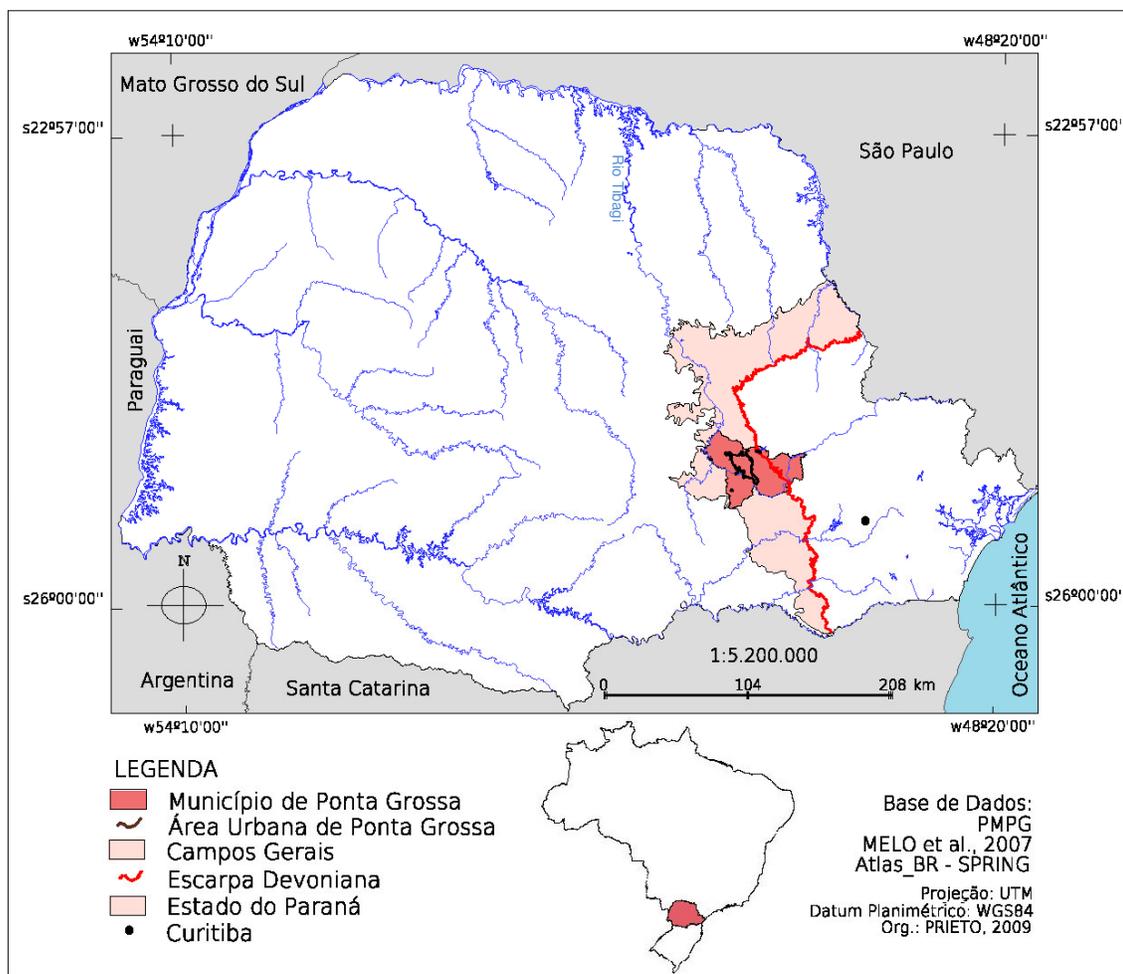


FIGURA 1 – Mapa de localização do município de Ponta Grossa e sua área urbana no Estado do Paraná e na região dos Campos Gerais.

Segundo a atualização do Plano Diretor do município, publicada em 2006 (PMPG, 2006), houve a criação de projetos de lei que o embasariam. Projetos estes referentes ao zoneamento, delimitação do perímetro urbano, entre outros. Contudo poucos desses projetos foram decretados até o presente, entre eles, a lei que trata da delimitação do perímetro urbano. Esta esclarece que, além de alterar os limites do Distrito Sede de

Ponta Grossa, foram incluídos ao perímetro urbano os Distritos Administrativos de Uvaia e Guaragi, e uma Área Urbana Isolada, sendo que esta representa um loteamento próximo à represa de Alagados. Não há áreas urbanas nos outros Distritos Administrativos, Piriquitos e Itaiacoca (FIGURA 2).

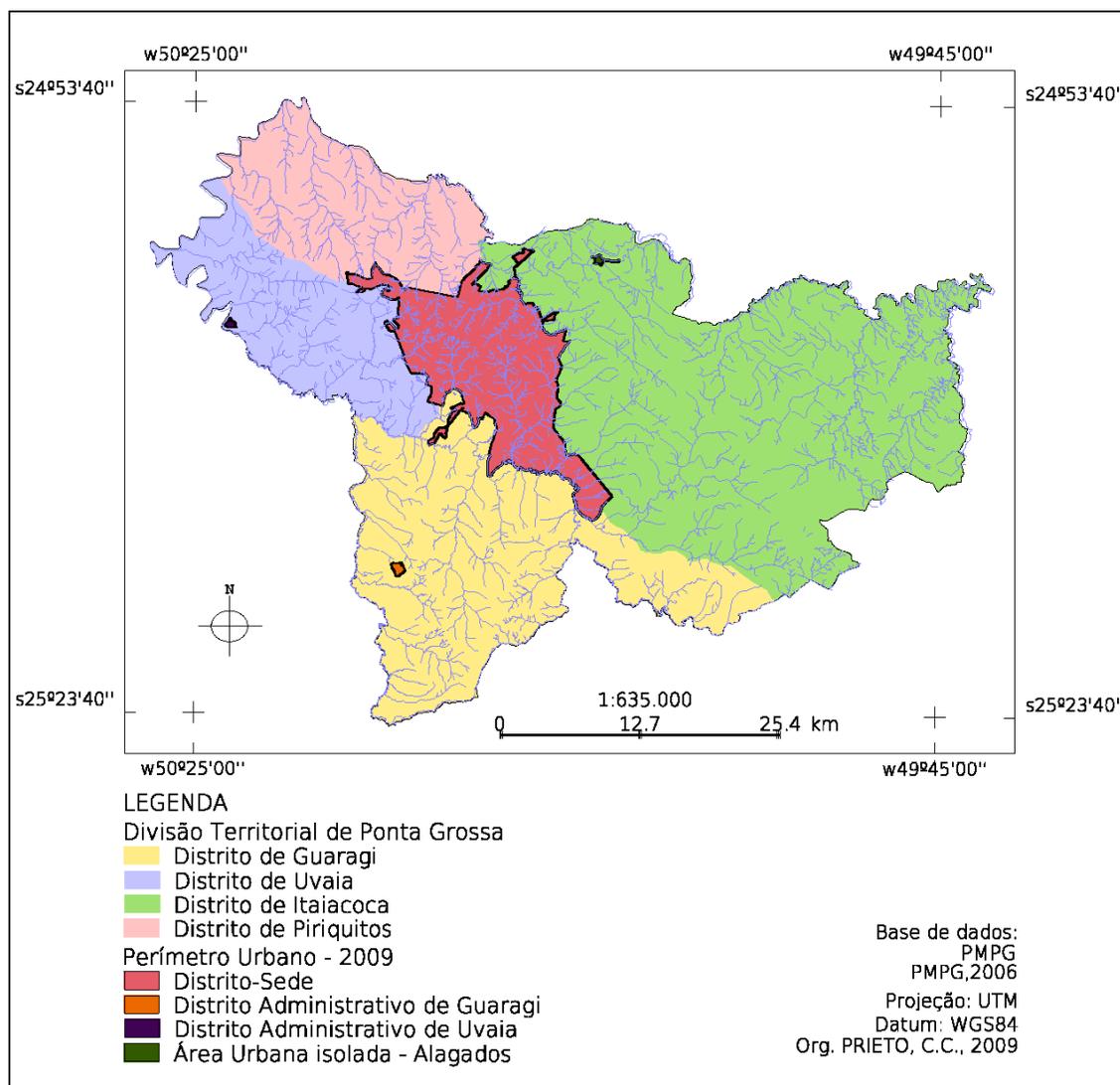


FIGURA 2 – Mapa do perímetro urbano e divisão dos distritos de Ponta Grossa – PR em 2009, com base na Lei do Perímetro Urbano L. 8.799/06.

É relevante ressaltar que o limite do perímetro urbano utilizado nesse trabalho é o mais atual, baseado na descrição da lei do perímetro urbano, n. 8.799/06, cedido em agosto de 2009 pela Prefeitura Municipal de Ponta Grossa (PMPG), entretanto os dados de hidrografia e malha urbana além das curvas de nível datam de 1995, obtidos por restituição de fotografias aéreas na escala de 1:8.000, pela PMPG. São utilizados também vetores da hidrografia que extrapolam o perímetro urbano, estes foram extraídos de cartas topográficas (com escala vertical de 1:50.000) e de imagens do satélite Landsat 7 (resolução visual de 15

metros), sendo estes cedidos pela PMPG. Nos mapeamentos realizados no âmbito urbano ao decorrer desse trabalho destaca-se apenas o Distrito Sede, já que as áreas urbanas afastadas não fazem parte da temática geral desse trabalho.

### 3.2 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO URBANA

Ponta Grossa tem sua história marcada pelo 'Caminho das Tropas', entre os séculos XVIII e XIX. Nesse período os tropeiros conduziam o gado do estado do Rio Grande do Sul ao estado de São Paulo para sua comercialização. Durante esse período, a pecuária desenvolve-se na região dos Campos Gerais, onde Ponta Grossa está inserida, pois os campos de gramíneas tinham características ideais para a pecuária e esta era uma atividade que exigia pouca mão de obra além de ser bastante rentável. A criação de gado torna-se desvalorizada no final do século XIX, sendo o cultivo de café a atividade de destaque nacional. Nessa mesma fase, há a implantação de estradas de ferro, que resulta na desvalorização do mar como meio de transporte. Posteriormente, as atividades que se destacam na região de Ponta Grossa são a extração de erva-mate e da madeira, espécies da Mata com Araucária (LÖWEN, 1990).

A ferrovia chega à Ponta Grossa na década de 1880, ligando o município à Curitiba e Paranaguá. Poucos anos mais tarde (1899), foram iniciadas as obras da Estrada de Ferro São Paulo – Rio Grande do Sul, ambas com estações na área urbana (MONASTIRSKY, 2001). Nessa fase, a erva-mate, produzida no interior do Paraná, era comercializada em Ponta Grossa e exportada para a Argentina e para o Uruguai, partindo de trem até o porto de Paranaguá. Após a Primeira Guerra Mundial o ciclo da madeira trona-se o destaque da economia do estado, tendo a ferrovia fundamental importância no escoamento do produto do interior para o litoral do estado, por onde seriam exportados.

O comércio e a indústria eram significativos em Ponta Grossa desde o século XIX, gerando emprego na cidade. As indústrias que se destacam, são as serrarias, olarias, e aquelas de beneficiamento da erva-mate. A migração é significativa desde o final do século XIX, tanto de brasileiros provenientes do próprio estado e de outras regiões, como os migrantes provenientes de outros países, como Polônia, Itália, Alemanha e Rússia. Os imigrantes estrangeiros integraram diferentes atividades econômicas, sendo que alguns habitavam colônias agrícolas, e comercializavam seus produtos, e outros habitaram a área urbana, trabalhando como empregados ou abrindo seus estabelecimentos industriais e comerciais, sendo Ponta Grossa considerada no início do século XX, uma cidade próspera (LÖWEN, 1990).

A urbanização de Ponta Grossa passou por um crescimento mais significativo durante a segunda metade do século XX, associado ao êxodo rural, consequência da revolução técnico-científico-informacional, afetando cidades grandes e médias no Brasil, não

sendo diferente em Ponta Grossa, como relatam Medeiros e Melo (2001) em concordância com Santos (1989). No Brasil, nesse mesmo período, foi implantada uma política desenvolvimentista na área rural, descrita por Löwen (1990), pela entrada do capitalismo, resultam na expulsão de grande parte de pequenos agricultores, obrigando-os a migrar para as cidades, devido à monopolização das terras por grandes proprietários. Fato que levou essa população a buscar trabalho em indústrias e em serviços, ambos disponíveis em áreas urbanas.

Para compreender o aumento populacional do município de Ponta Grossa é necessário recordar que além do êxodo rural, houve o processo migratório no Paraná, afetando também o município em questão. Entre 1940 e 1970 a população rural cresceu 374% e a urbana 729% em todo o estado (LÖWEN, 1990), e em Ponta Grossa, nesse mesmo período as populações rural e urbana cresceram respectivamente 125% e 374% (TABELA 1). O crescimento da população urbana de Ponta Grossa não acompanhou o ritmo percentual do estado, porque em 1940, esta já representava 73% da população total do município, aumentando para 97% em 2000, diferentemente a realidade do Paraná como um todo.

TABELA 1 – Crescimento das populações rural e urbana entre 1940 e 1970 no Paraná e em Ponta Grossa.

|                         | <b>Paraná</b> | <b>Ponta Grossa</b> |
|-------------------------|---------------|---------------------|
| <b>População rural</b>  | 374%          | 125%                |
| <b>População urbana</b> | 729%          | 374%                |

Fonte: Löwen, 1990

O aumento da população urbana, rural e total de Ponta Grossa entre 1940 e 2000 pode ser observado na tabela 2, segundo as décadas em números absolutos e relativos. A população urbana vem expandindo desde a década de 1940, com um pico de crescimento entre 1950 e 1960, alcançando os 80,6% em apenas dez anos. Houve uma redução da taxa de crescimento entre as décadas de 1980 e 2000, sendo de 28,2% entre 1980 e 1991 e 20,3% entre 1991 e 2000. Já a população rural, passou por crescimento menos significativo entre 1940 e 1970, e posteriormente, uma redução da população contínua entre 1970 e 2000, comprovando a ocorrência de êxodo rural no município de Ponta Grossa, em período coincidente com a ocorrência da chamada 'Revolução Verde'.

Desse modo, observa-se que houve um crescimento da população total de 662,9% entre 1940 e 2000. A população urbana aumentou em 882,5% nesse mesmo período e a população rural, mesmo tendo crescido entre 1940 e 1970, após esse período passou por um contínuo decréscimo até o ano 2000, desse modo, considerando a população rural entre 1940 e 2000, houve um crescimento negativo, ou seja, -37,1%.

Com isso, evidencia-se que a área urbana de Ponta Grossa vem expandindo rapidamente. Porém, não se observa nessa mesma fase, uma preocupação em realizar

planejamento consistente, com base em diagnóstico detalhado do meio físico, associado à implantação de infraestrutura que absorva essa nova população que continuamente chega à cidade. O que se vê é a ocupação de áreas, tanto regulares quanto irregulares, impróprias à habitação. Casseti (1995) busca explicar que a expansão urbana implica nas alterações hidrodinâmicas das vertentes e dos cursos de água, e ainda, proporciona anomalias pluviométricas em função da alteração do clima local.

TABELA 2 – População urbana, rural e total de Ponta Grossa, entre 1940 e 2000.

|             | População urbana   |                              | População rural    |                              | População total    |                              |
|-------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|             | População Absoluta | Crescimento entre as décadas | População Absoluta | Crescimento entre as décadas | População Absoluta | Crescimento entre as décadas |
| <b>1940</b> | <b>30.220</b>      |                              | <b>11.021</b>      |                              | <b>41.271</b>      |                              |
|             |                    | 43,9%                        |                    | 6,7%                         |                    | 33,8%                        |
| <b>1950</b> | <b>43.486</b>      |                              | <b>11.757</b>      |                              | <b>55.243</b>      |                              |
|             |                    | 80,6%                        |                    | 4,9%                         |                    | 64,5%                        |
| <b>1960</b> | <b>78.557</b>      |                              | <b>12.332</b>      |                              | <b>90.889</b>      |                              |
|             |                    | 43,9%                        |                    | 12,4%                        |                    | 39,7%                        |
| <b>1970</b> | <b>113.074</b>     |                              | <b>13.866</b>      |                              | <b>126.940</b>     |                              |
|             |                    | 52,9%                        |                    | -1,2%                        |                    | 47,0%                        |
| <b>1980</b> | <b>172.946</b>     |                              | <b>13.701</b>      |                              | <b>186.647</b>     |                              |
|             |                    | 28,2%                        |                    | -10,1%                       |                    | 25,4%                        |
| <b>1991</b> | <b>221.671</b>     |                              | <b>12.313</b>      |                              | <b>233.984</b>     |                              |
|             |                    | 20,3%                        |                    | -43,7%                       |                    | 16,9%                        |
| <b>2000</b> | <b>266.683</b>     |                              | <b>6.933</b>       |                              | <b>273.616</b>     |                              |

Fonte: Löwen, 1990; IBGE, 1991; IBGE, 2000.

A consequência deste ineficiente planejamento urbano tem sido exposto em trabalhos acadêmicos (LÖWEN, 1990; MAZUR; CARVALHO, 2008; MEDEIROS, 2000; MEDEIROS; MELO, 2001; MELO; GODOY, 1997; MENEGUZZO, 2004), os quais indicam a ocorrência de diferentes processos erosivos assim como variados problemas ambientais e sociais na área urbana de Ponta Grossa. A própria Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, através do diagnóstico realizado na elaboração do Plano Diretor de 2006, destaca que esse problema tem ocorrido desde a segunda metade do século XX:

A expansão urbana da cidade de Ponta Grossa, especificamente no que se refere ao Distrito Sede, se caracteriza pela forma não planejada de ocupação, resultante do desenvolvimento das cidades no período pós-guerra. Loteamentos proliferaram de maneira indiscriminada, cujas consequências já puderam ser notadas no ano de 1966, quando da elaboração do plano diretor, que destaca a precariedade no setor dos serviços urbanos (PMPG, 2006. p. 89).

Atualmente, entre os fatores agravantes para o crescimento desordenado da cidade, mencionados por Medeiros e Melo (2001), destacam-se a presença de vazios urbanos, visando à especulação imobiliária (LÖWEN SAHR, 2001), facilidades para

aprovação de novos loteamentos e o processo migratório. Meneguzzo (2004) completa que, a urbanização acelerada acarreta também em alterações do regime hidrológico, devido à impermeabilização do solo, fato que possibilita um rebaixamento do lençol freático nas áreas mais altas e sua elevação em locais mais baixos, podendo causar inundações nessas áreas. A impermeabilização do solo também resulta no aumento do escoamento superficial, acelerando ou desencadeando novos processos erosivos, se a água da chuva não tiver uma destinação adequada, o que resulta em graves problemas econômicos, sociais e ambientais. Desse modo os processos erosivos são intensificados pela expansão urbana e pelo aumento da densidade demográfica de Ponta Grossa.

Löwen Sahr (2001) destaca que a cidade de Ponta Grossa se instalou na porção mais elevada (entre 900 e 980 metros de altitude), de onde partiram os primeiros eixos de circulação de forma radial entre as bacias hidrográficas, sobre os espigões (divisores de água alongados). Segundo o Plano Diretor de Ponta Grossa elaborado em 1967, “A circulação se faz através dos espigões, onde estão dispostos os equipamentos que as servem (as Zonas Residenciais 1)” (PMPG, 1967 p.117). Essas avenidas ainda hoje são de grande relevância como ligação entre os bairros e o centro. No mapa a seguir (FIGURA 3) é possível observar essas vias de circulação em destaque: Avenida Carlos Cavalcanti (Uvaranas), Avenida Ernesto Vilela, Avenida João Manuel dos Santos Ribas/Rua Dom Pedro II/Avenida Souza Naves (Nova Rússia), Avenida Visconde de Mauá (Oficinas), Avenida Monteiro Lobato (Jardim Carvalho). Outra avenida de grande relevância, que liga o bairro e centro é a Avenida Visconde de Taunay (Ronda), porém esta, diferente das outras, não está situada sobre um espigão.

A área urbana de Ponta Grossa possui uma drenagem radial, da mesma forma, partindo da região central com presença de fundos de vale e nascentes de rios, o que dificulta a interligação entre os bairros, esses fundos de vale, por serem inicialmente áreas desocupadas, favoreceram a instalação de populações carentes, mesmo se tratando de áreas íngremes com grande possibilidade de ocorrência de processos erosivos, contudo pela sua proximidade ao centro urbano, onde há infraestrutura, equipamentos públicos e possibilidade de trabalho. A favelização dessas áreas é também a mais interessante, do ponto de vista dessas populações, por serem áreas do poder público municipal, o que representa menor ameaça de expulsão do que em áreas privadas.

Ao poder público, a ocupação dos fundos de vale é ‘vantajosa’, pois “‘resolve’ a situação emergencial e, ao mesmo tempo, ‘esconde’ o problema” (LÖWEN SAHR, 2001. p.33). Assim, a imagem da cidade, e conseqüentemente do governo local tende a ser positiva, não havendo, por parte da administração municipal, solução abrangente ao problema de moradia.

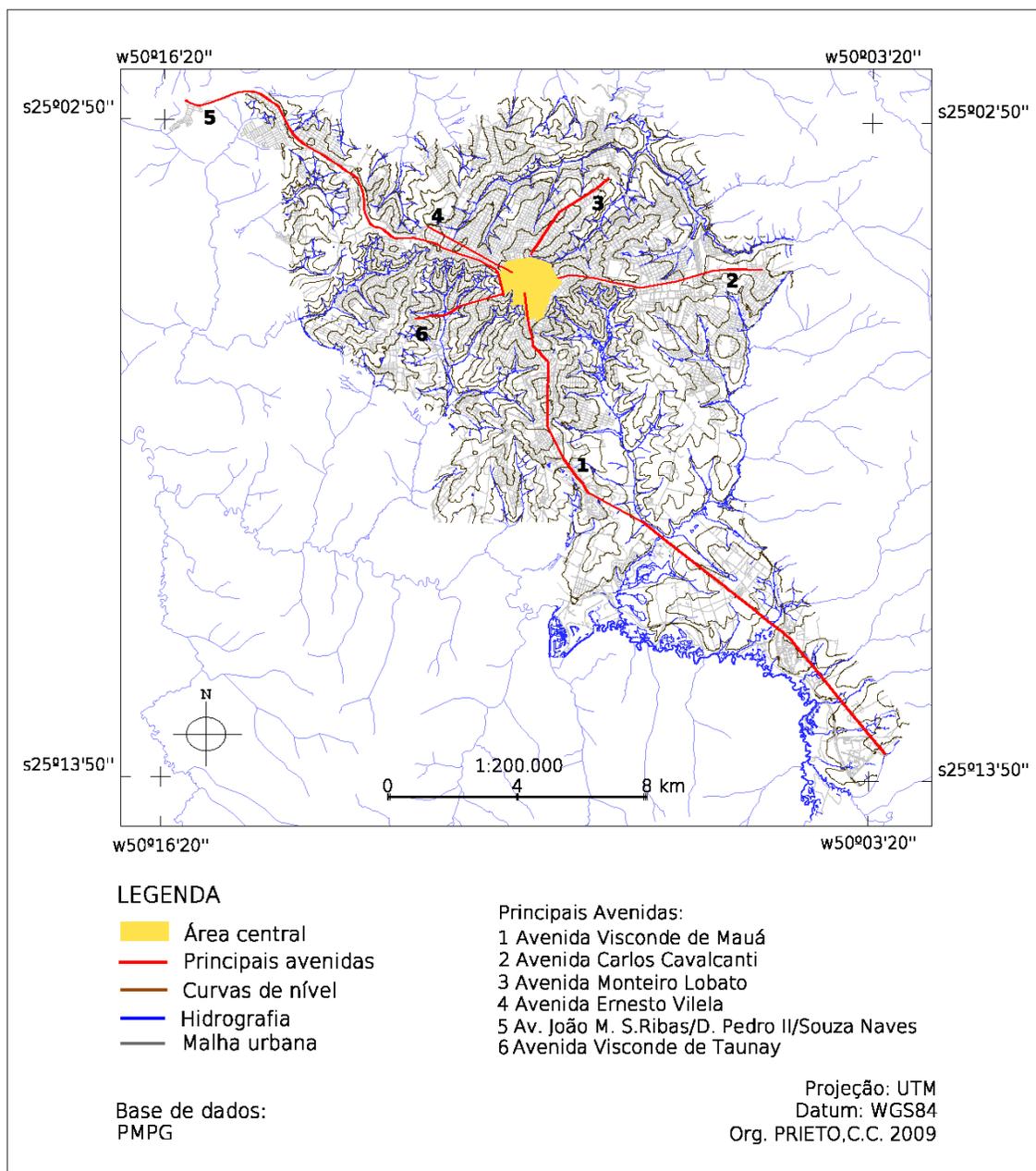


FIGURA 3 – Mapa de localização das principais avenidas de ligação entre o centro e os bairros de Ponta Grossa – PR

No primeiro Plano Diretor de Ponta Grossa, realizado em 1967 (PMPG, 1967), os fundos de vale eram vistos como forma de impedimento para a integração espacial, com isso a canalização e o aterramento de vales foram medidas adotadas por um longo período, todavia ao mesmo tempo houve a ocupação dos vales que não foram aterrados, formando favelas (LÖWEN SAHR, 2001). As áreas de fundo de vale são propostas nesse planejamento (PMPG, 1967), como áreas utilizadas para atividades comunitárias, possibilitando melhor integração da população dos diversos bairros que são separados

pelos canais fluviais. Na sequência, os planejadores descrevem a importância de realização de obras nos fundos de vale:

(...) há, obviamente, necessidade de sanear os grotões, que se têm constituído em fontes de contaminação da população. A recuperação dos grotões seria o primeiro passo de um programa de saneamento a ser implementado em toda a cidade, já que este é um dos problemas que maior obstáculo oferecem ao bem estar da população. (PMPG, 1967, p. 89)

Analisando o discurso utilizado no Plano Diretor de 1967, observa-se que não havia preocupação com a manutenção dos sistemas naturais, o enfoque era unicamente a ocupação da área urbanizada:

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, o que viria a se constituir num ônus para o poder público, em custos de aquisição, operação ou manutenção. (PMPG, 1967, p. 111)

No segundo Plano Diretor de Ponta Grossa, de 1992 (PMPG, 1992), previa-se a instalação de parques lineares e na gestão municipal de 1993 – 1996 os estudos para a implantação dos mesmos foram iniciados e houve a implantação do Parque Municipal Rio Verde apenas em março de 2004 e a implantação parcial do Parque do Arroio Madureira em junho de 2004 (MAZUR; CARVALHO, 2008; MEZON, 2004a; MEZON, 2004b). Atualmente, este, assim como os outros parques municipais não tem sido assistidos pelo governo local em relação à limpeza da área e segurança, sendo então pouco frequentados, não cumprindo o objetivo inicial de sua criação.

No Plano Diretor de Ponta Grossa (PDPG) mais recente, de 2006 (PMPG, 2006), ainda no diagnóstico da flora do município, é citado o problema das ocupações irregulares em APPs – Áreas de Proteção Permanente, junto aos fundos de vale, nascentes e áreas alagadiças. Essas áreas são vistas com possibilidade de implantação de parques municipais lineares, constituindo-se em áreas de lazer e cobertura arbórea. São citados como exemplo os parques municipais de Madureira e Rio Verde sendo considerados como parques muito frequentados, contudo Mazur e Carvalho (2008) descrevem que durante a gestão municipal de 2005-2008, os parques municipais encontravam-se em estado de abandono.

No diagnóstico dos aspectos socioespaciais do PDPG de 2006, é explicitado o fato de 17% da população municipal vive em ocupações irregulares, sendo que havia aproximadamente 8.350 habitações em áreas de declividades acentuadas, em especial em fundos de vale, distribuídos em 134 pontos de invasão. Os problemas ambientais e sociais são reconhecidos pelos autores do PDPG:

Tal situação contribui decisivamente para a remoção da vegetação ciliar, perda da biodiversidade, erosão nas encostas, escorregamentos de terras ocupadas, inundações, enchentes, poluição e contaminação das águas, dentre outros problemas. (...) As moradias identificadas como inadequadas apresentam problemas relacionados à infra-estrutura (iluminação, abastecimento de água, instalação sanitária ou destino do lixo). (PMPG, 2006 p. 83 - 85)

Porém em relação ao planejamento de como agir diante de tal situação não se faz clara no texto do PDPG de 2006. Apenas são citadas propostas de interligação do sistema viário entre os bairros, a necessidade de transpor obstáculos naturais como os fundos de vale profundos e áreas alagadiças.

Na revisão do PDPG de 2006 (PMPG, 2006) são expostos os projetos de lei que integrarão a Lei do Plano Diretor Municipal de Ponta Grossa, entre eles destacam-se as leis, Perímetro Urbano, Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo, Sistema Viário Básico, Parcelamento do Solo, entre outras. No entanto apenas as leis do Plano Diretor e do Perímetro Urbano foram decretadas até o momento, ambas em 2006 (PONTA GROSSA, 2006a; PONTA GROSSA, 2006b). O mapeamento síntese da Lei do Perímetro Urbano pode ser observado na figura 2.

A nova lei de zoneamento apresentada no PDPG não foi decretada assim como as outras, porém foram feitas diversas alterações na Lei nº 6.329/99 (PONTA GROSSA, 1999), que dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação. Essas alterações visam, uma a uma modificar as zonas urbanas, incluindo novas ruas às zonas comerciais e residenciais, sem haver um claro planejamento que norteie essas alterações.

### 3.3 GEOLOGIA DA ÁREA URBANA DE PONTA GROSSA

No Estado do Paraná ocorrem dois grandes domínios geológicos: afloram no leste do estado, ou seja, na região litorânea e no Primeiro Planalto Paranaense, rochas Pré-cambrianas, em especial proterozóicas. Estas constituem o embasamento para acumulação de sedimentos terciários e quaternários nessa região, assim como para a Bacia do Paraná, o outro grande domínio geológico, que se localiza na porção central e oeste do estado, nos Segundo e Terceiro Planaltos (GUIMARÃES et al., 2007).

A Bacia do Paraná é composta por rochas sedimentares (associadas a vulcânicas), que teve início no final do Ordoviciano (Era Paleozóica) e terminou no Cretáceo (Era Mesozóica) que sofreu esforços mecânicos resultando em estruturas como falhamentos, soerguimentos, rebaixamentos, entre outros. Fenômenos tectônicos e erosivos que a Bacia do Paraná sofreu por um longo período, em especial durante o Mesozóico, resultaram no soerguimento da porção leste, na região dos Campos Gerias do Paraná, chamado de “Arco de Ponta Grossa”, este formou um conjunto de estruturas, fraturas e falhas, com orientação predominante de direção Noroeste-Sudeste, paralelo ao eixo do

arqueamento, além de estruturas perpendiculares a estas, com direção Nordeste-Sudoeste. Sendo a segunda mais evidente na área urbana do Município de Ponta Grossa, como se observa no mapa geológico dessa área (FIGURA 4).

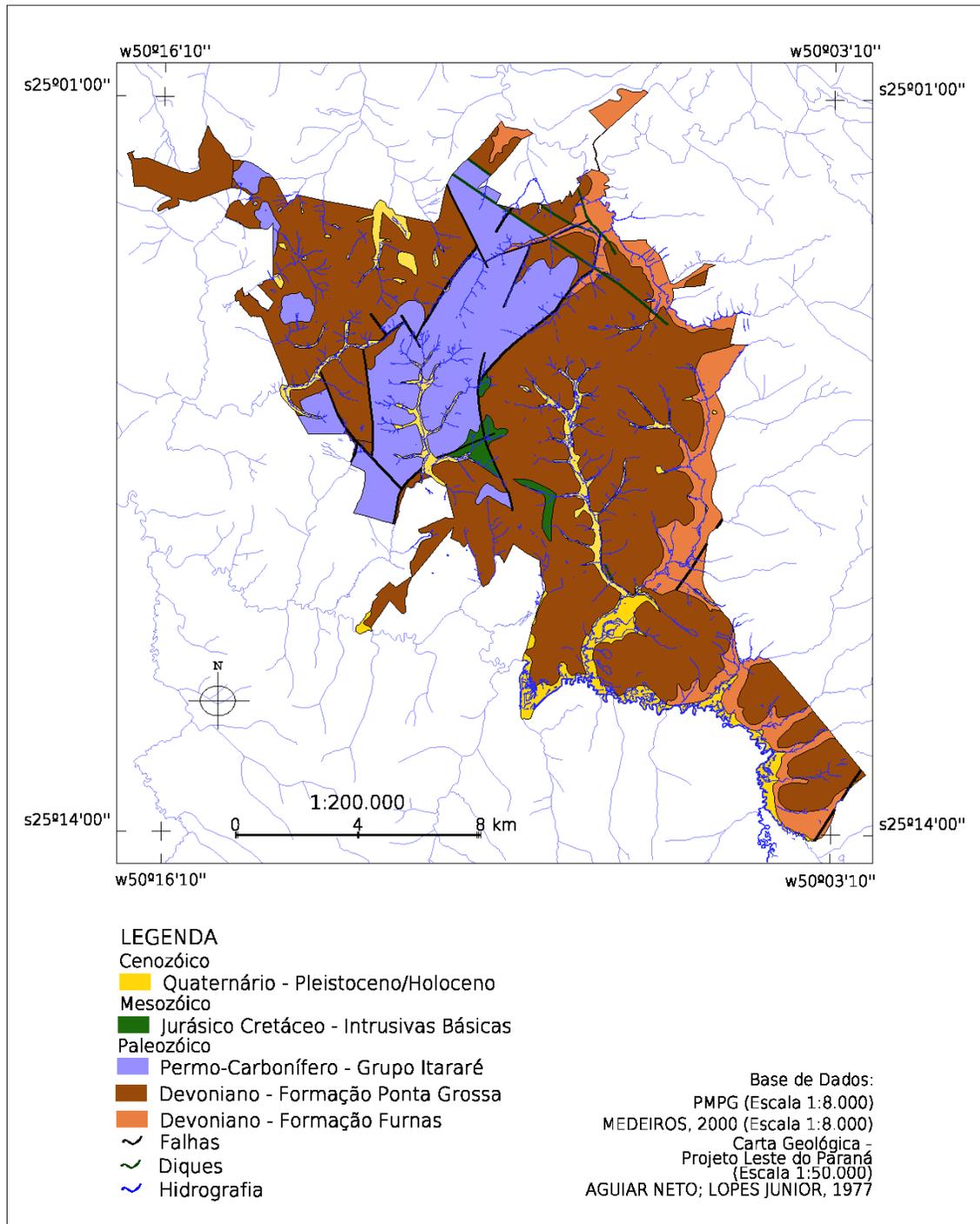


FIGURA 4 – Mapa Geológico do Distrito Sede de Ponta Grossa.

As unidades geológicas da Bacia do Paraná que afloram no Distrito Sede do Município de Ponta Grossa são da base para o topo, as formações Furnas e Ponta Grossa, do Grupo Paraná, formados no período Devoniano, Grupo Itararé, formado entre os períodos Carbonífero Superior e Permiano Inferior, rochas intrusivas ígneas, presentes em forma de soleiras e diques de diabásio, sendo estas associadas ao Magmatismo Serra Geral, que ocorreram entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior, além de coberturas sedimentares quaternárias (MEDEIROS, 2000; MELO et al., 2003).

A formação Furnas é constituída por arenitos quartzosos de coloração clara, e granulação de fina a grossa, sendo sua predominância de média a grossa, com ocorrência de níveis conglomerados, especialmente em sua base, assim como, presença de estratificação cruzada. Seu contato basal ocorre ora sobre o embasamento cristalino e ora sobre o Grupo Ivaí. Existem muitas controvérsias sobre a interpretação do paleoambiente da origem dessa formação, podendo ser costeiros e flúvio-deltaicos, assim como, marinhos rasos (LOBATO; BORGHI, 2004), tendo ocorrido desde o final do Siluriano até o início do Devoniano. Não há conhecimento de presença de fósseis vertebrados, entretanto há abundância de icnofósseis. Essa formação ocorre na borda Leste, Nordeste e Sudeste do perímetro urbano de Ponta Grossa.

A formação Ponta Grossa, que predomina a área urbana do município, é constituída por rochas de granulação fina, folhelhos e siltitos, com elevados teores de matéria orgânica em algumas de suas porções, tendo, portanto, coloração variada. Sua sedimentação ocorreu na plataforma marinha do início ao final do período Devoniano e existe uma grande variedade de micro e macrofósseis.

O Grupo Itararé, é a unidade permocarbonífera presente na área urbana de Ponta Grossa. Este é composto por arenitos avermelhados a claros, diamictitos e ritmitos, formados sob influência glacial, com deposição em diferentes ambientes: fluvial, marinho e lacustre. Essa unidade ocorre em um bloco de falhas rebaixado que atravessa a cidade no sentido Nordeste-Sudoeste, embutido na formação Ponta Grossa, e em elevações preservadas da erosão, na parte Noroeste da cidade (MEDEIROS, 2000; MELO et al., 2003).

Os diques e soleiras predominantemente de diabásio são associados ao Magmatismo Serra Geral, ou seja, aos basaltos do Terceiro Planalto (GUIMARÃES, 2007; UEPG, 2003). Essas intrusões ígneas ocorreram a cerca de 130 milhões de anos, durante o Cretáceo, quando houve a ruptura do Gondwana, resultando na abertura do Oceano Atlântico Meridional. Essa rocha encontra-se intrudida nas formações Furnas e Ponta Grossa, assim como no Grupo Itararé na área urbana de Ponta Grossa, sendo que os diques se concentram na porção Nordeste, com direção Noroeste-Sudeste, e as soleiras

ocorrem entre a porção central e Sudoeste. Sua coloração varia de cinza escuro a preta e sua textura, de fina a média.

Os sedimentos quaternários presentes na área urbana de Ponta Grossa foram descritos por Melo et al. (2003) como sendo “acumulações temporárias de materiais em transporte dentro de uma região onde a drenagem apresenta caráter erosivo dominante”. Essas acumulações são resultado das variações climáticas que ocorreram no período Quaternário (Era Cenozóica), provocando fases de intensa denudação das encostas e consequente deposição desses sedimentos nos vales, encontrados na atualidade com espessura máxima de 20 metros. Alguns exemplos de paleofeições erosivas podem ser observados em encostas festonadas, anfiteatros e encostas íngremes retilíneas (MEDEIROS, 2000).

Melo et al. (2005) descrevem a ocorrência de várias acumulações discretas de sedimentos quaternários no espaço urbano de Ponta Grossa que controlam o aparecimento de processos erosivos como voçoroca, *piping*, colapsos associados escorregamentos, solapamentos de margem e desmoronamentos, determinando áreas de risco.

As principais feições de acumulação desses depósitos, descritas por Melo et al. (2003) são: leques aluviais, rampas colúvio-aluviais, terraços aluviais e planícies aluviais. Os leques aluviais aparecem em vários locais da cidade, sendo estes associados a drenagens menores. Sua espessura alcança 8 metros, constituídos por leitos argilosos, arenosos e cascalhos. Situam-se na desembocadura de cursos de água menores em arroios maiores. Esses depósitos encontram-se entalhados pela drenagem atual, e observa-se a associação de processos erosivos.

As rampas colúvio-aluviais ocorrem em leitos de drenagem de menor ordem tributária dos arroios principais, assim como nas porções de montante de planícies aluviais, com passagem gradacional. Em muitos casos, são acumulações de materiais heterogêneos não mapeáveis, porém são relevantes, pois condicionam a ocorrência de processos erosivos. Os terraços aluviais mais antigos, e também mais elevados, são associados a uma importante fase de entulhamento dos vales, podendo ser encontrados depósitos imaturos tanto em relação à sua textura como sua mineralogia, o que indica processos erosivos intensos, expondo horizontes inferiores do solo nas vertentes. Esses fatores indicam que tais depósitos ocorreram em uma fase de grande desequilíbrio climático no final do Pleistoceno, a cerca de 16.000 anos (MELO et al; 2003).

Os depósitos das planícies aluviais indicam presença de substrato rochoso antigo, devido à sua constituição. Variam de argilosos a arenosos, com presença de pequenos seixos de quartzo arredondados, mesmo que raros, sendo estes retrabalhados das rochas do Arenito Furnas ou do Grupo Itararé. Podem apresentar níveis de turfa de até 1 metro de espessura, com presença de restos orgânicos. As areias são mineralogicamente

maduras, indicando retrabalhamento das rochas sedimentares paleozóicas. As planícies contêm depósitos mais recentes (entre 1.160 e 4.750 anos), indicando variações climáticas pouco relevantes, prevalecendo condições semelhantes às atuais (MELO et al; 2005).

Zalán et al. (1991 apud UEPG, 2003; MELO et al. 2003) reconhece a ocorrência de três direções principais de estruturas tectônicas na Bacia do Paraná:

- (a) NE-SW, correspondentes às direções do embasamento proterozóico da bacia, reativadas recorrentemente com movimentos horizontais e verticais;
- (b) NW-SE, reativadas principalmente no Neojurássico e Eocretáceo, com movimentos verticais dominantes e associadas à ruptura do Gondwana e magmatismo da Formação Serra Geral (atividade ao longo do Arco de Ponta Grossa);
- (c) E-W, ligadas à abertura do Atlântico Sul. (p.35)

Melo et al. (2003) destacam que todas essas direções foram reativadas com a ocorrência do Arqueamento de Ponta Grossa, durante o Mesozóico. Observa-se a presença marcante das direções NE-SW, com falhas de rejeitos verticais, e NW-SE, com diques de diabásio associados na área urbana de Ponta Grossa, controlando unidades do substrato rochoso e controle estrutural de drenagem como pode ser notado na Figura 4.

#### 3.4 CLIMA DE PONTA GROSSA - PLUVIOSIDADE

O clima do município de Ponta Grossa, segundo a classificação de Köppen é Cfb, clima temperado úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, não havendo estação seca definida. A temperatura média durante o mês mais frio inferior a 18°C, verões frescos com temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C (CRUZ, 2007).

Como exposto anteriormente, a erosão hídrica é considerada o agente mais importante na esculturação da paisagem em regiões de clima úmido, atuando na maioria dos processos, ou seja, no intemperismo, na erosão propriamente dita, no transporte e na deposição dos sedimentos. Entende-se, portanto, que é necessário compreender o regime pluviométrico da área de estudo.

Assim, foi realizado um levantamento dos índices pluviométricos entre os anos de 1946 e 2009 da estação Santa Cruz. Esta estação pluviométrica está situada na área urbana do município de Ponta Grossa, com distância euclidiana aproximada de 19 quilômetros do Jardim Santa Edwirges, a sudeste, na vila chamada Colônia Dona Luiza. A referida estação tem latitude 25° 12' 00" e longitude 50° 09' 00" e localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, assim como a área de estudo desse trabalho. Os dados foram fornecidos pela SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (NAGASHIMA, 2009; 2010).

Optou-se por fazer uma análise temporal de 64 anos para observar todos os anos completos em que houve a captação de dados, já que a estação teve sua instalação

no mês de outubro de 1945. É importante ressaltar que houve uma falha nos dados, em que não foram captadas informações da pluviosidade dos meses de setembro e outubro de 1976, para tanto, nos cálculos de média mensal e total anual realizou-se uma correlação. Na média mensal, optou-se por desconsiderar os referidos meses, obtendo a média de um total de 63 anos para os meses de setembro e outubro, ao invés de usar o dado total de 64 anos, como utilizado para os demais meses do ano. No total anual, para o ano de 1976, optou-se por realizar a soma da pluviosidade dos demais meses computados, totalizando 1.615,6 mm, sabendo-se da fragilidade deste dado anual. Porém diante da grande quantidade de dados pluviométricos para o período de 64 anos, observa-se que tal falha, não afeta a credibilidade das informações obtidas pela presente análise.

Segundo os dados da estação pluviométrica Santa Cruz obtidos entre janeiro de 1946 e dezembro de 2009, a média de precipitação anual é de 1.511,0 mm, apresentando um o desvio padrão de 331,1 mm, com isso, ao somar-se a média ao desvio padrão, obtêm-se 1.842,1 mm e ao subtrair o valor do desvio padrão da média, vê-se que o valor encontrado é 1.179,8 mm (TABELA 3 e GRÁFICO 1) .

TABELA 3 – Média, desvio padrão e variação entre estes dados para o período de 1946 a 2009.

| <b>Valores (mm)</b>                |         |
|------------------------------------|---------|
| <b>Média</b>                       | 1.511,0 |
| <b>Desvio padrão</b>               | 331,15  |
| <b>Média mais o desvio padrão</b>  | 1842,1  |
| <b>Média menos o desvio padrão</b> | 1179,8  |

Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

A maior precipitação anual entre 1946 e 2009 ocorreu em 1983, com 2.217,2 mm, e o ano de menor pluviosidade observada nesse período foi 1950, com apenas 884,2 mm. Um total de 65,6% das precipitações anuais apresentou seu volume entre a média total somada ao desvio padrão (21 anos) e a média total subtraído o desvio padrão (21 anos, totalizando 42 anos), como pode ser observado no APÊNDICE A.

Entre as precipitações com volume inferior a 1.179,8 mm (índice inferior a média, menos o desvio padrão), totalizou 17,2% de todo o período analisado (TABELA 4). A mesma porcentagem foi encontrada entre chuvas anuais com valores superiores a 1.842,1 mm, ou seja, valores maiores do que a média somada ao desvio padrão. Ao tomar a média como base, observa-se que 50% das precipitações anuais foram superiores, e outros 50% foram inferiores à média, indicando que esse índice é satisfatório para a elaboração de tal levantamento.

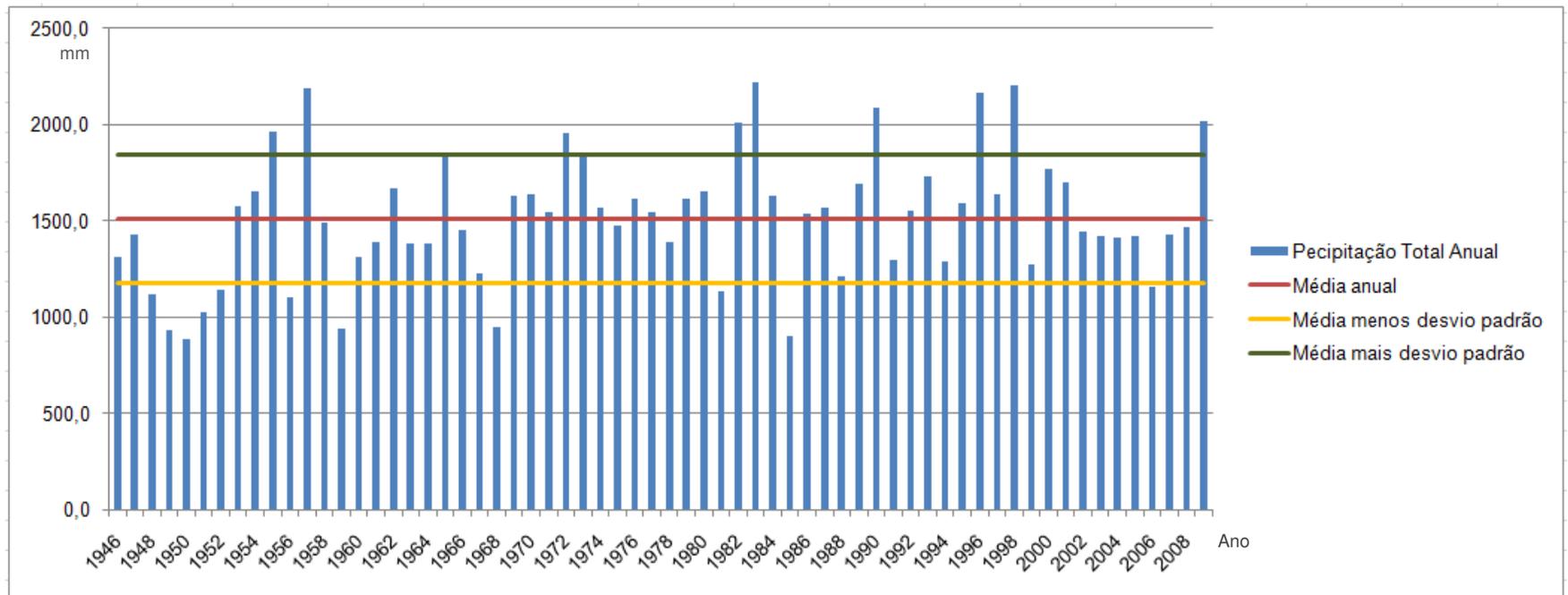


GRÁFICO 1 – Precipitação anual em Ponta Grossa entre 1946 e 2009. Destaque à média anual (1.511,0), à média somada ao desvio padrão (1.842,1) e à média menos o desvio padrão (1.179,8). Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

TABELA 4 - Classes de ocorrências anuais de chuva em relação à média e ao desvio padrão.

| Classes                   | Valores   | Número de ocorrências anuais | Porcentagem das ocorrências anuais | Relação com a média            |
|---------------------------|---|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Maior pluviosidade</b> | Para valores superiores ao índice médio somado ao valor do desvio padrão                    | 11                           | 17,2%                              | 32 ocorrências acima da média  |
| <b>Acima da média</b>     | Para valores superiores ao o valor médio e inferiores a media mais o valor do desvio padrão | 21                           | 32,8%                              |                                |
| <b>Abaixo da média</b>    | Para valores inferiores a media e superiores a media menos um desvio padrão                 | 21                           | 32,8%                              | 32 ocorrências abaixo da média |
| <b>Menor pluviosidade</b> | Para índices com valores inferiores a media menos o desvio padrão                           | 11                           | 17,2%                              |                                |

Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

Realizou-se uma análise das médias mensais de precipitação ao longo dos 64 anos estudados, sendo possível observar que a média entre todos os meses é igual a 126,1 mm. Com isso, é possível notar no gráfico 2 que os meses que tem precipitação superior à média são janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro e dezembro. Ou seja, os meses das estações da primavera e do verão, exceto o mês de novembro, que tangencia a média mensal (122,6 mm). Por outro lado, os meses menos chuvosos vão de abril a agosto, coincidindo com as estações de outono e inverno. O mês de abril tem uma média de 91,1 mm de chuva e agosto, 76,7 mm, sendo estes meses os de menor precipitação ao longo do ano, para o período em questão, como exposto também na tabela 5.

TABELA 5 – Pluviosidade média por mês em Ponta Grossa entre 1946 e 2009.

| Meses     | Médias Mensais (mm) | Meses     | Médias Mensais (mm) |
|-----------|---------------------|-----------|---------------------|
| Janeiro   | 171,8               | Julho     | 101,4               |
| Fevereiro | 159,7               | Agosto    | 76,7                |
| Março     | 132,4               | Setembro* | 136,7               |
| Abril     | 91,1                | Outubro*  | 155,3               |
| Maio      | 110,5               | Novembro  | 122,6               |
| Junho     | 108,0               | Dezembro  | 147,1               |

\*Meses em que não foram computados no ano de 1976, para tanto realizou-se a média relativo ao período de 63 anos ao invés de 64, como foi realizado nos demais meses. Fonte: SUDERHSA.

Além de observar o regime pluviométrico de forma geral, optou-se por analisar pontualmente os eventos de chuvas concentradas e de chuvas acumuladas que ocorreram ao longo do período de 1946 e 2009. Essas informações são de grande relevância o para o planejamento urbano, visto que este deve se embasar nos dados pluviométricos associados

às questões físicas do relevo, já que essas chuvas podem desencadear e/ou intensificar processos erosivos.

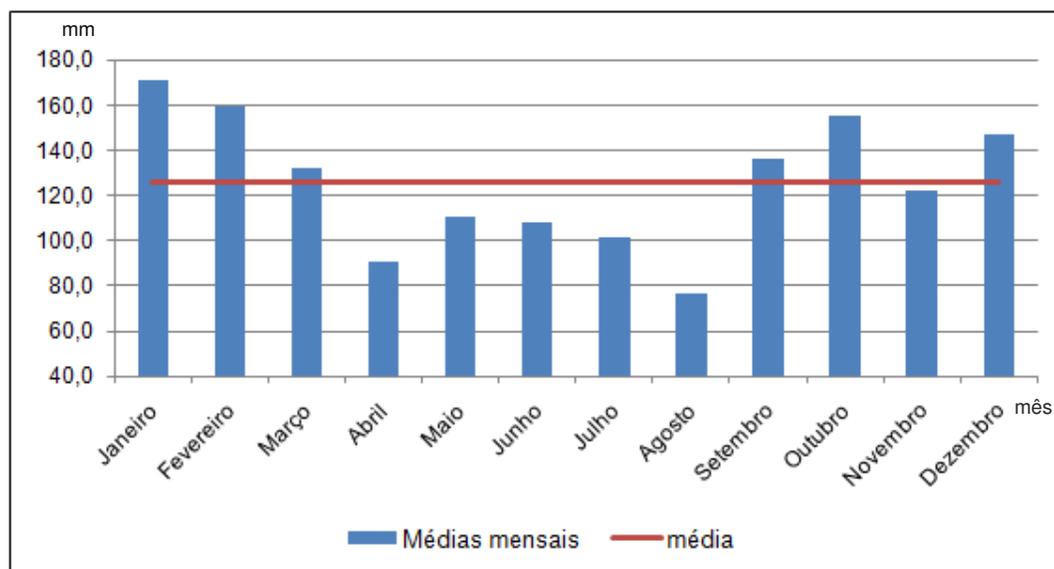


GRÁFICO 2 – Pluviosidade média ao longo dos meses Ponta Grossa (1946-2009). Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

Foram considerados eventos de chuvas concentradas (GRÁFICO 3 e TABELA 6) aqueles que ocorreram em um dia, cujo volume fosse maior do que a menor média mensal (76,7 mm – mês) do período analisado, ou seja, toda chuva diária cujo volume é maior do que 76,7 mm. O método adotado foi baseado na tese de PFLUCK (2009) que realizou um estudo no município de Marechal Candido Rondon, no Paraná, sendo que o clima dos dois municípios é subtropical úmido.

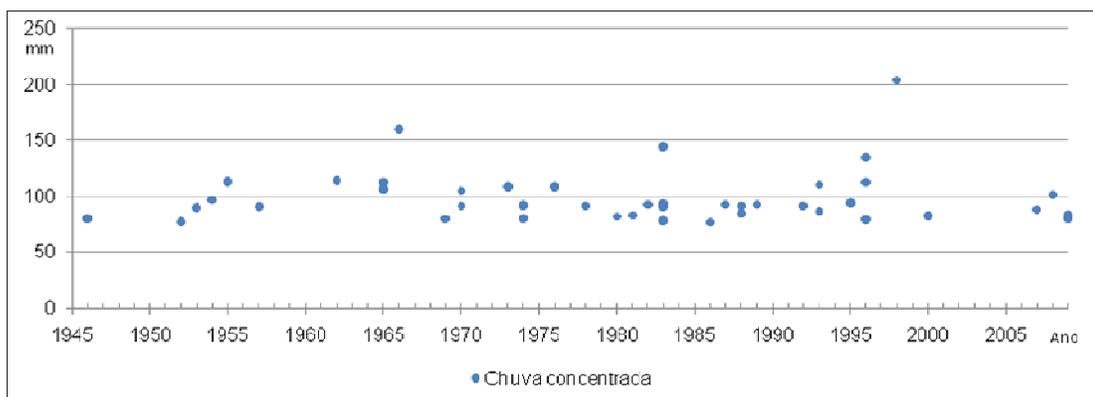


GRÁFICO 3 – Gráfico de dispersão dos eventos de chuvas concentradas entre 1946 e 2009 em Ponta Grossa. Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

TABELA 6 – Chuvas diárias concentradas com suas respectivas datas entre 1946 e 2009 em Ponta Grossa. Destaque às chuvas superiores a 100 mm.

| Ano   | Dia/mês       | Eventos de chuva concentrada (mm) | Total mês (mm) | Total ano (mm) |
|-------|---------------|-----------------------------------|----------------|----------------|
| 1946  | 06/jan        | 80,3                              | 284,9          | 1312,6         |
|       | 08/jul        | 80,0                              | 156,0          |                |
| 1952  | 15/jun        | 77,6                              | 227,8          | 1145,8         |
| 1953  | 30/jan        | 89,8                              | 300,9          | 1574,8         |
| 1954  | 13/mai        | 96,6                              | 302,9          | 1649,6         |
| 1955  | <b>03/dez</b> | <b>112,9</b>                      | 220,0          | 1961,9         |
| 1957  | 28/out        | 91,2                              | 236,3          | 2185,7         |
| 1962  | <b>02/mar</b> | <b>114,2</b>                      | 321,0          | 1668,7         |
| 1965  | <b>29/abr</b> | <b>112,6</b>                      | 221,0          | 1849,2         |
|       | <b>04/jul</b> | <b>106,8</b>                      | 246,7          |                |
| 1966  | <b>13/fev</b> | <b>160,2</b>                      | 290,0          | 1449,5         |
| 1969  | 15/jun        | 79,9                              | 143,3          | 1631,7         |
| 1970  | 22/fev        | 91,4                              | 212,2          | 1639,2         |
|       | <b>06/mai</b> | <b>105,2</b>                      | 172,0          |                |
| 1973  | <b>25/jun</b> | <b>108,8</b>                      | 202,8          | 1852,5         |
| 1974  | 17/jan        | 80,4                              | 277,5          | 1569,7         |
|       | 18/dez        | 91,8                              | 174,6          |                |
| 1976* | <b>28/mai</b> | <b>109,2</b>                      | 201,9          |                |
| 1978  | 16/mai        | 91,4                              | 131,6          | 1388,7         |
| 1980  | 10/set        | 82,2                              | 240,0          | 1655,7         |
| 1981  | 06/dez        | 83,0                              | 209,2          | 1130,8         |
| 1982  | 09/jul        | 92,5                              | 180,5          | 2012,0         |
| 1983  | <b>20/mai</b> | <b>144,9</b>                      | 434,2          | 2217,2         |
|       | 28/mai        | 78,5                              | 434,2          |                |
|       | 07/jul        | 93,6                              | 255,5          |                |
|       | 08/jul        | 90,8                              | 255,5          |                |
| 1986  | 18/mai        | 76,9                              | 233,5          | 1539,4         |
| 1987  | 10/jan        | 92,5                              | 182,5          | 1564,3         |
| 1988  | 13/abr        | 91,4                              | 174,3          | 1208,6         |
|       | 23/mai        | 84,4                              | 311,5          |                |
| 1989  | 01/mai        | 92,4                              | 152,8          | 1691,6         |
| 1992  | 31/mai        | 91,6                              | 300,5          | 1553,1         |
| 1993  | <b>14/mai</b> | <b>110,4</b>                      | 181,2          | 1734,3         |
|       | 06/dez        | 86,8                              | 200,0          |                |
| 1995  | 08/jul        | 94,2                              | 119,0          | 1593,2         |
| 1996  | <b>07/mar</b> | <b>135,2</b>                      | 485,7          | 2166,6         |
|       | 10/ago        | 79,5                              | 93,7           |                |
|       | <b>20/out</b> | <b>112,5</b>                      | 261,9          |                |
| 1998  | <b>30/mar</b> | <b>204,2</b>                      | 497,8          | 2200,1         |
| 2000  | 01/fev        | 83,2                              | 271,5          | 1767,5         |
|       | 13/dez        | 82,6                              | 318,4          |                |
| 2007  | 10/nov        | 88,2                              | 187,1          | 1429,9         |
| 2008  | <b>05/out</b> | <b>101,2</b>                      | 266,1          | 1467,6         |
| 2009  | 11/jan        | 83,8                              | 258,8          | 2018,0         |
|       | 17/fev        | 80,4                              | 205,2          |                |
|       | 23/set        | 79,9                              | 269,1          |                |

Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

Observa-se que ocorrem eventos de chuvas concentradas tanto em meses de maior pluviosidade, como nos meses com pouca chuva, sendo estas esparsas ao longo dos anos, não mantendo um padrão regular de ocorrência. Entre os 46 eventos de chuva concentrada, observados no período de 64 anos, 50% deles (23 eventos) ocorreram em meses característicos de menor pluviosidade, enquanto que os outros 23 eventos ocorreram nos meses mais úmidos. Em destaque na tabela 6, observam-se os episódios mais intensos, acima de 100 mm por dia. Estes também ocorreram em diferentes meses do ano, sendo 4 dos 14 eventos mais intensos no mês de maio, em diferentes anos, e 3 no mês de março. Houve um pico no dia 30 de março de 1998, em que a precipitação foi superior aos 200 mm.

Após a análise dos eventos de chuvas concentradas, viu-se a relevância de compreender como foi o comportamento dos eventos de chuvas acumuladas ao longo do período estudado, já que no momento em que o solo está saturado há uma mudança de seu comportamento em relação aos processos erosivos que podem ser desencadeados e intensificados. Para tanto, observou-se a ocorrência de ao menos dois dias seguidos com precipitação superior a 76,7 mm, menor média mensal para o período analisado (APÊNDICE B). Assim, viu-se que na maioria dos anos analisados houve ocorrência de eventos de chuva acumulada (62 anos), nos anos de 1949 e 2003 não houve episódios de chuva acumulada nos padrões considerados pela presente pesquisa. As chuvas acumuladas variaram em um período de 2 a 18 dias seguidos (GRÁFICO 4), sendo apenas doze ocorrências de 10 ou mais dias seguidos de chuva, ou seja, durante o período em questão, chuvas acumuladas por exatos 10 dias ocorreram oito vezes, chuvas acumuladas por 12 dias ocorreram três vezes e chuvas em 13 dias seguidos ocorreu apenas uma vez, assim como 18 dias seguidos de precipitação, fato ocorrido em 1971.

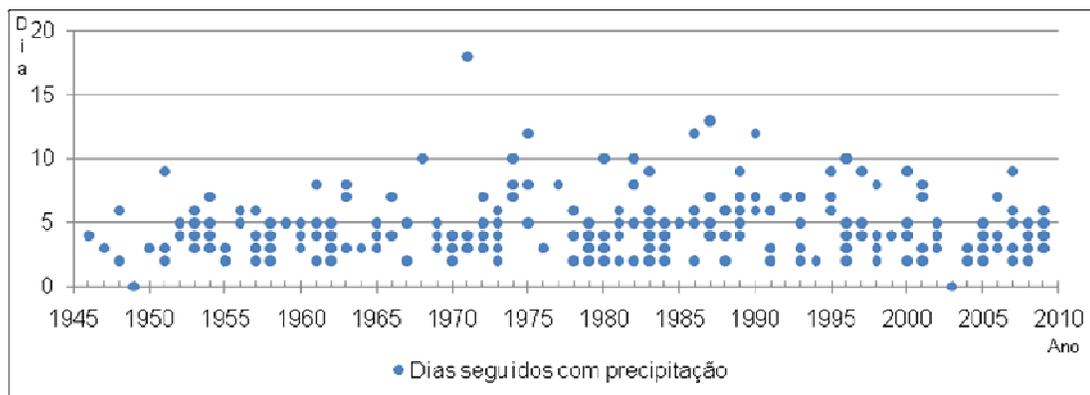


GRÁFICO 4 – Quantidade de dias com eventos de chuva acumulada entre 1946 e 2009.  
Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

Ao analisarmos o volume de chuvas acumuladas pontualmente distribuídas ao longo dos anos (GRÁFICO 5), observa-se que há ocorrência esporádica, relativamente bem distribuída ao longo do período estudado, de chuvas acumuladas com volume superior a 200 mm e por outro lado, a maior parte das chuvas acumuladas tem volume entre 76,7 mm e 100 mm.

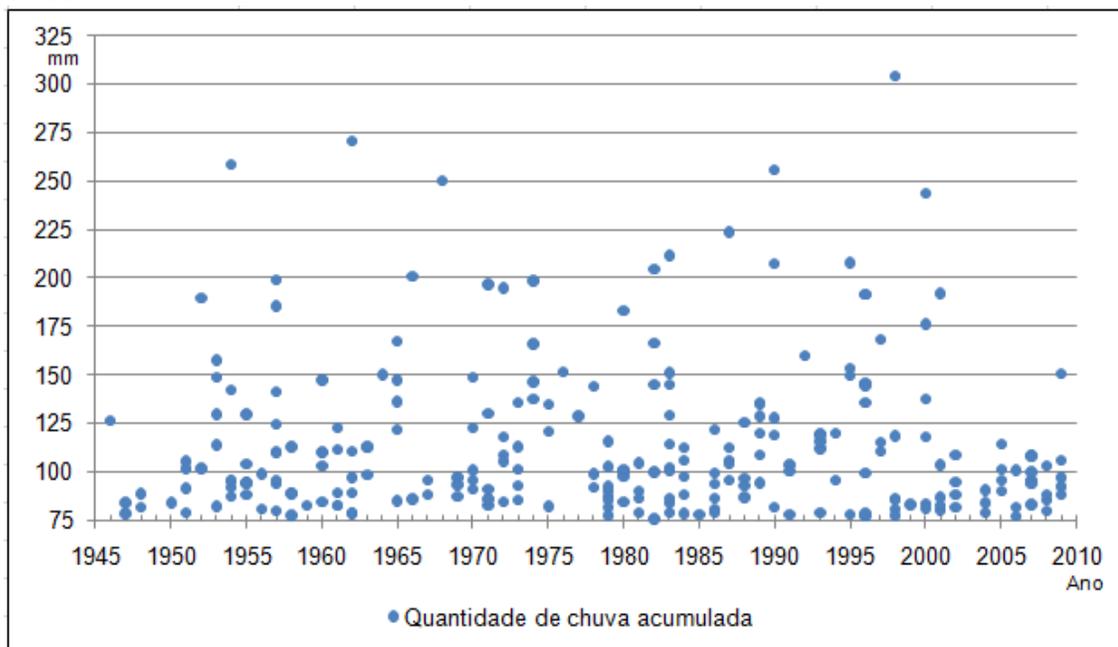


GRÁFICO 5 – Volume de chuvas acumuladas (em mm) distribuídas anualmente entre 1946 e 2009.  
Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

Considerando o volume de chuvas acumuladas no período em questão, segundo classes de volumes (TABELA 7), conclui-se que 51,4% das ocorrências de chuva acumulada tiveram seu volume entre 76,7 e 100 mm, enquanto que 35,2% obtiveram volume entre 101 e 150 mm e apenas 8,9% das ocorrências entre 151 e 200 mm. Desse modo totalizou 4,5% de ocorrências acima de 200 mm. O maior índice de chuvas acumuladas ocorreu em março de 1998, atingindo 304,1 mm em um curto período de quatro dias. Em apenas um desses dias (30 de março) ocorreu chuva concentrada, de 204,2 mm.

TABELA 7 – Classes de volume (mm) chuva acumulada com suas respectivas quantidades de ocorrência e frequência entre 1946 e 2009.

| <b>Volume de chuva acumulada (mm)</b> | <b>Quantidade de ocorrências</b> | <b>Frequência (%)</b> |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 76,7 - 100                            | 127                              | 51,4                  |
| 101 - 150                             | 87                               | 35,2                  |
| 151 - 200                             | 22                               | 8,9                   |
| 201 - 250                             | 7                                | 2,8                   |
| 250 - 300                             | 3                                | 1,2                   |
| > 300                                 | 1                                | 0,4                   |

Fonte: SUDERHSA

Em um gráfico síntese (GRÁFICO 6) é possível observar que as precipitações que duram mais tempo, ou seja, 10 dias ou mais, não necessariamente são responsáveis pelos maiores volumes, enquanto que os volumes superiores ocorreram em chuvas acumuladas em poucos dias (2, 3 e 4 dias) exceto a chuva acumulada durante 10 dias e outra durante 12 dias seguidos.

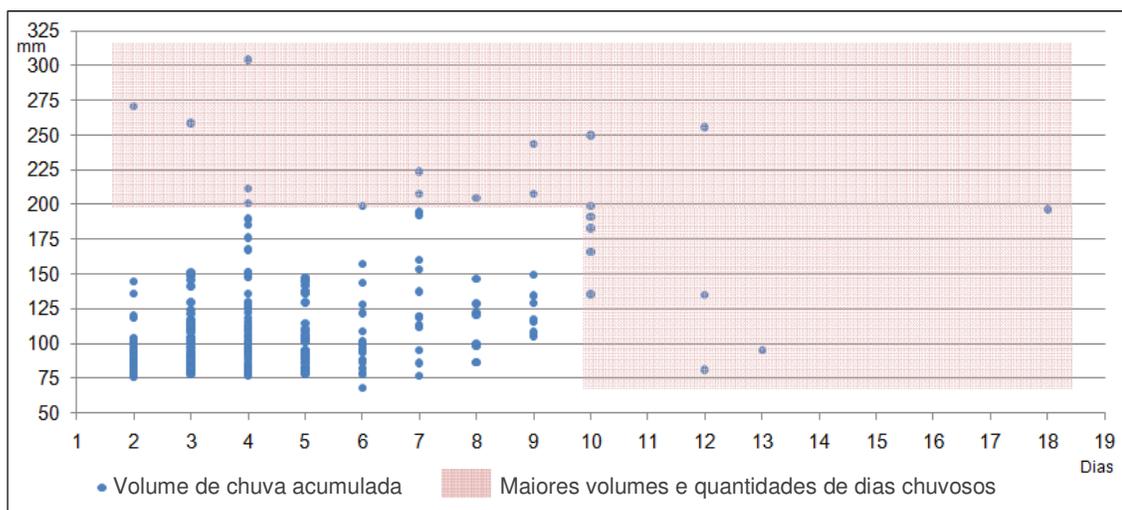


GRÁFICO 6 – Volume de chuva acumulada de acordo com a quantidade de dias chuvosos. Destaque para os maiores volumes e para a maior quantidade de dias chuvosos (1946 – 2009).  
Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO

### 3.5 PROCESSOS EROSIVOS PRESENTES NA ÁREA URBANA

Medeiros e Melo (2001) indicam que os principais tipos de erosão que ocorrem no espaço urbano de Ponta Grossa são os “(...) escorregamentos, boçorocas, solapamentos de margens aluviais seguidos de desmoronamentos e erosão subterrânea remontante (*piping*) e colapsos (abatimentos do terreno) associados” (p. 117). Medeiros (2000) explica que esses processos erosivos ocorrentes no município, estão associados a feições de relevo e depósitos sedimentares, sendo que parte destes depósitos não se formou em condições climáticas atuais, “admite-se que tenham se formado em fase de bio-resistência (crise ambiental relacionada à oscilação climática), ocorrida possivelmente, há cerca de 16.000, ou ainda em outras fases desde o final do Pleistoceno” (p. 29).

Os escorregamentos são movimentos rápidos de massa do solo, sedimentos ou rocha, devido à ação da gravidade. Segundo Fernandes e Amaral (1996), existem diferentes escorregamentos: rastejo (*creep*), escorregamento *stricto sensu* (*slide*), tipo que ocorre em Ponta Grossa segundo Medeiros e Melo (2001), corrida (*flow*) e queda (*fall*).

Os escorregamentos *stricto sensu* ocorrem principalmente nas encostas íngremes das cabeceiras de drenagens, ora controladas por áreas sustentadas por soleiras de diabásio, ora por arenitos do Grupo Itararé em áreas próximas ao centro de Ponta Grossa. As principais causadoras dos escorregamentos são as chuvas intensas, associadas

ao uso indevido da terra, como remoção da cobertura vegetal, lançamento inadequado de efluentes (esgotos, águas pluviais e efluentes industriais), realização de cortes em áreas de taludes, acumulação de lixo entre outros fatores.

O solapamento é a erosão que ocorre na base de depósitos incoesos ao longo dos cursos d'água, pela ação das águas correntes dos próprios arroios. Com a base erodida, a tendência é que haja desmoronamento dos depósitos que se situam acima. Esses processos erosivos são freqüentes no espaço urbano de Ponta Grossa, segundo Medeiros e Melo (2001). Os fatores que influenciam na maior incidência desses processos, é o regime de chuvas freqüentes, associadas ao aumento da ocupação urbana. A impermeabilização do solo devido à urbanização ocasiona o aumento do escoamento superficial, que acentua a remoção do material incoeso nas margens dos arroios. Fato que ocorre devido ao aumento do volume de água e da energia fluvial nos canais.

Na erosão subterrânea remontante, os dutos permitem o transporte de grande quantidade de material, e à medida que é removido, o diâmetro tende a ampliar, podendo ocasionar colapso do terreno situado acima do duto, em caso de evolução da erosão, resulta em voçorocas.

Segundo estudos de Medeiros e Melo (2001), os *pipings* e colapsos associados são encontrados em todo o perímetro urbano de Ponta Grossa, sendo que foram identificados mais de cento e trinta processos na cidade até o ano de 2001. É mais freqüente a ocorrência desses processos sobre a Formação Ponta Grossa, devido à presença de minerais instáveis (clorita e siderita) que favorecem a ocorrência de colapsos da microestrutura do solo.

Voçorocas são erosões lineares que possuem paredes laterais íngremes e geralmente, fundo chato, com presença de fluxo de água durante a ocorrência de precipitação, e algumas vezes, atingem o lençol freático, de modo que a água subterrânea influencia no processo erosivo provocando seu alargamento e aprofundamento (GUERRA; CUNHA, 2007). Entre as principais causas da formação de voçorocas, destacam-se a impermeabilização do solo que aumenta o escoamento superficial de águas pluviais, como é o caso dos arruamentos quando da implantação de um loteamento, construção de sistemas de drenagem inadequados, lançamentos de efluentes líquidos de modo inadequado, exposição do solo, devido à remoção ou substituição da cobertura vegetal, construção de taludes artificiais com altas declividades e exposição de horizontes inferiores do solo devido à realização de obras.

Medeiros (2000) identificou oito voçorocas na área urbana, em seu estudo, todas situadas na periferia da cidade, como pode ser observado na figura 5. Estas ocorriam predominantemente em áreas de substrato arenoso (Formação Furnas e Grupo Itararé) ou em áreas de depósitos quaternários mais espessos, todas conectadas à rede de drenagem.

Nesse estudo optou-se por compreender a evolução de uma dessas voçorocas, a que se situa nas proximidades do Jardim Santa Edwiges, em destaque na figura a seguir.

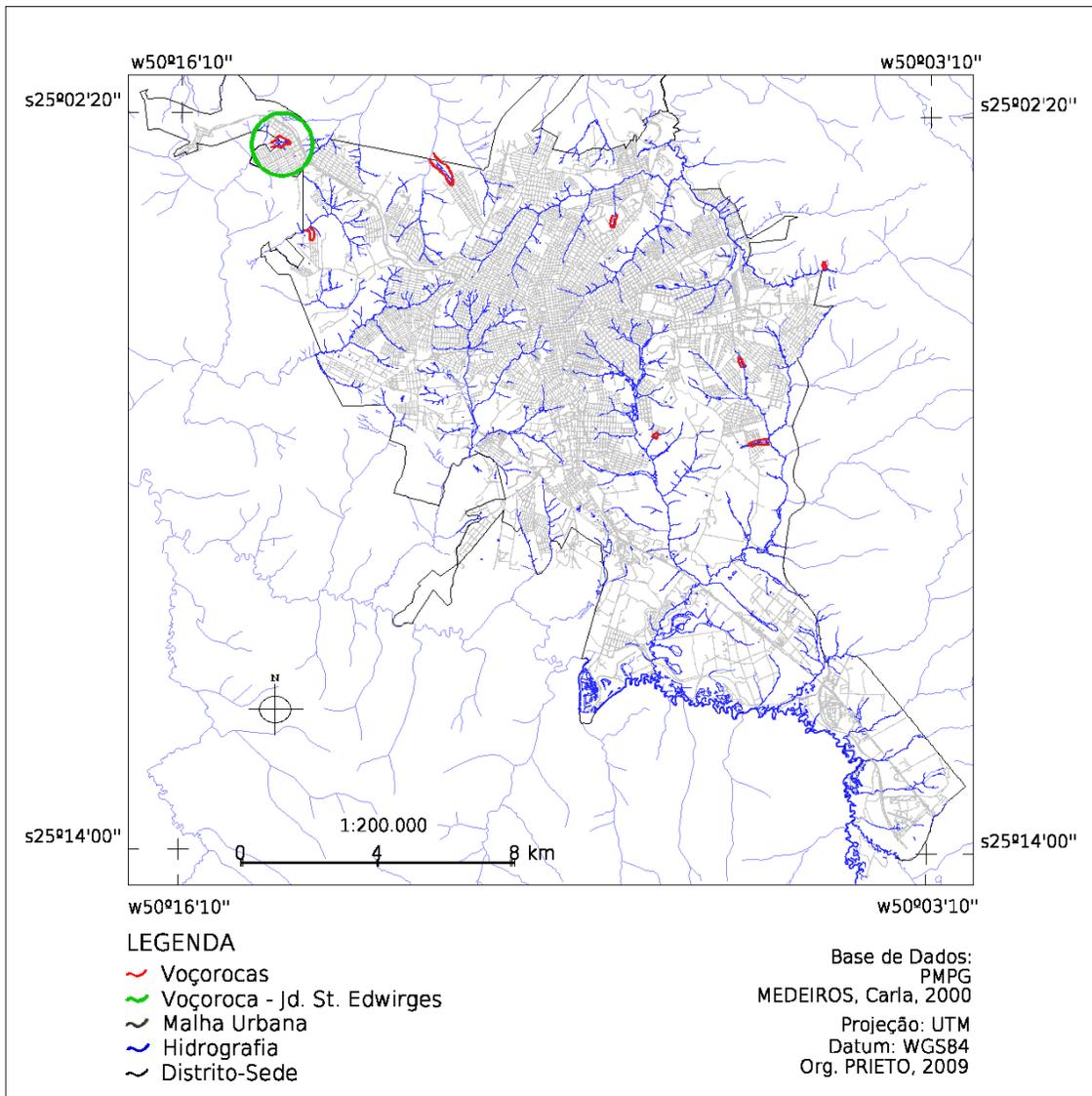


FIGURA 5 – Mapa de localização das oito voçorocas identificadas por Medeiros (2000) no espaço urbano de Ponta Grossa. Em destaque a voçoroca localizada no Jardim Santa Edwiges.  
Fonte: MEDEIROS, Carla, 2000.

#### **4 VOÇOROCA PRESENTE PRÓXIMO AO JARDIM SANTA EDWIRGES – EM DETALHES**

Como é comum a ocorrência de processos erosivos na área urbana de Ponta Grossa, este trabalho dedica-se à compreensão da evolução da voçoroca situada na porção Noroeste do Distrito-Sede, nas proximidades do Jardim Santa Edwirges, em destaque na figura 5, visando compreender quais fatores levaram ao seu surgimento e crescimento, identificando as necessidades de um planejamento urbano adequado como forma de prevenção à ocorrência de processos erosivos como este.

Para tanto, foram organizadas as informações a respeito da pluviosidade e elaborados mapas em escala menor (1:200.000), abrangendo toda a área urbana de Ponta Grossa, abordando a hidrografia, topografia associados às vias de circulação, assim como a geologia, expostos na seção anterior. Para a elaboração de tais mapas foi utilizado o programa SPRING 5.1 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), programa de domínio público desenvolvido e disponibilizado pelo INPE (INPE, 2005).

Em escalas de maior detalhe (1:15.000, 1:10.000 e 1:5.000), foram elaborados mapas e cartas-imagem enfocando a voçoroca e seu entorno, com base em fotografias aéreas e imagens de satélite de diferentes escalas temporais (1980, 1995 e 2006), também através do SPRING 5.1. Foram realizadas visitas ao local com o intuito de melhor compreender o trajeto percorrido pela água pluvial e a erosão resultante ao longo das ruas dos loteamentos Jardim Santa Edwirges e Vila Romana, associados à topografia local. Com isso viu-se a necessidade de expor no presente trabalho fotografias de datas diferentes, indicando locais em que a erosão tem sido ainda mais intensa.

Como a voçoroca está inserida em uma área de sedimentos recentes (também denominados sedimentos quaternários), optou-se por descrever melhor estes sedimentos e suas características.

##### **4.1 SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS**

É comum no espaço urbano de Ponta Grossa a ocorrência de depósitos quaternários, como foi exposto na seção 3.3. Podendo estes, ser entendidos como “acumulações temporárias de materiais em transporte dentro de uma região onde a drenagem apresenta caráter erosivo dominante” (MELO et al., 2003, p. 37). Foram depositados em um período característico por variações climáticas, que por sua vez, desencadearam fases de intensa denudação das vertentes, e resultante entulhamento dos vales.

Com a realização de estudo de datação radiométrica de alguns materiais provenientes desses sedimentos por Medeiros (2000), comprovou-se que há sedimentos de diferentes fases do quaternário, variando entre aproximadamente 1.100, 16.000 e até mais de 40.000 anos. Esses depósitos apresentam características que indicam fases

paleoclimáticas de desequilíbrio ambiental (MELO; GODOY, 1997; MELO et al., 2003). Os autores esclarecem que os depósitos presentes na área urbana de Ponta Grossa passaram por duas fases principais de sedimentação: Pleistocênica e Holocênica. A primeira ocorreu no final do Pleistoceno (cerca de 16.000 anos antes do presente - AP), ocorrendo denudação das encostas de forma acentuada, indicando um desequilíbrio ambiental mais marcante. E a segunda fase teria ocorrido no Holoceno Médio (entre 2.940 e 4.750 anos AP), seus sedimentos possuem características semelhantes às de planícies aluviais atuais, indicando possíveis oscilações climáticas bastante semelhantes às da atualidade, porém significativas o bastante para produzir depósitos sedimentares.

Entre as acumulações principais, resultantes deste processo, observa-se a ocorrência de leques aluviais, rampas colúvio-aluviais, terraços aluviais, planícies aluviais (MELO et al., 2003). Os leques aluviais situam-se em áreas de desembocadura de arroios menores, em cursos de água maiores, estes se encontram entalhados pela drenagem atual, com ocorrência de processos erosivos. As rampas colúvio-aluviais, por sua vez, são encontradas na atualidade em leitos de rios tributários de menor ordem, compõe frequentemente acumulações de materiais heterogêneos não mapeáveis, porém são relevantes devido à associação a ocorrência de processos erosivos.

Já os terraços aluviais, indicam importante fase de deposição de sedimentos nos vales. Estes depósitos caracterizam-se por serem imaturos textural e mineralogicamente, indicando ocorrência de intensos processos erosivos, com exposição de horizontes inferiores do solo nas encostas, em fase de desequilíbrio climático do final do Pleistoceno (em torno de 16.000 anos AP). Enquanto que as planícies aluviais são compostas por depósitos que refletem o substrato rochoso antigo, sendo argilosos e arenosos, com ocorrência, mesmo que rara, de seixos arredondados de quartzo retrabalhados das rochas da Formação Furnas ou do Grupo Itararé. Estas planícies apresentam sedimentos mais recentes, resultantes de oscilações climáticas curtas, com domínio de condições semelhantes às atuais. Há ocorrência de níveis turfosos com até 1 m de espessura, com presença de restos orgânicos, como caules, folhas e inclusive nós-de-pinho. É possível encontrar depósitos com constituição e processos genéticos distintos, em uma única feição, sugerindo a possibilidade de serem paleofeições reafeiçoadas ou policíclicas.

Melo et al. (2003) descrevem uma distinção em dois tipos desses sedimentos, primeiro, os depósitos cuja textura e mineralogia são imaturos, composto por camadas decimétricas e submétricas de origem aluvial e gravitacional alternadas, estas ocorrem em especial nos leques aluviais, rampas colúvio-aluvionares e terraços fluviais mais elevados. Os outros sedimentos se caracterizam por terem textura e mineralogia maduras, sendo argilosos e arenosos, com níveis turfosos e os níveis de cascalho raros. Estes estão presentes nas planícies aluviais e rampas que se alternam lateralmente para as planícies.

Esse tipo de depósito é representado na figura 6, uma seção colunar dos sedimentos quaternários presentes na voçoroca do Jardim Santa Edwirges elaborada por Medeiros (2000).

Para compreender os problemas da implantação de loteamentos sem os devidos cuidados, o que pode acarretar na formação, ou no agravamento de processos erosivos como o da voçoroca, tomou-se como exemplo para esse estudo a voçoroca que se encontra localizada no Bairro Chapada, próximo às vilas Jardim Santa Edwirges e Vila Romana.

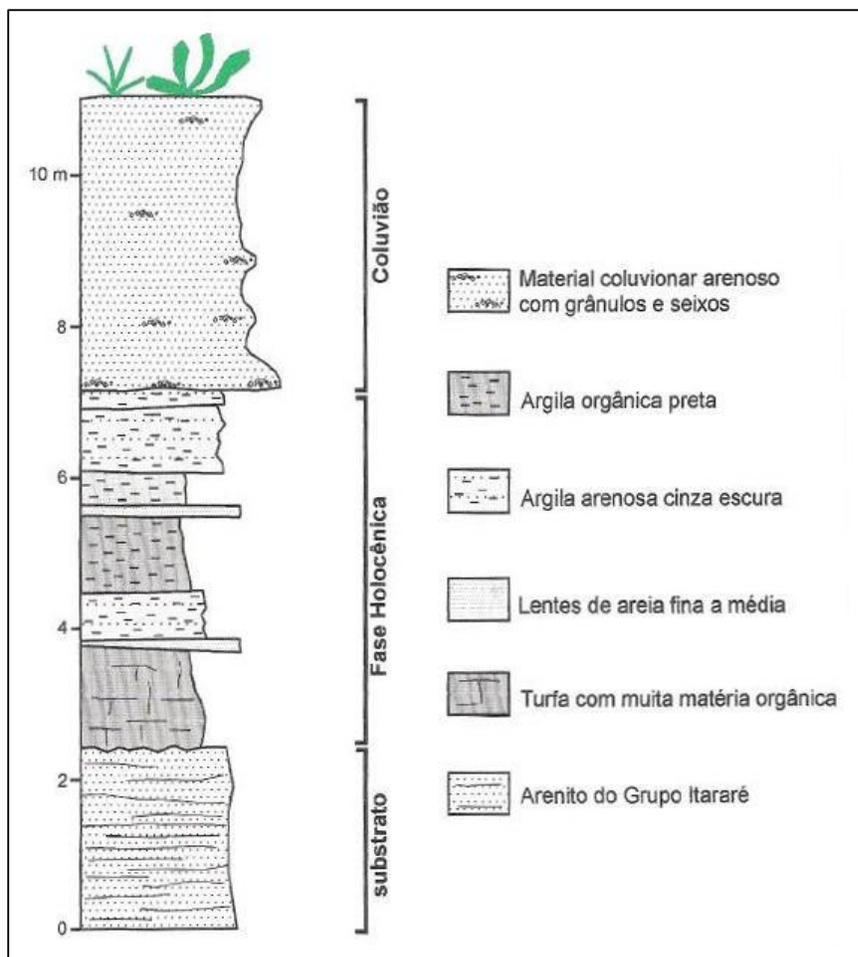


FIGURA 6 – Seção colunar dos sedimentos quaternários da voçoroca do Jardim Santa Edwirges. Fonte: MEDEIROS, 2000.

#### 4.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E SUAS CARACTERÍSTICAS

O Jardim Santa Edwirges obteve aprovação da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa em 1962 (PONTA GROSSA, 2008). Este loteamento situa-se na região noroeste da cidade de Ponta Grossa, margeia a esquerda da BR-376, sentido Ponta Grossa – Ipiranga (ou regiões Norte e Oeste do Paraná), por aproximadamente 2,2 km de extensão, possuindo apenas aproximados 250 metros de largura (dois quarteirões), como pode ser observado na figura 7.

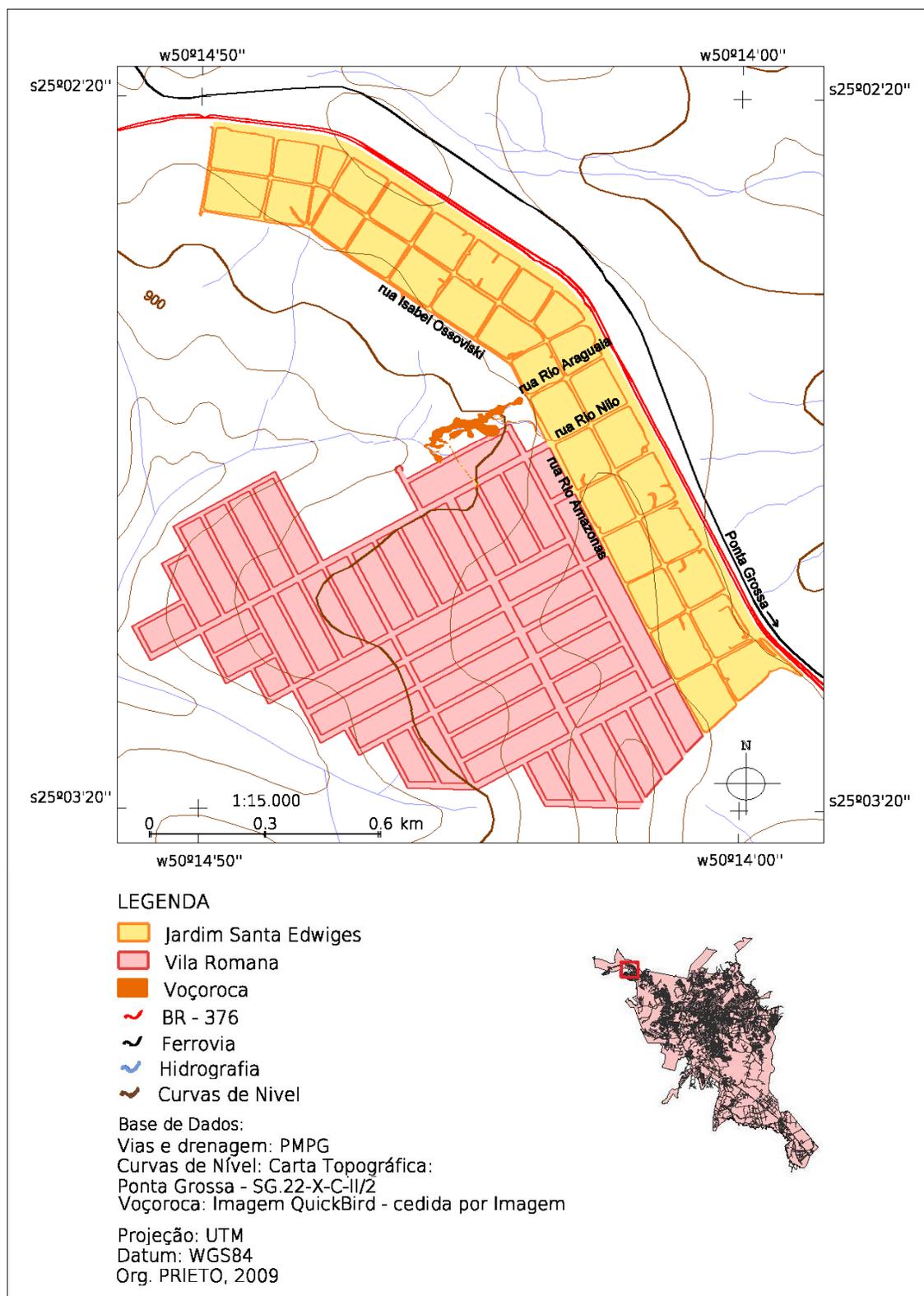


FIGURA 7 – Localização e disposição das quadras do Jardim Santa Edwiges e da Vila Romana. Em detalhe, a localização da área em relação ao Distrito-Sede de Ponta Grossa.

Já a Vila Romana é um loteamento mais recente, foi aprovado pela prefeitura 35 anos depois do primeiro, em 1997, com imediata implantação. Situa-se anexo ao Jardim Santa Edwirges, no terço médio da vertente (FIGURA 7). Os dados vetoriais oficiais da PMPG (PONTA GROSSA, 2008) indicam que foram projetados 47 quarteirões, contudo observa-se que houve construção de casas apenas em pouco mais de 20 deles. Para a elaboração do referido mapa de localização, foram utilizadas curvas de nível vetorizadas sobre a carta topográfica de Ponta Grossa (DSG, 1980), na escala de 1:50.000, tendo distanciamento de 20 metros, o suficiente para permitir a observação do relevo em toda área das vilas que margeiam a voçoroca.

Para possibilitar a visualização do entorno da voçoroca, em mais detalhe, elaborou-se uma carta-imagem (FIGURA 8), desse modo optou-se por realizar o mapeamento em uma escala maior, e com isso foi necessário utilizar curvas de nível mais precisas. Nesse caso, foram utilizadas as curvas restituídas de fotografias aéreas na escala de 1:8.000 em 1995 pela PMPG, porém estas não recobrem toda a carta-imagem, pois foram restituídas curvas de nível apenas para o perímetro urbano da época. É possível observar em tal figura, que a voçoroca está inserida no perímetro urbano (Distrito-Sede). Sendo possível notar a delimitação da sub-bacia hidrográfica em que a voçoroca está contida, sendo esta, parte integrante da bacia hidrográfica do Arroio Taquari dos Polacos.

O Arroio Taquari dos Polacos é tributário do Rio Tibagi, o principal afluente paranaense do Rio Paranapanema, rio este, que demarca a divisa entre os estados de São Paulo e Paraná.

Na delimitação da sub-bacia hidrográfica em que a voçoroca está contida, optou-se por tracejar o limite sul, devido à falta de continuidade das curvas de nível, por este ser o limite dos dados oficiais da PMPG. A hidrografia utilizada, do mesmo modo, faz parte dos dados oficiais da PMPG, sendo que estes vetores foram produzidos a partir vetorização sobre cartas topográficas na escala 1:50.000 e imagem de satélite Landsat 7.

Na figura 8 é ainda possível distinguir as ruas do Jardim Santa Edwirges, em cinza claro, das ruas da Vila Romana, em rosa. É possível observar que mais de 50% da sub-bacia em questão localiza-se em áreas loteadas, e a água que provem da área urbanizada, escoam superficialmente pelas ruas de ambas as vilas, ganhando mais volume e velocidade devido ao declive e compactação do solo, antes de adentrar a voçoroca. Em maior destaque, na mesma figura, está delimitada a voçoroca, a área cor de laranja. A vetorização de seus limites foi feita sobre a imagem QuickBird, da empresa DigitalGlobe (DIGITALGLOBE, 2006), de resolução espacial de 0,61 metros de 29 de maio de 2006 (cedida pela empresa Imagem). Houve a necessidade de se fazer uma correção em um dos canais da voçoroca, pois já houve bastante alteração em sua configuração entre 2006 e 2010.

Na área de entorno da voçoroca não há pavimentação das ruas, tão pouco um sistema completo de captação e destinação de água pluvial. O que se observa em campo é a existência de algumas manilhas com abertura para entrada de água pluvial em apenas algumas esquinas, porém todas destinam a água apenas para o outro lado da rua, por baixo da mesma, resultando no aumento da erosão nos locais em que ela deságua. A preocupação nesse caso é apenas de manutenção das ruas, porém não com o entorno do loteamento.

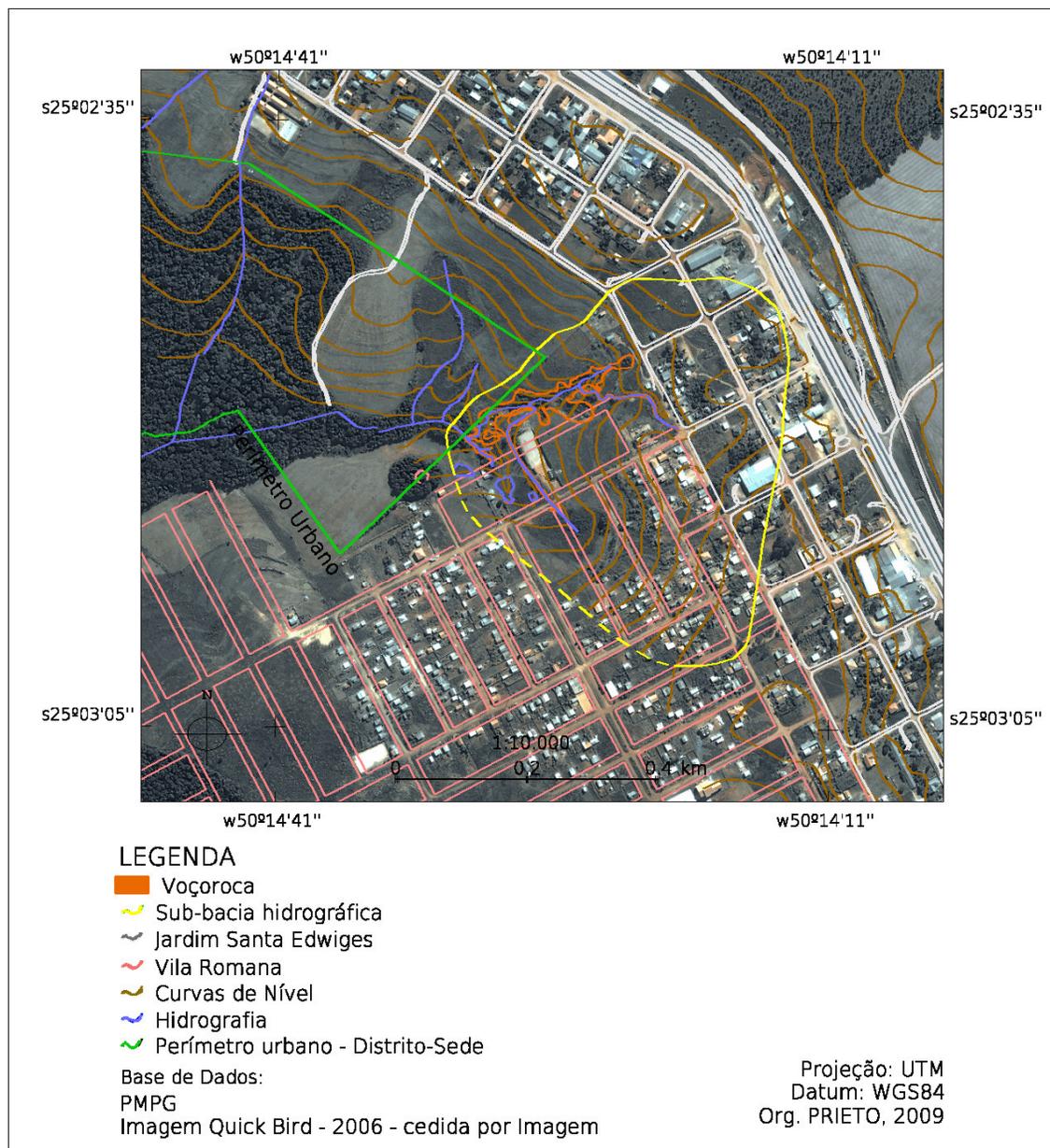


FIGURA 8 – Carta-imagem de localização da voçoroca em relação ao Jardim Santa Edwiges e Vila Romana, com a delimitação da sub-bacia hidrográfica.

O canal que sofreu maior expansão pode ser observado em detalhe na figura 9 (C5), este é o canal mais longo e estreito, foi retificado pelo proprietário da área, visando

minimizar a área afetada em sua propriedade. Entretanto é possível observar que onde a água precipita, próximo ao canal principal da voçoroca (C1), tem resultado, talvez na área mais ativa em termos de processos erosivos, em toda a voçoroca, sua forma e tamanho foram bastante alterados recentemente entre os anos de 2006, data de aquisição da imagem de satélite, e a atualidade.

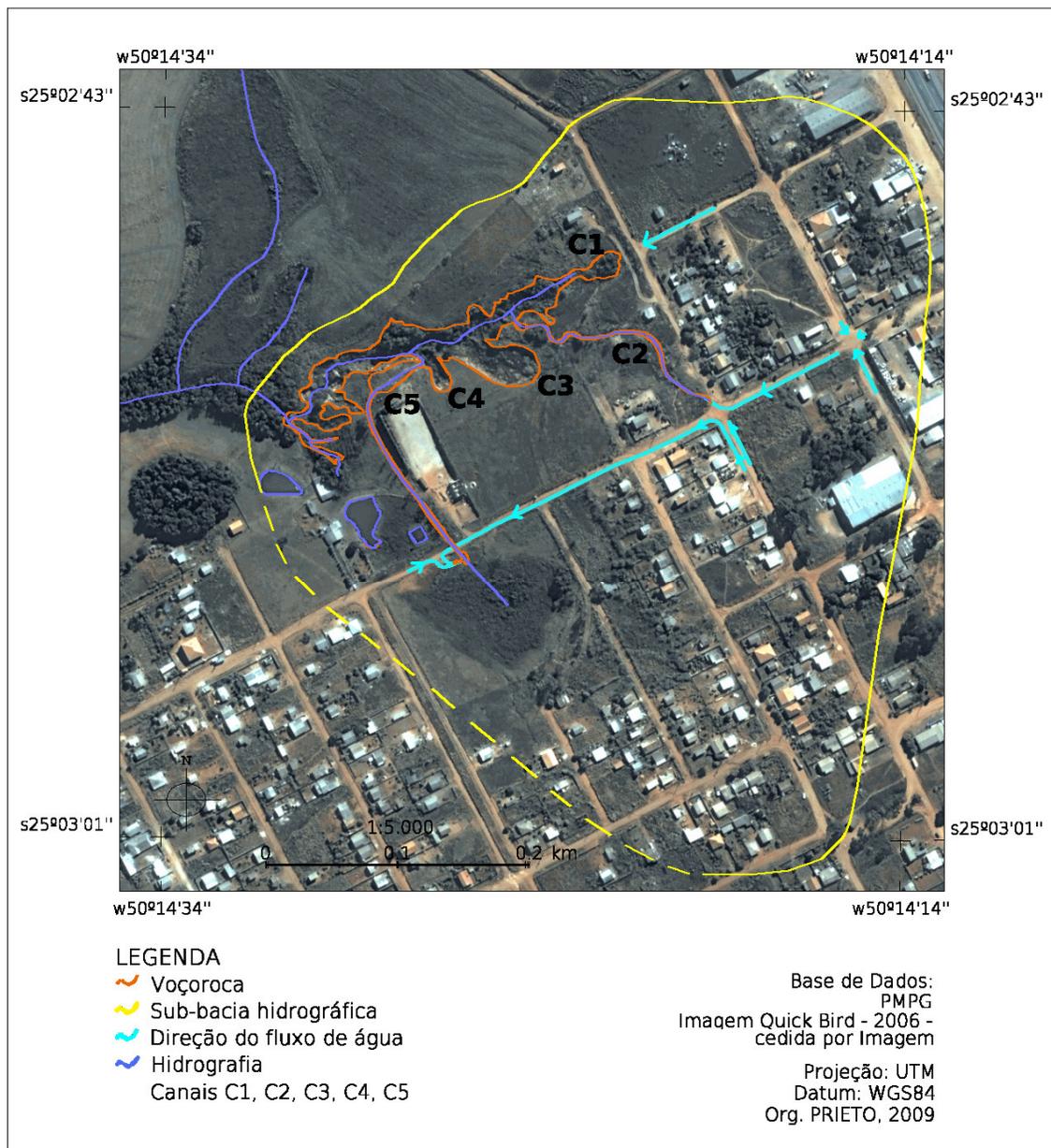


FIGURA 9 – Carta-imagem de caracterização do entorno da voçoroca localizada próximo ao Jardim Santa Edwiges e Vila Romana. Com esse material é possível observar a direção dos fluxos de água pluvial pelas ruas das vilas ao redor da erosão.

A figura 9 também evidencia, em setas azuis, a direção do fluxo de água ao longo das ruas ao redor, antes de atingir a voçoroca. Em momento chuvoso, foi possível observar odor e coloração de óleo adentrando a voçoroca pelo canal C2. Na região há várias oficinas mecânicas especializadas em caminhões, devido à proximidade da rodovia.

Assim, sugere-se que em estudos futuros seja feita a análise da qualidade da água para compreender a dimensão da poluição que atinge o Arroio Taquari dos Polacos.

#### 4.3 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA VOÇOROCA

Para compreender a evolução da voçoroca em questão, foram utilizadas fotografias aéreas e uma imagem de satélite, sendo estas de diferentes datas, possibilitando a observação e compreensão da influência exercida pela implantação dos loteamentos, Jardim Santa Edwirges e Vila Romana, na formação e no crescimento do processo erosivo ao longo do tempo.

Através do programa SPRING 5.1, um SIG (Sistema de Informação Geográfica), foram realizados os registros das imagens (georreferenciamento), as vetorizações, assim como a organização e apresentação gráfica dos mapas e cartas-imagem, com o apoio dos módulos IMPIMA 5.1 e SCARTA 5.1.

Para o registro das três imagens utilizadas na análise da evolução temporal da voçoroca, foram utilizados como dados-base os vetores das vias públicas, dados oficiais da PMPG. Para evidenciar a área erodida nos diferentes períodos, optou-se por realizar a vetorização, delimitando as áreas degradadas visualmente através do SIG supra citado. Foi utilizado o limite da sub-bacia hidrográfica em que a voçoroca se encontra, como delimitação da área de estudo. As curvas de nível utilizadas para tais cartas-imagem são aquelas restituídas das fotografias aéreas de 1995, com escala 1:8.000, com equidistância de 5 metros. A hidrografia utilizada também é um dado oficial da PMPG, como citado anteriormente. Optou-se por utilizar a escala 1:5.000 nas cartas-imagem, possibilitando a comparação visual das formas e dimensões que a voçoroca tomou ao longo das três datas.

Para a elaboração da Carta-imagem que retrata o estágio da erosão em 1980 (FIGURA 10) foi utilizada uma fotografia aérea obtida pelo ITC (Instituto de Terras e Colonização do Estado do Paraná), na escala de 1:25.000 (ITC, 1980). Nesse momento, o Jardim Santa Edwirges já havia sido implantado a cerca de 20 anos, porém ainda não se apresentava muito adensado, havendo poucas edificações e muitos terrenos vazios. A erosão situava-se em área de campo úmido, cuja drenagem é sazonal, variando com o nível do lençol freático, sendo esta circundada por cultivo, que tangenciava o loteamento. Observa-se que ocorria erosão remontante (canal C1) em direção à Rua Rio Araguaia, onde é possível notar a concavidade do relevo, através das curvas de nível. A rua em questão foi traçada perpendicularmente à curva de nível, o que facilita o escoamento superficial, com maior concentração de volume de água, assim como a tendência de haver maior velocidade da mesma ao escoar em superfície.

A erosão é notável ao observar a carta-imagem, pelas características de variação de tonalidade, que indica a concavidade do terreno, sendo esta mais acentuada

que o entorno, com visível ruptura de relevo; e ainda a variação de textura, pois na área erodida, possui um aspecto de maior rugosidade que o entorno, inclusive se comparada às áreas de campo úmido, não cultivadas.

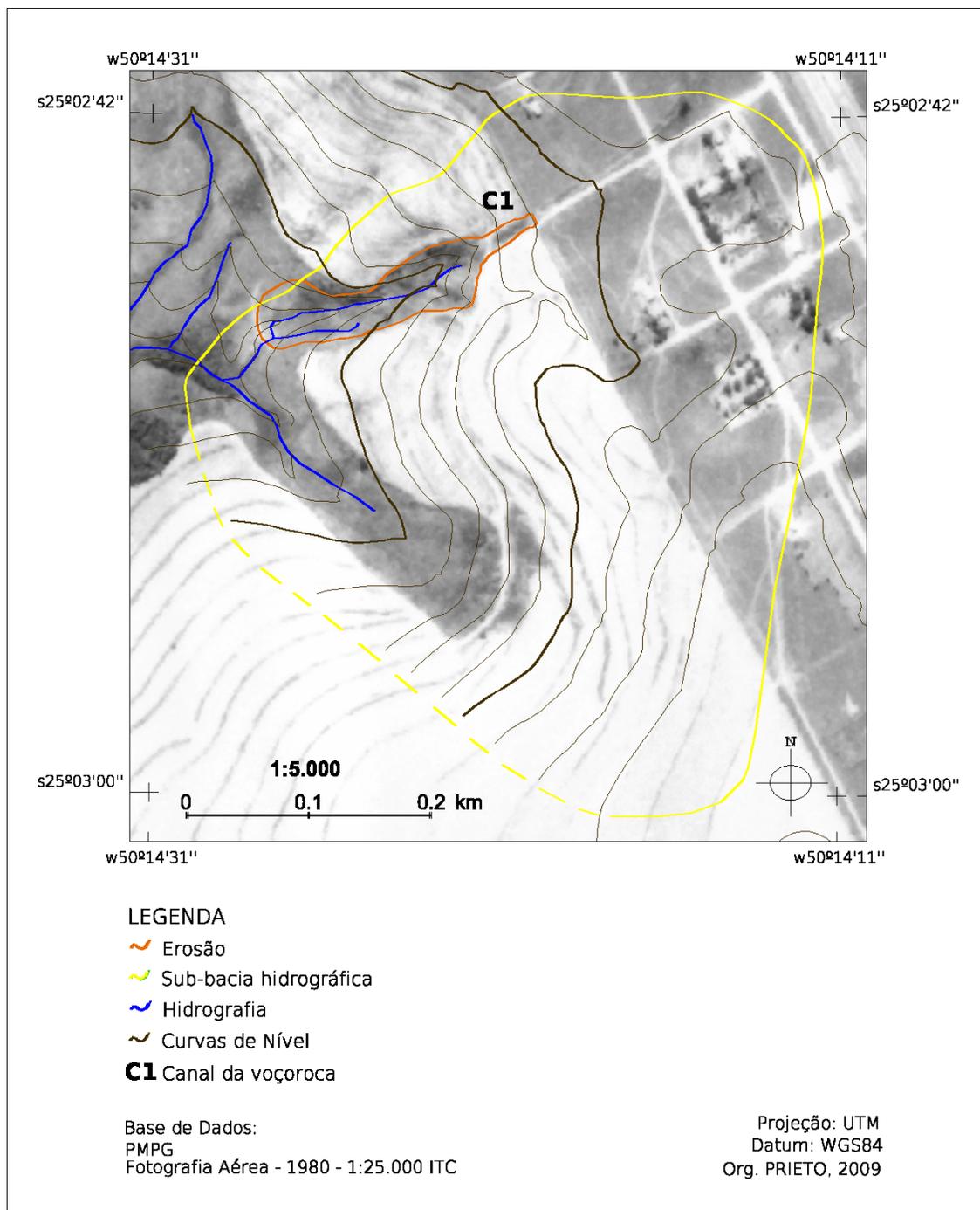


FIGURA 10 – Área da atual voçoroca, em 1980. Observa-se a presença de erosão na direção de uma das ruas, local onde se desenvolveu uma ravina, devido ao escoamento superficial.

Para a elaboração da carta-imagem de 1995 (FIGURA 11), foi utilizada a fotografia aérea produzida pela FAMEPAR (1995), em escala de 1:8.000, cedida à UEPG (Universidade Estadual de Ponta Grossa) pela prefeitura do município. Nessa fase, o Jardim

Santa Edwirges estava mais adensado do que 15 anos antes, porém ainda haviam muitos lotes vazios. Observa-se na figura em questão, que o canal C1 continuou evoluindo e nesse momento havia um segundo canal (C2) evoluindo na direção da Rua Rio Nilo, também perpendicular à curva se nível. Observa-se que a erosão encontra-se conectada ao canal de drenagem e ao redor da área erodida, à sudoeste do loteamento, havia presença de cultivo.

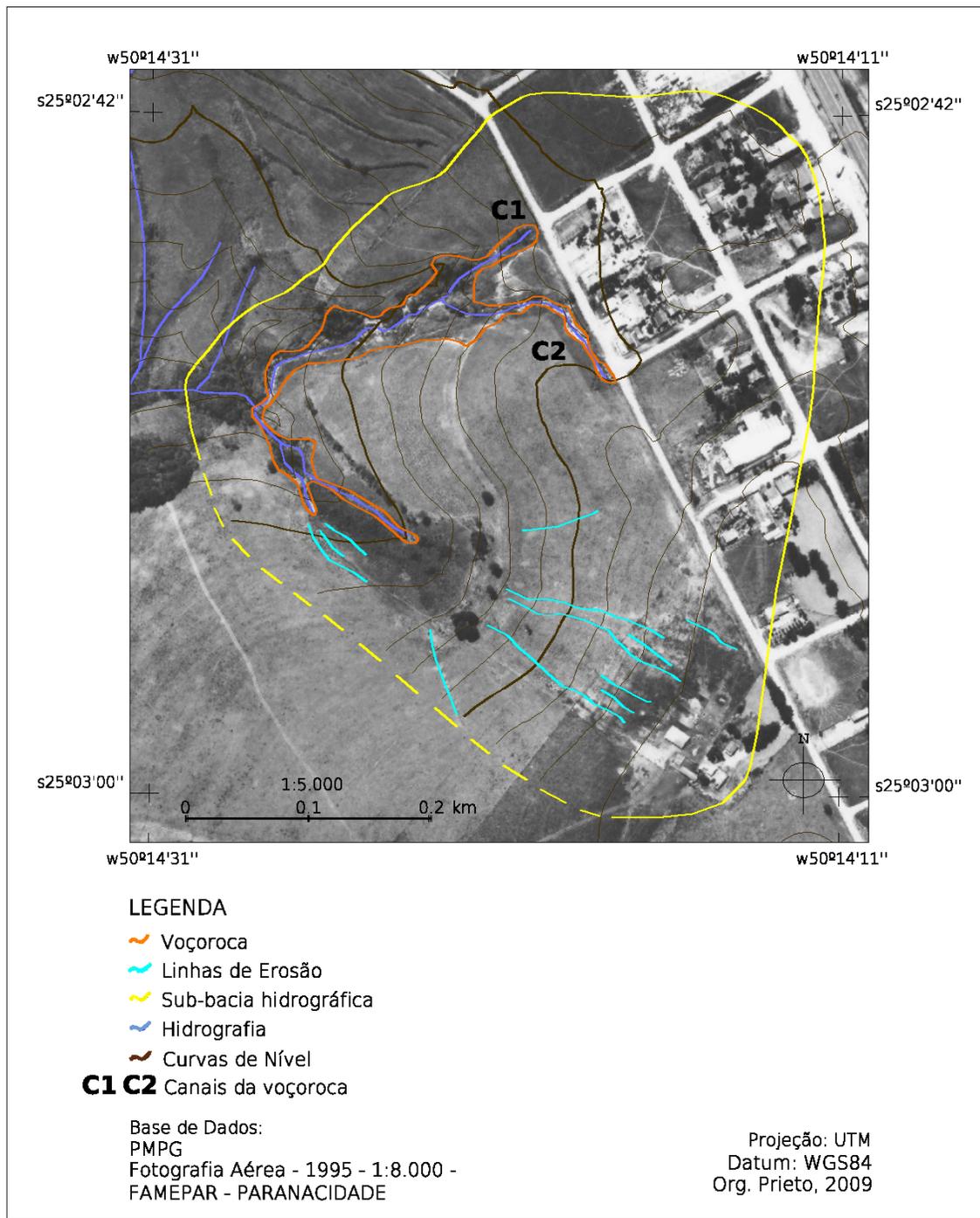


FIGURA 11 – Área da voçoroca em 1995. Observa-se que a área erodida aumentou, formando novos canais de drenagem, sendo nessa fase, dois influenciados diretamente pelo traçado das vias. Há presença marcante de linhas de erosão no entorno.

É notável a existência de solo exposto no interior da voçoroca, característico pela clara tonalidade em fotografias aéreas monocromáticas. Havia também vegetação, sendo esta composta por exemplares de diferentes espécies e tamanhos, sendo observável, pela textura, a presença de espécies arbóreas em oposição às espécies de gramíneas. É importante ressaltar que existe uma maior concentração de edificações nos dois quarteirões entre as Ruas Rio Araguaia e Rio Nilo, resultando em uma maior impermeabilização do solo nessas áreas, além de caracterizar-se como um maior obstáculo para a água que escoar superficialmente, forçando-a a deslocar-se em superfície sobre as referidas ruas, aumentando seu volume e energia, o que influencia diretamente na retirada de sedimentos da área já fragilizada.

Na porção sudeste da sub-bacia, haviam sulcos de erosão, resultantes do escoamento superficial linear, a água pluvial e era proveniente de ruas do Jardim Santa Edwirges. Observa-se uma concentração dessas linhas, em direção à região mais côncava, onde já era notada uma linha mais forte de erosão, em que se situava no talvegue de uma área de campo úmido. Na fotografia aérea, observam-se cicatrizes marcantes no terreno, indicando que ao menos ravinas já existiam no local.

Dois anos após a aquisição desta fotografia aérea, foi aprovada e iniciada a implantação da Vila Romana, exatamente na área em que se encontrava essa erosão linear. É possível observar nas figuras 7 e 8, que os primeiros quarteirões da Vila Romana, mais próximos do Jardim Santa Edwirges, não tem uma configuração padronizada com as outras ruas do loteamento. Acredita-se que o traçado dessas ruas é diferente, em decorrência do processo anterior de lineamento erosivo, pois exatamente onde havia a concentração de sulcos, as ruas não tem continuidade retilínea, evitando que a erosão evoluísse nessa porção mais elevada.

Todavia, observa-se que houve uma evolução bastante significativa na área mais baixa do terreno, onde existem diferentes canais e cada qual com sua lógica de evolução. O canal C1 sofre influência direta do escoamento superficial proveniente da Rua Rio Araguaia (área 1 em destaque na FIGURA 12). Atualmente é um canal mais estabilizado que os outros, com presença de vegetação predominantemente arbórea e herbácea em seu interior. Ainda hoje recebe água de escoamento superficial, que é captada por manilhas no cruzamento das Ruas Rio Araguaia e Rio Amazonas, que é despejada na direção do crescimento da voçoroca, após atravessar a rua em subsuperfície, à montante das cabeceiras do canal C1.

O segundo canal que evoluiu ao longo do tempo (C2), tem sido alterado rapidamente. Este cresce em direção à Rua Rio Nilo, na esquina com a Rua Rio Amazonas (área 2 em destaque na FIGURA 12), existem manilhas nesse cruzamento de ruas para captação de água pluvial. Estas foram observadas em visita de campo no mês de setembro

de 2009 e uma das entradas estava parcialmente coberta por sedimentos, e em uma visita posterior (janeiro de 2010), todas as entradas de água estavam preenchidas por sedimentos, fazendo com que a água escoasse superficialmente sobre a rua, resultando em erosão da via pública, e um aumento das dimensões do canal C2.

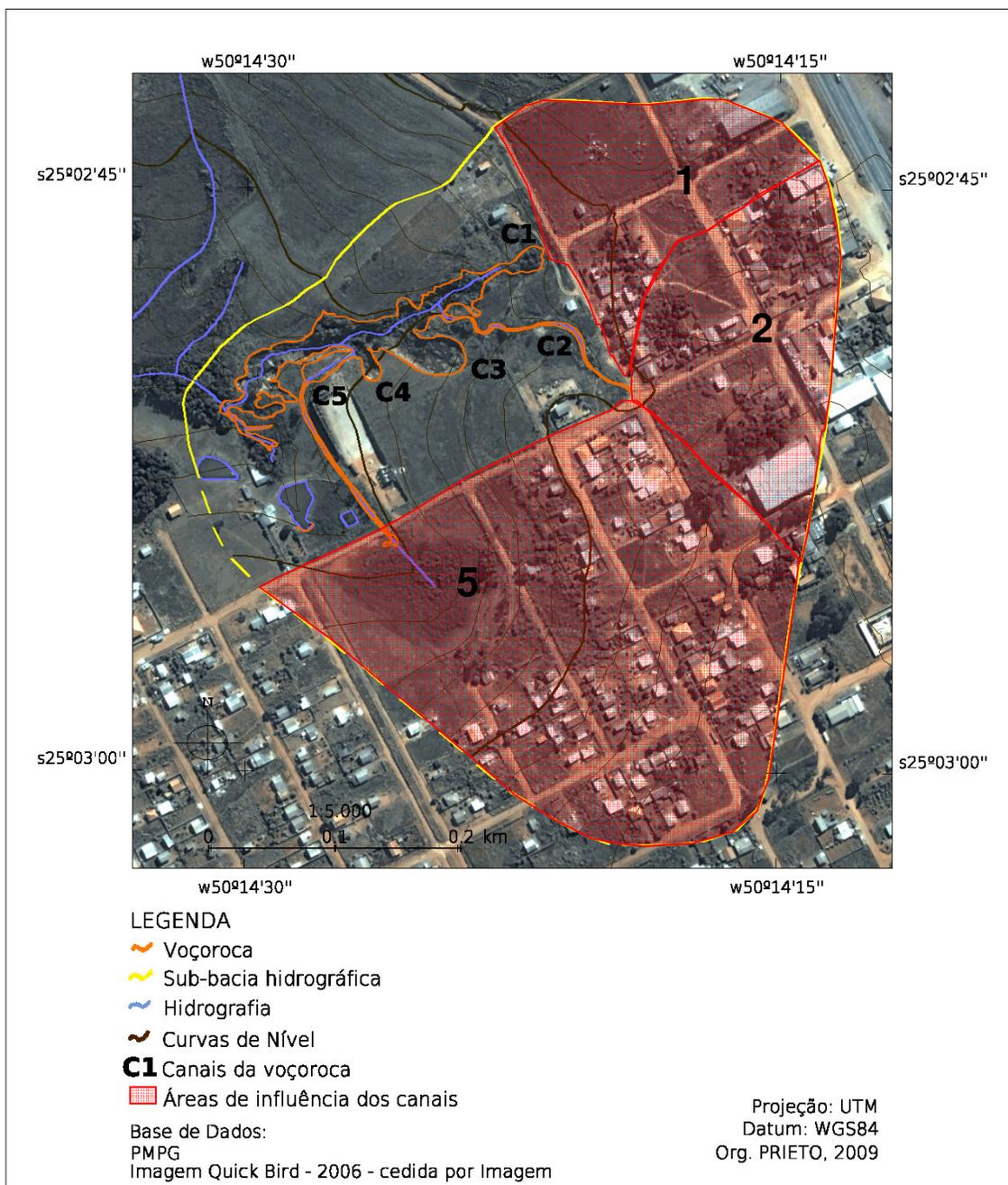


FIGURA 12 – Sub-bacia hidrográfica em que se situa a voçoroca em 2006 com delimitação aproximada das áreas que convergem água pluvial para os principais canais da voçoroca.

O proprietário de uma parcela da área erodida tem buscado continuamente conter o processo, com seu conhecimento empírico. Realizou obras de contenção e barragens, possibilitando que a área seja utilizada como um pesqueiro (pesque-pague),

contudo a justificativa de se fazer os açudes é mais complexa, ele buscou conter alguns canais da voçoroca, mantendo-os cheio de água, evitando assim, a seu ver, que a área seja toda erodida, inclusive onde foi construída sua residência.

Existem outros canais da voçoroca que tem grandes dimensões (C3 e C4), porém estes tem sofrido menor degradação atualmente, com esparsos movimentos de massa no seu interior, evoluindo de forma gradativa, e apresentam-se relativamente estabilizados. O canal C5, por sua vez, recebe grande quantidade de água proveniente de uma área significativa da sub-bacia hidrográfica, como pode ser observado na figura 12 (área 5), com isso, seu canal tem sido ampliado rapidamente. A imagem de satélite QuickBird (DIGITALGLOBE, 2006) data de 2006 e até o presente houve bastante alteração da forma e do tamanho do canal, sendo sua principal ampliação no local em que a água encontra o canal principal da voçoroca. Em 2006 este canal era estreito e superficial, porém no momento, mais a jusante, possui uma configuração em forma de 'U', é bastante profundo e alongado.

Para a delimitação da área erodida, utilizou-se um método híbrido, ou seja, inicialmente realizou-se uma identificação visual, observando as rupturas de relevo, como limites das paredes íngremes da voçoroca, assim como identificação de diferentes texturas, com a presença de vegetação, inclusive de grande porte no interior da voçoroca, em oposição ao entorno, que é notável a predominância de áreas de campo limpo, inclusive utilizadas como pastagem. Posteriormente foram incluídas informações obtidas em campo, como o rearranjo do canal C5, a jusante.

Existem outros pequenos canais erodidos, com suas formas variadas mais a jusante na sub-bacia, próximo à conexão com a rede de drenagem. Nesta área os processos erosivos estão bastante ativos, degradando a paisagem local.

Foram realizadas diversas idas a campo, para observação no local da evolução da voçoroca, com isso, optou-se por realizar uma análise comparativa entre fotografias obtidas em diferentes datas, sendo possível observar a rapidez das alterações morfológicas da erosão. Para melhor compreensão da localização das figuras a seguir, optou-se por realizar um mapa em que são indicadas as localizações das figuras (FIGURA 13).

As imagens fotográficas utilizadas para comparação das alterações morfológicas da paisagem foram obtidas em 03 de setembro de 2009 e 29 de janeiro de 2010. Em setembro de 2009, realizou-se uma visita de campo em momento chuvoso, para poder observar o comportamento da água em seu escoamento superficial. Já em janeiro de 2009, optou-se por ir a campo em dia seco, para observar as alterações morfológicas da voçoroca e seu entorno.

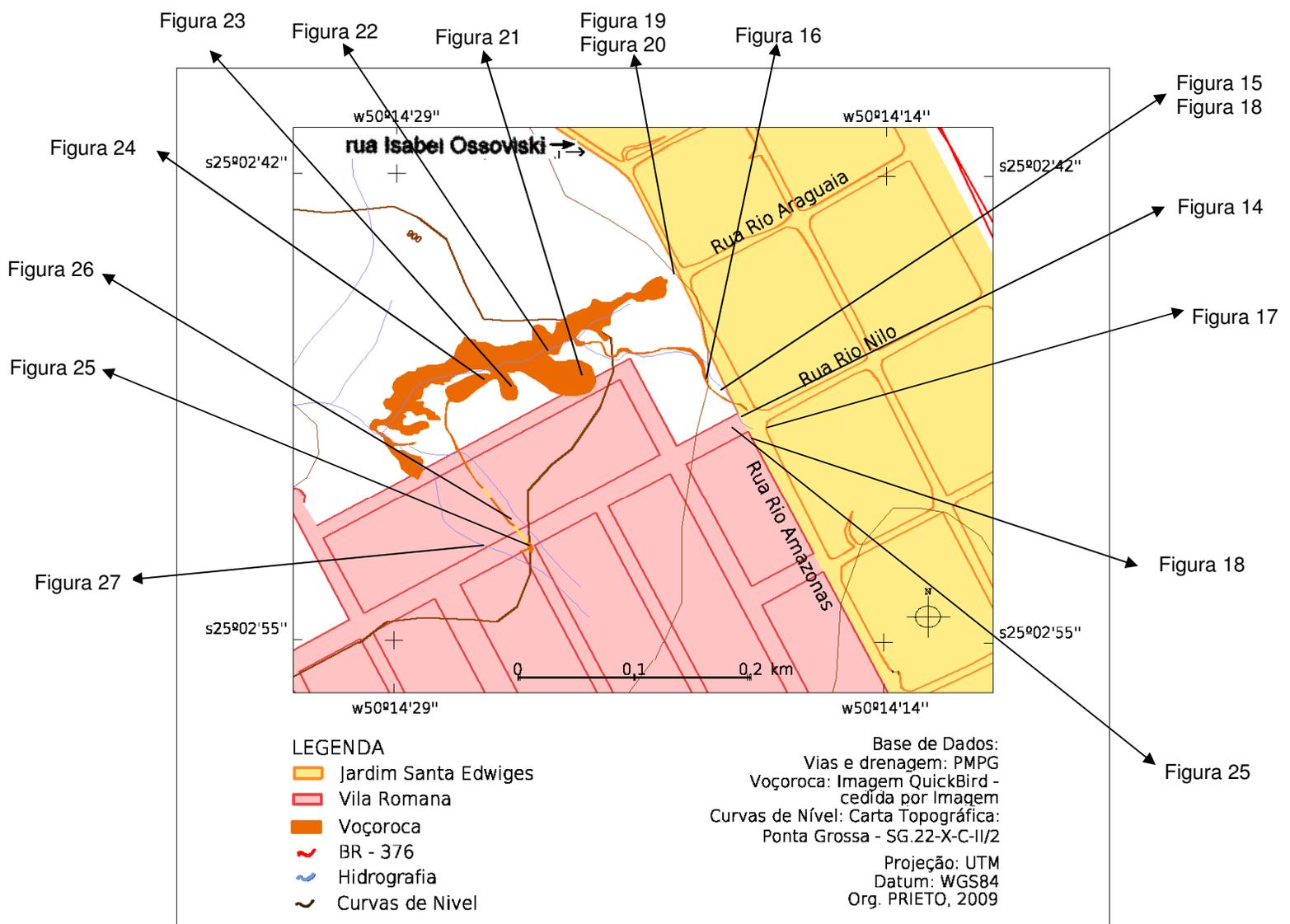


FIGURA 13 – Localização das figuras ilustrativas do capítulo 4.

Analisando os dados pluviométricos dos os quatro últimos meses de 2009 e de janeiro de 2010, observou-se que o volume de precipitação nesse período foi maior do que a média mensal calculada (GRÁFICO 7) para todos os meses. No mês de setembro de 2009 a precipitação de 269,1 mm (média de 136,7 mm), outubro 171,3 mm (média de 155,3 mm), novembro 200,6 mm (média de 122,6 mm), dezembro 183,1 mm (média de 147,1 mm) e janeiro 251,4 mm (média de 171,8). Todavia, isso não indica que deva ser dada menor relevância às rápidas alterações ocorridas. O fato de esse período ter uma precipitação acima da média não significa que seja anormal para o clima da região em questão, pois ao observar toda a base de dados pluviométricos entre 1946 e 2009, nota-se a variação de anos com maior volume pluviométrico, e outros com menor volume, nos diferentes meses do ano.

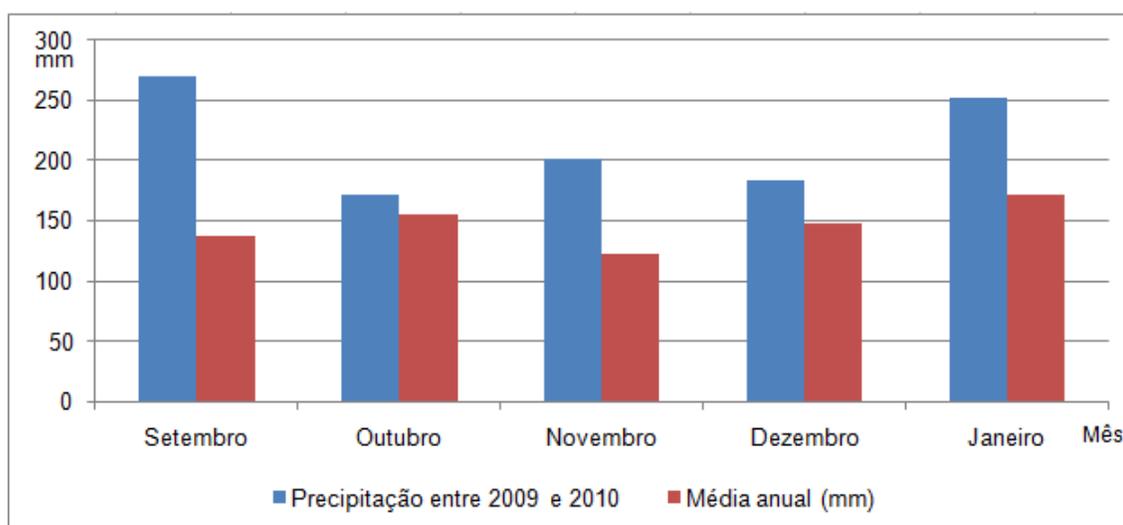


GRÁFICO 7 – Precipitação dos meses de setembro a outubro de 2009 e janeiro e 2010 em comparação com as médias mensais para o período de 1946 e 2009.

Fonte: SUDERHSA, organizado por PRIETO.

O canal em que foram observadas modificações mais nítidas neste curto período inferior a cinco meses, foi o canal C2, a evolução é notável nas fotografias comparativas (FIGURAS 14, 15 e 16). Houve mudanças importantes no cruzamento da Rua Rio Nilo com a Rua Rio Amazonas nesse período, como ilustrado na figura 14. Em setembro de 2009 observa-se que havia água escoando superficialmente em forma laminar sobre as ruas (durante um evento chuvoso), não havendo sulcos de erosão. Porém em janeiro foi possível observar que houve formação de sulcos, e possivelmente foram tentadas formas de contenção com o uso de cascalho, que não havia em setembro de 2009.



FIGURA 14 – Vista da Rua Rio Nilo no cruzamento com a Rua Rio Amazona em setembro de 2009 e janeiro de 2010 respectivamente. É possível observar que houve formação de sulcos de erosão.

É notável o aumento das dimensões da cabeceira do canal C2 (FIGURA 15). No primeiro momento observa-se que a água que escoava de forma laminar, proveniente da Rua Rio Nilo, adentrava um canal que foi retilizado, em direção à voçoroca. Nesse curto período observou-se que houve um aprofundamento e alargamento desse canal, alcançando a profundidade de 1,40 m.



FIGURA 15 – Cabeceira do canal C2 em setembro de 2009 e janeiro de 2010 respectivamente. O crescimento deste canal se deve à água que escoava superficialmente pela Rua Rio Nilo. A profundidade inicial do canal não alcançava os 0,50 m, e no segundo momento chegou a 1,40 m.

Em outra perspectiva do canal C2 (FIGURA 16), observa-se que o canal de fato se aprofundou, e aumentou suas dimensões laterais. Há também presença de resíduos sólidos em seu interior, além de vegetações mortas. A fotografia da esquerda foi obtida em setembro de 2009 e as outras duas em janeiro de 2010, sendo que em distâncias diferentes em relação à cerca que se vê em todas as fotografias como referência. Na fotografia da direita, observa-se que o canal encontra-se bastante largo, chegando a aproximadamente 2

m de largura, e posteriormente ele se torna mais estreito, quando próximo da cerca (fotografia do centro).



FIGURA 16 – Vista do canal C2 em direção ao corpo da voçoroca. Primeira foto data de setembro de 2009 e as outras duas de janeiro de 2010. É possível observar que o canal teve suas dimensões aumentadas em profundidade e lateralmente. Há presença de resíduos sólidos.

Como citado anteriormente, já era notável o assoreamento da abertura de uma manilha em setembro de 2009 (FIGURA 17, fotografia da esquerda), em janeiro de 2010, esta passagem de água pluvial continua entupida, inclusive com a presença de vegetação nos sedimentos (fotografia da direita).



FIGURA 17 – Manilha para captação de água pluvial entupida localizada à esquerda da Rua Rio Amazonas no cruzamento com a Rua Rio Nilo. Foto da esquerda obtida em setembro de 2009 e da direita em janeiro de 2010.

Além de observar-se a manilha que se situa no lado direito da via estava assoreada, observou-se também que a manilha situada no lado esquerdo da via no mesmo cruzamento de ruas também se encontrou assoreada após esse período de menos de cinco

meses (FIGURA 18, fotografia da esquerda). Na fotografia da direita (FIGURA 18), observa-se a outra extremidade do sistema de captação de água pluvial, sob a terra, preenchido por sedimentos e com presença de resíduo sólido.



FIGURA 18 – Manilhas situadas na Rua Rio Amazonas, no cruzamento com a Rua Rio Nilo. Fotografia da esquerda, manilha entupida localizada no lado direito. Fotografia da direita ilustra a outra extremidade da manilha, dentro do canal C2, entupida por de sedimentos. (jan. 2010)

O canal C1, apesar de parecer mais estabilizado, pela existência de vegetação no seu interior, tem sofrido erosão, inclusive há mais de uma cabeceira (FIGURA 19). Este canal tem o crescimento na direção da Rua Rio Araguaia.



FIGURA 19 – Principais cabeceiras do canal C1. Fotografia da esquerda (29/01/2010) apresenta uma cabeceira menor. Fotografia da direita (08/11/2008 Fonte: MALUF, 2008) apresenta a cabeceira mais relevante deste canal com as paredes laterais cobertas por vegetação.

No cruzamento da Rua Rio Araguaia com a Rua Isabel Ossoviscki/Rio Amazonas existem manilhas de captação de água pluvial, o que seria positivo, caso a água não fosse despejada logo após atravessar a rua em subsuperfície. Como consequência, a água que é despejada, escoar diretamente para o canal C1. É possível observar na figura 20, composta por fotografias de diferentes datas (esquerda, setembro de 2009 e direita, janeiro

de 2010), que no primeiro momento havia um sulco de erosão pouco profundo, sendo ainda possível o transito de veículos (propriedade privada), porém que em menos de cinco meses, foi necessário a construção de uma ponte para manter o tráfego local, devido ao aprofundamento deste sulco.



FIGURA 20 – Local em que é despejada a água pelas manilhas que captam água no cruzamento da Rua Rio Araguaia e Rua Isabel Ossoviscki/Rio Amazonas. Esquerda, fotografia obtida em setembro de 2009, havia um sulco de erosão pouco profundo, direita, fotografia de janeiro de 2010, houve necessidade de construção de uma pequena ponte sobre a erosão.

O canal C3, por sua vez, é o que tem as maiores dimensões (FIGURA 21), existem muitos pneus no seu interior, e a prática de queima é bastante comum, como mostram as fotografias de diferentes datas, que apresentam áreas bastante escuras. Estes fatores atrapalham a fixação e crescimento de vegetação, diminuindo a capacidade de resiliência e estabilidade do ambiente. Em seu interior acontecem diferentes processos erosivos, como escorregamento e deslizamento rotacional, ampliando gradativamente suas dimensões internas.



FIGURA 21 – Canal C3 em diferentes perspectivas. As fotografias da esquerda para a direita datam de 03/09/2009, 29/01/2010 e 08/11/2008 (direita: Fonte: MALUF, 2008).

O canal C1 é o mais longo, e todos os outros canais da voçoroca se desembocam nele. Ao longo de sua extensão, ele é bastante profundo, possuindo paredes

bastante íngremes. Há vegetação em grande parte deste canal, incluindo vegetação arbórea. Há presença marcante de *Pinus*, com tamanhos e idades variadas (FIGURA 22).

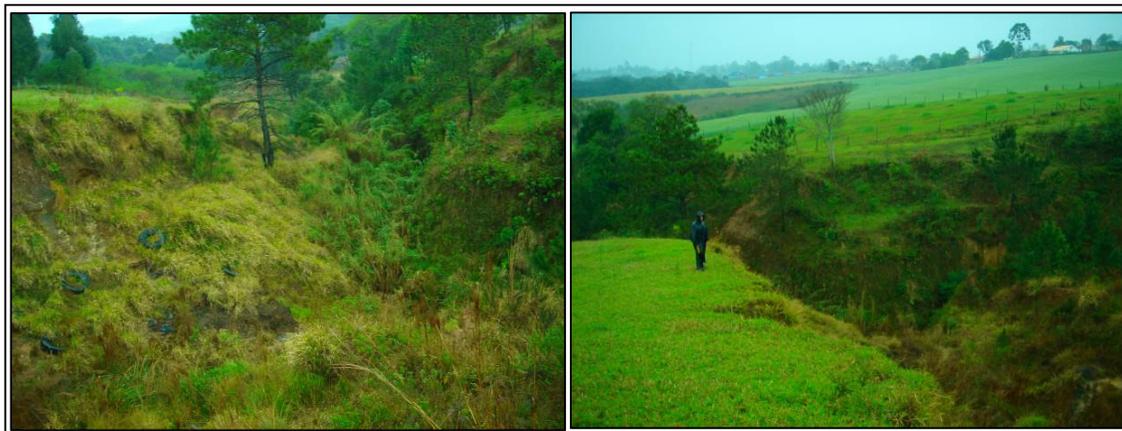


FIGURA 22 – Vista do canal C1 após a conexão com os canais C2 e C3 respectivamente. Fotografias obtidas em 03 de setembro de 2009.

O canal C4 (FIGURA 23) é também de bastante relevância, seu tamanho tem sido ampliado devido aos processos que ocorrem no seu interior, como movimentos rotacionais, alcovas de regressão, deslizamentos, entre outros. Este está conectado aos canais C5 e C1. Há uma tendência futura de que haja a união dos canais C4 e C5, devido à erosão de uma das paredes deste canal.



FIGURA 23 – Perspectivas do canal C4. É possível observar, na fotografia da esquerda, o movimento rotacional sofrido pelos sedimentos. Fotografias obtidas em 03 de setembro de 2009.

O canal C5 parece ser o canal que mais tem evoluído, observa-se que há pouca vegetação em seu interior (FIGURA 24), muito sedimento inconsolidado e a imagem de satélite de 2006 indica que seu canal tinha uma configuração bem menor e mais estreita do que no presente momento, pouco mais de três anos. Toda a água que escoa pelas ruas da porção sudeste da sub-bacia hidrográfica em que a voçoroca está inserida (área 5, FIGURA 12), dirige-se a este canal (FIGURAS 25 e 26).



FIGURA 24 – Vista da porção mais a jusante do canal C5. Este encontra-se bastante erodido e há pouca vegetação em seu interior. Fotografias obtidas em 03 de setembro de 2009.

Em visita ao campo durante um evento chuvoso foi possível observar o trajeto da água escoando superficialmente pelas ruas do entorno da voçoroca, se concentrando em uma parte baixa da Rua Rio Nilo, onde há uma manilha para transportar a água sob a rua, entretanto observa-se mais uma vez que o sistema de drenagem construído não destina a água pluvial para um local apropriado, fazendo com que a erosão aumente no canal C5 (FIGURA 25).

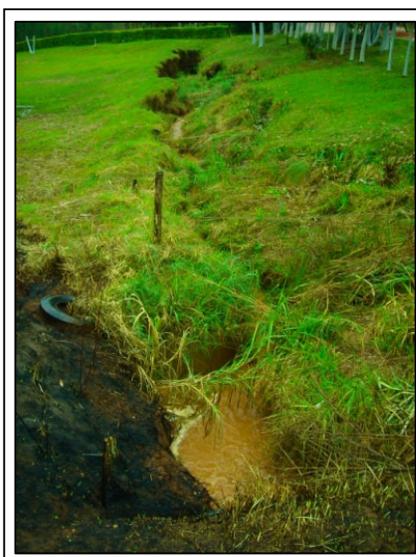


FIGURA 25 – Canal C5, fotografia retratando o direcionamento da água após passar pela manilha sob a Rua Rio Nilo. Observa-se que há água acumulada próximo da lateral da rua. A água segue em direção à voçoroca. No alto da fotografia observa-se outra manilha, colocada pelo proprietário com a construção de uma via interna. (03/09/2009)



FIGURA 26 – escoamento superficial pela Rua Rio Nilo. Na primeira imagem, à esquerda é possível observar a topografia da rua, a água converge para a área mais baixa. Em destaque na fotografia superior direita, a área em que a água se acumula adentrando a manilha para passar sob a rua. Na fotografia inferior, observa-se o trajeto do fluxo da água em direção à manilha. (03/09/2009)

Na propriedade em que há um pesqueiro, foram realizadas obras de contenção a alguns canais da voçoroca, pelo proprietário. Os açudes foram construídos com o intuito de estabilizar o tamanho de algumas cabeceiras da voçoroca. É possível observar na (FIGURA 27), o perfil da vertente e alguns desabamentos da encosta. O lado oposto do açude foi aterrado, permitindo a retenção de água no interior de canais da voçoroca. Foram realizadas diversas obras no interior do terreno, com a intenção de minimizar a perda de área útil para o proprietário, porém o problema tem sido apenas transferido de um lugar para o outro, ou seja, para onde a água atinge a voçoroca, resultando em um aumento da degradação da mesma.

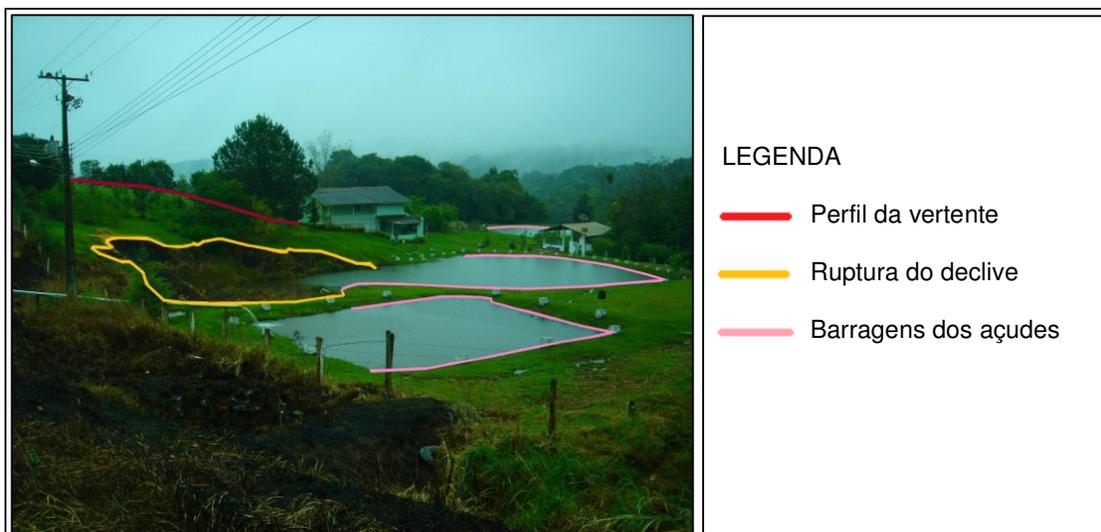


FIGURA 27 – Área do pesqueiro em que é possível observar canal da voçoroca contido pela barragem. Em vermelho o perfil da vertente, em amarelo a ruptura de declive das paredes da voçoroca e em rosa, as áreas aterradas para a contenção da água no açude, em área degradada. (03/09/2009)

#### 4.4 AS CONSEQUÊNCIAS DA IMPLANTAÇÃO DE LOTEAMENTOS SEM ADEQUADO PLANEJAMENTO

O planejamento adequado antes de se ocupar as bacias urbanas, é imprescindível para evitar que ocorra processo de erosão, assoreamento de corpos de água, assim como o sistema de micro e macrodrenagem (RAMOS, 1995), quando há.

Com esse trabalho, buscou-se compreender quais as causas da ocorrência de uma voçoroca, situada no Jardim Santa Edwirges, em Ponta Grossa, Paraná, já que os indicadores mais claros eram associados à implantação dos loteamentos em uma área com topografia que converge para uma área composta por materiais frágeis, e susceptíveis à erosão.

Observou-se que as vias públicas das vilas estudadas, na sub-bacia hidrográfica em que a voçoroca está situada, não foram pavimentadas, apenas cascalhadas. Assim, os sedimentos são desagregados com facilidade pelas gotas das chuvas, e carregadas pelo escoamento superficial, notado em todas as vias, causando, erosão nas próprias ruas, dificultando o tráfego de veículos e levando esses sedimentos a se acumular no sistema incompleto de microdrenagem além de muito sedimento ser levado para dentro da voçoroca, e conseqüentemente para o Arroio Taquari dos Polacos, que com o tempo terá seu nível de base alterado. Neste ciclo, os canais da voçoroca são erodidos, ampliando suas dimensões, e ampliando a descarga de sedimentos.

Não há um sistema de micro e macrodrenagem completo nesta área. Em apenas algumas esquinas, observa-se que há aberturas de um sistema de galerias para captação

de água pluvial, porém essas galerias apenas direcionam a água sob a rua, escoando-as do outro lado, resultando no aumento dos processos erosivos em diferentes canais da voçoroca.

É possível observar através da análise temporal, que a voçoroca em questão, ao menos desde 1980, teve sua formação relacionada ao traçado das ruas das vilas ao redor, evoluindo gradativamente. Observa-se que o canal C1 cresceu em direção à Rua Rio Araguaia, que se encontra perpendicular às curvas de nível, assim como o canal C2, que recebe água de escoamento superficial da Rua Rio Nilo.

Entende-se, desse modo, a relevância da realização de um planejamento urbano adequado, associado à sua implantação, visando compreender as características físicas, em especial, as fragilidades do terreno, inclusive do substrato, associando à implantação de traçados das vias públicas em conformidade com a topografia local. A tendência é o uso dos chamados tabuleiros de xadrez, indicados para áreas planas, em área íngremes, desrespeitando o relevo, o que pode ocasionar problemas de erosão como este.

No caso de uma área declivosa, como o local em que foi implantado o Jardim Santa Edwiges e a Vila Romana, o ideal seria que os traçados das vias concordante com as curvas de nível, sem que houvesse ruas perpendiculares a elas. Outro fator relevante é a implantação de pavimentação, preferencialmente permeável, adequada ao tráfego, com um sistema de captação e destinação de água pluvial, de acordo com as condições locais.

Para a escolha da pavimentação, poderia ser realizado um estudo para compreender a quantidade e o tipo de veículos que trafegariam no local, para a implantação um sistema de pavimentação permeável adequado, reduzindo o volume de água que esco superficialmente. Ramos (1995) sugere que podem ser usados pavimentos permeáveis em ruas de pouco tráfego, como é o caso das ruas que se localizam na sub-bacia da voçoroca em estudo, pois em nenhuma dessas ruas há, por exemplo, o trânsito de transporte público urbano, o que implicaria em uma necessidade de pavimentação mais resistente a esse impacto.

Entre os pavimentos sugeridos por Ramos (1995), poderiam ser de asfalto ou concreto, porém não haveria material fino em sua composição, permitindo que estes fossem porosos. Há a sugestão de utilizar blocos de concreto vazados, permitindo a retenção de parte da água superficial, sendo esta drenada e destinada adequadamente.

Existe diferentes possibilidade de adequação da área, quando é realizado um estudo bem fundamentado, planejando a implantação de empreendimentos e diferentes tipos de terrenos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Ponta Grossa passou por um processo de crescimento rápido a partir da segunda metade do século XX, tanto por consequência da mecanização agrícola, que expulsou pequenos agricultores do meio rural, em busca de empregos nos setores industriais e de serviços disponíveis na cidade, como por resultado da vinda de imigrantes, especialmente europeus.

Porém, a implantação de infraestrutura urbana não acompanhou a rápida expansão populacional. Não há uma tradição de se desenvolver um planejamento urbano adequado, que realize um diagnóstico do meio físico antes da instalação de novos loteamentos, havendo com isso uma potencialização de ocorrência de processos erosivos na área urbana de Ponta Grossa.

Os loteamentos do Jardim Santa Edwirges e da Vila Romana foram instalados sem prévia pavimentação e implantação de sistemas de micro e macrodrenagem, para que houvesse uma correta destinação da água pluvial, o que seria ideal segundo Bigarella (2003b), Galerani et al. (1995) e Ramos (1995).

A voçoroca utilizada como base para este estudo, demonstra algumas características de fragilidade para que tenha se desenvolvido de tal forma. Primeiro, está localizada em área com acumulações de sedimentos quaternários, estes controlam o aparecimento de processos erosivos na área urbana de Ponta Grossa, como explica Melo et al. (2005), pois são materiais menos coesos, havendo uma maior susceptibilidade à ocorrência de erosão. Segundo, recebe água que escoia superficialmente pelas ruas dos loteamentos, que são perpendiculares às curvas de nível, ganhando mais energia e volume, antes de adentrar ao local erodido. Outro fator é a característica climática e pluviométrica do município, já que ocorrem precipitações durante todo o ano, podendo inclusive ocorrer chuvas concentradas em períodos de menor pluviosidade, tanto quanto em épocas mais chuvosas. As chuvas acumuladas são igualmente habituais na região.

O fator pluviosidade deve ser respeitado quando da implantação de loteamentos, e antes ainda, na elaboração de projetos, possibilitando a escolha adequada por formas de drenagem pluvial e pavimentação.

Observa-se que foram tomadas apenas medidas paliativas, tanto pelo poder público como por moradores da região. No caso do poder público, cita-se a instalação de manilhas sob as ruas, evitando que estas sejam erodidas, no entanto não há uma preocupação com a destinação desta água, que é liberada em direção da voçoroca em diferentes canais, resultando no aumento de erosão. Ou seja, evita-se que as ruas sejam carregadas pela água que escoia superficialmente, todavia não há preocupação com a população que habita a região e tem tido perdas de suas áreas, e menos ainda, há uma

preocupação com o assoreamento dos canais fluviais da bacia do Arroio Taquari dos Polacos.

Entre as medidas tomadas por moradores, observa-se a retificação do canal C2, próximo à esquina onde recebe grande quantidade de água, o que agrava ainda mais a situação desse canal da voçoroca, como observado em campo, com menos de cinco meses de diferença entre 2009 e 2010, houve grandes alterações nas dimensões do canal, assim como as próprias ruas tiveram perda de solo, dificultando o tráfego de veículos.

Foram tomadas diversas medidas pelo proprietário da área do pesqueiro, em que encontrou solução para parte da área, fazendo barragens e instalando açudes em canal da voçoroca, e retificando o acesso ao canal C5, não permitindo, em partes que a água que escoava das ruas do bairro, venham a erodir grande parte de sua propriedade, concentrando-a nesse canal. Todavia observa-se, que nos locais em que a água, mesmo que tardiamente, alcança a voçoroca, vem fazendo-a aumentar de tamanho. Ou seja, essas medidas paliativas resultam na transferência do problema de um lugar para o outro (BIGARELLA, 2003b; GALERANI et al. 1995), sem solucioná-lo de fato.

Entende-se que há a necessidade de realizar estudos futuros, visando compreender a qualidade da água, com análises que indiquem os elementos contaminantes, além do que se observou em campo, a presença de óleo misturado à água adentrando a voçoroca pelo canal C2, visível em campo. Outro fator que necessita atenção e aprofundamento é a deposição de sedimentos provenientes da voçoroca e que se depositam ao longo do Arroio Taquari dos Polacos, e conseqüentemente no Rio Tibagi, ou seja, seria interessante compreender qual a influência da voçoroca na alteração das características fluviais de tais cursos de água.

Conclui-se que um adequado planejamento urbano, incluindo estudos das características físicas das áreas, como fragilidades dos substratos e topografia dos terrenos para embasar um zoneamento urbano, indicando as potencialidades e fragilidades de cada região da cidade, é possível que se evite a ocorrência de processos erosivos como o caso da voçoroca localizada no Jardim Santa Edwiges e na Vila Romana.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR NETO, Alencar; LOPES JÚNIOR, Idio. **Projeto Leste do Paraná** – Relatório Final – Folha Ponta Grossa (SG-22-X-C-II-2) – Anexo IV – Mapa Geológico. Escala 1:50.000. Convênio DNPM-BADEP-UFPR, 1977.

BACELLAR, Luiz Prado de Almeida. Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas. In: II Simpósio Mineiro de Engenharia Ambiental, Viçosa - MG, 2006. **Anais eletrônicos...** Viçosa: II SIMEA, 2006. Disponível em: <[http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/Luiz%20Prado\\_apresentacao.pdf](http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/Luiz%20Prado_apresentacao.pdf)> Acesso em: 31 ago. 2009. 48 p.

BARROS, Rinaldo. Uma nova ética na gestão urbana: a produtividade social. In: MENDONÇA, Francisco (org.) Cidade, Ambiente e Desenvolvimento - Abordagem interdisciplinar de problemáticas socioambientais urbanas de Curitiba e RNC. Curitiba: Ed. UFPR, 2004. p. 259 - 273.

BIGARELLA, João José. Erosão: aspectos hidrológicos, mecanismos, processos e formas. In: \_\_\_\_\_ . Visão Integrada da Problemática da Erosão. Curitiba: Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985. p. 93 – 122.

\_\_\_\_\_. Processos Erosivos. In: \_\_\_\_\_ . Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003a. p. 883 – 939.

\_\_\_\_\_. Controle de Voçorocas na Agricultura e na Geologia de Engenharia. In: \_\_\_\_\_ . Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003b. p. 941 – 969.

BRASIL. Decreto nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA**: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)> Acesso em: 10 jun. 2009.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA - **Resolução do CONAMA**: estabelecem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/001-86.htm>> Acesso em: 8 jun. 2009.

\_\_\_\_\_. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>> Acesso em: 15 jun. 2009.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 10.257 de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**: Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)> Acesso em: 15 jun. 2009.

CAMPOS, Eduardo Humberto; et al. A ocorrência de Feições Erosivas como Evidência da Evolução de Voçorocas em Uberlândia – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife – PE, v. 1 n. 2, p. 64 – 77, set/dez 2008. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/25/38>> Acesso em: 29 ago. 2009.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. **A Cidade**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2001. 98 p.

CARVALHO, Edézio Teixeira de; PRANDINI, Fernando Luiz. Áreas Urbanas. **In:** OLIVEIRA, Antonio Manuel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de (org.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 487 – 497.

CASSETI, Valter. Ambiente e Apropriação do Relevo. 2. Ed. São Paulo: Contexto, 1995. 147 p.

CASTELLS, Manuel. **A Questão Urbana**. Edição revisada. 1ª reimpressão. Tradução Arlene Caetano. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000. 590 p.

CASTRO, Cleber Marques de; PEIXOTO, Maria Naíse de Oliveira; RIO, Gisela Aquino Peres do. Riscos Ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro: UFRJ. Vol. 28 – 2/2005. p. 11 – 30.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974. 149 p.

\_\_\_\_\_. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. **In:** GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 415 – 440.

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. **In:** GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org.) Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 19 – 45.

CRUZ, Gilson Campos Ferreira da. Alguns Aspectos do Clima dos Campos Gerais. **In:** MELO, Mário Sérgio de MORO, Rosemeri Segecin; GUIMARÃES, Gilson Burigo (Org.). Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. P. 59 – 72.

CULLINGWORTH, J. Barry; CAVES, Roger W. **Planning in the United States**: policies, issues and process. 3. ed. Nova Iorque: Routledge, 2009. 451 p. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=G\\_Nv1-g2nREC&pg=PT70&dq=planning+in+the+united+states+Cullingworth#v=onepage&q=planning%20in%20the%20united%20states%20Cullingworth&f=false](http://books.google.com.br/books?id=G_Nv1-g2nREC&pg=PT70&dq=planning+in+the+united+states+Cullingworth#v=onepage&q=planning%20in%20the%20united%20states%20Cullingworth&f=false)> Acesso em: 26 nov. 2009.

CULLINGWORTH, J. Barry; NADIN, Vincent. **Town and country planning in the UK**. 13ª ed. Londres: Routledge, 2002. 481 p. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=Ma9R9Fb1Xo8C&printsec=frontcover#v=onepage&q=&f=false>> Acesso em: 10 nov. 2009.

DigitalGlobe. **Imagem QuickBird R1C1**. 29 mai. 2006. Cedida por Imagem – Soluções em Geografia.

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico – Ministério do Exército - Brasil. **Carta Topográfica de Ponta Grossa**. SG.22-X-C-II/2. Escala 1:50.000. 2. ed. 1980.

EGLER, Cláudio Antônio G. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à Zona Costeira Brasileira. Revista Território, Rio de Janeiro, UFRJ, v. 1, p. 31 –

41, 1996. Disponível em: < [http://www.laget.igeo.ufrj.br/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=6](http://www.laget.igeo.ufrj.br/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=6)> Acesso em: 06 fev. 2010.

FAMEPAR – Fundação de Assistência aos Municípios do Estado do Paraná; PMPG – Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, **Fotografia Aérea**. Projeto 330/95, Faixa 02, Número 030. Escala 1:8000, 1995.

FERNANDES, Nelson Ferreira; AMARAL, Cláudio Palmeiro do. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista (Org.) Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123 – 194.

GALERANI, Carlos; et al. Controle de Erosão Urbana. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário Thadeu Leme de (Org.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 349 – 385 p.

GOUDIE, Andrew. **The Human Impact on the Natural Environment**. 5.ed. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2000. 493 p. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=r8IDMj3XTgC&printsec=frontcover&dq=The+Human+Impact+on+the+Natural+Environment#v=onepage&q=&f=true>> Acesso em: 12 set. 2009.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. Processos Erosivos nas Encostas. In: \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 149 – 209.

\_\_\_\_\_; MENDONÇA, Jane Karina Silva. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, Antônio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. P 225 - 256.

GUIMARÃES, Gilson Burigo et al. Geologia dos Campos Gerais. In: MELO, Mário Sérgio de MORO, Rosemeri Segecin; GUIMARÃES, Gilson Burigo (Org.). Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. p. 23 – 32.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 1991**. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao\\_digital\\_publicacoes\\_multiplo.php?link=CD1991&titulo=Censo%20Demográfico%201991](http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao_digital_publicacoes_multiplo.php?link=CD1991&titulo=Censo%20Demográfico%201991)>. Acesso em: 18 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>>. Acesso em: 18 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. **Estimativas das Populações Residentes, em 1º de Julho de 2008, Segundo os Municípios**. 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP\\_2008\\_TCU.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP_2008_TCU.pdf)> Acesso em: 21 set. 2009.

INFANTI JUNIOR, Nelson; FORNASARI FILHO, Nilton. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, Antonio Manuel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de (org.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, p. 131 – 152.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **SPRING: Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. São José dos Campos, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>> Acesso em: 19 out. 2008.

ITC - Instituto de Terras e Colonização do Estado do Paraná. **Fotografia Aérea**. Número 46.213. Escala 1:25.000. Curitiba: Aerosul, 1980.

IWASA, Oswaldo Yujiro; FENDRICH, Roberto. Controle da Erosão Urbana. **In:** OLIVEIRA, Antonio Manuel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de (org.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, p. 271 – 281.

LOBATO, Gustavo; BORGHI, Leonardo. Análise Estratigráfica da Formação Furnas (Devoniano Inferior) em Afloramentos da Borda Leste da Bacia do Paraná. **In:** Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 3. 2004, Salvador. **Anais...** Salvador: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás – IBP, 2004. Disponível em: < [http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0392\\_05.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0392_05.pdf)> Acesso em: 04 set. 2009.

LÖWEN, Cicilian Luiza. **Favelas:** um aspecto da expansão urbana de Ponta Grossa – PR. 1990, 174 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, 1990.

LÖWEN SAHR, Cicilian Luiza. Estrutura Interna e Dinâmica Social na Cidade de Ponta Grossa. **In:** DITZEL, Carmencita de Holleben Mello; SAHR, Cicilian Luiza Löwen. Espaço e Cultura: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2001. p. 13 – 36.

MALUF, Pedro Schumacker. **Geomorfologia de Processos Erosivos Lineares:** o caso da voçoroca do Jardim Santa Edwirges, Ponta Grossa, Paraná. 2008, 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

MAZUR, Eli Terezinha; CARVALHO, Silvia Meri. Arroio Madureira – Ponta Grossa/Paraná: uma visão a partir das políticas públicas. **In:** III Simpósio Paranaense de Pós-graduação em Geografia, 2008, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2008. p. 170 – 193.

MEDEIROS, Carla Valéria. **Processos Erosivos no Espaço Urbano de Ponta Grossa, PR.** 2000, 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2000.

MEDEIROS, Carla Valéria; MELO, Mário Sérgio. Processos erosivos no espaço urbano de Ponta Grossa. **In:** DITZEL, Carmencita de Holleben Mello; SAHR, Cicilian Luiza Löwen. Espaço e Cultura: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2001. p. 109-126.

MELO, Mário Sérgio de; GODOY, Luis Carlos. Geologia, geomorfologia e riscos geológicos na Bacia do Arroio Olarias. **Publicário.** Ponta Grossa, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) n. 3(1). p. 33 – 59, 1997.

\_\_\_\_\_ et al. Sedimentação Quaternária no Espaço Urbano de Ponta Grossa, PR. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 22, n. 1, p. 33 – 42, 2003. Disponível em: <[http://jasper.rc.unesp.br/revistageociencias/22\\_1/3.PDF](http://jasper.rc.unesp.br/revistageociencias/22_1/3.PDF)> Acesso em: 04 set. 2009.

\_\_\_\_\_ et al. Processos e Produtos Morfogenéticos Continentais. **In:** SOUZA, Célia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Antônio Manuel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo de. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora. 2005. p. 258 – 275.

MELO, Mário Sérgio; MORO, Rosemeri Segecin; GUIMARÃES, Gilson Burigo (Org.). **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. 230 p.

MENEGUZZO, Paula Mariele. **Riscos Geoambientais nas Diferentes Unidades Geológicas no Espaço Urbano de Ponta Grossa – PR**. 2004, 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

MEZZON, Graciele. Balneário Rio Verde será inaugurado hoje. **Jornal Diário dos Campos**, Ponta Grossa, p. 7-A, 25 mar. 2004a.

\_\_\_\_\_. Arroio Madureira é Transformado em Parque. **Jornal Diário dos Campos**, Ponta Grossa, p. 7-A, 18 jun. 2004b.

MONASTIRSKY, Leonel Brizolla. A mitificação da Ferrovia em Ponta Grossa. **In: DITZEL, Carmencita de Holleben Mello; SAHR, Cicilian Luiza Löwen**. Espaço e Cultura: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2001. p. 37 – 51.

MONTE-MOR, Roberto Luis. A cidade e o urbano **In: BRANDÃO, Carlos Antonio Leite** (org.). As cidades da cidade. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 2006. 197p.

MORAES, Antônio Carlos Robert. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Hucitec: Edusp, 1999. 223p. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=8ucLoRW4TBYC&printsec=frontcover&dq=contribui%C3%A7%C3%B5es+para+gest%C3%A3o+da+zona+costeria+do+brasil#v=onepage&q=&f=false>> Acesso em: 26 nov. 2009.

MOURA-FUJIMOTO, Nina Simone Vilaverde. A urbanização Brasileira e a Qualidade Ambiental. **In: SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; BASSO, Luís Alberto; VERDUM, Roberto**. Ambiente e Lugar Urbano: a grande Porto Alegre. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. p. 47 – 63.

NAGASHIMA, Edson Sakae. **Dados Pluviométricos**. [e-mail]. Mensagem recebida por: <carla\_uepg@yahoo.com.br> em 10 de mar. de 2009.

\_\_\_\_\_. **Dados Pluviométricos - 2009**. [e-mail]. Mensagem recebida por: <carla\_uepg@yahoo.com.br> em 22 de jan. de 2010.

OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira de; HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. Ocupação do Solo e Riscos Ambientais na Área Conurbada de Florianópolis. **In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da** (org.) Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p.147 – 188.

PELOGGIA, Alex Ubiratan Goossens. A Cidade, as Vertentes e as Várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, Guarulhos, Faculdades Integradas de Guarulhos (FIG) n.16 p. 24-31, 2005. Disponível em: <[http://143.107.240.111/publicacoes/RDG/RDG\\_16/Alex\\_Ubiratan\\_Goossens\\_Peloggia.pdf](http://143.107.240.111/publicacoes/RDG/RDG_16/Alex_Ubiratan_Goossens_Peloggia.pdf)> Acesso em: 03 set. 2009.

PFLUCK, Lia Dorotéa. **Riscos Ambientais**: enxurradas e desabamentos na cidade de Marechal Cândido Rondon-PR, 1980 a 2007. 2009, 272 f. Tese de Doutorado (Geografia) –

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PGCN0358-T.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2009.

PMPG – Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. **Plano Diretor de Desenvolvimento - Ponta Grossa**. Volume I. Ponta Grossa, 1967.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor de Ponta Grossa**. Curitiba, 1992.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor Participativo – Município de Ponta Grossa**. Ponta Grossa, 2006. Disponível em: <[http://geo.pg.pr.gov.br/portal/plano\\_diretor](http://geo.pg.pr.gov.br/portal/plano_diretor)>. Acesso em: 09 ago. 2009.

PONTA GROSSA. Decreto nº 6.329 de 25 de novembro de 1999. **Lei de Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo**: Consolida e atualiza a legislação que dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação do solo das áreas urbanas do Município de Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.legislador.com.br/LegislatorWEB.ASP?WCI=LeiTexto&ID=9&inEspecieLei=1&nrLei=6329&aaLei=1999&dsVerbete=zoneamento+>>> Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 8.663 de 09 de outubro de 2006a. **Plano Diretor do Município de Ponta Grossa**: Estabelece as normas, os princípios e as diretrizes para sua implantação. Disponível em: <<http://www.legislador.com.br/LegislatorWEB.ASP?WCI=LeiTexto&ID=9&inEspecieLei=1&nrLei=8663&aaLei=2006&dsVerbete=plano+diretor+>>> Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 8.799 de 22 de dezembro de 2006b. **Divisão Territorial do Município de Ponta Grossa**: Dispõe sobre a divisão territorial do Município de Ponta Grossa para fins de organização político-administrativa. Disponível em: <<http://www.legislador.com.br/LegislatorWEB.ASP?WCI=LeiTexto&ID=9&inEspecieLei=1&nrLei=8799&aaLei=2006&dsVerbete=Perimetro+Urbano>> Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. **WEBGIS – Sistema Informativo Territorial**, 2008. Disponível em: <<http://geo.pg.pr.gov.br/webgis/map.phtml>> Acesso em: 07 set. 2009.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **Os (Des)caminhos do Meio Ambiente**. 12. ed. São Paulo: Contexto, 2005. 148 p.

\_\_\_\_\_. **A Globalização da Natureza e a Natureza da Globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006. 461 p.

RAMOS, Carlos Lloret. Erosão Urbana e Produção de Sedimentos. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário Thadeu Leme de (Org.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p. 241 - 275.

SANTOS, Milton. **Manual de Geografia Urbana**. São Paulo: Hucitec, 1989. 203 p.

\_\_\_\_\_. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: Editora Hucitec, 1993. 157 p.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a Cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 560 p.

TORRES, Haroldo da Gama, A demografia do risco ambiental **In:** \_\_\_\_\_;  
COSTA, Heloisa (org.) População e meio ambiente: debates e desafios. São Paulo: Ed.  
SENAC São Paulo, 2000. p. 53 - 74

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; GENZ, Fernando. Controle do Impacto da Urbanização. **In:**  
\_\_\_\_\_; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário Thadeu Leme de (Org.).  
Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p. 277 –  
347.

UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Caracterização do patrimônio natural dos  
Campos Gerais do Paraná. **Relatório de Pesquisa**. Ponta Grossa: UEPG, 2003, 239p.

VEIGA, José Eli da. **Cidades Imaginárias**: o Brasil é menos urbano do que se calcula.  
Campinas: Editora Autores Associados, 2002. 304 p.

VEYRET, Yvette (org.). **Os Riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.  
(Tradução: Dilson Ferreira da Cruz)1. ed. 2007. 319 p.

ZUQUETTE, Lázaro Valentin; PEJON, Osni José. Eventos perigosos geológico-geotécnicos  
no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...**  
Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. P. 312-336. Disponível em: < [http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%20\\_OK/2-24.pdf](http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%20_OK/2-24.pdf)> Acesso em: 10 mar. 2010.

**MATERIAL CONSULTADO**

BIGARELLA, João José. Entrevista com Prof. Dr. João José Bigarella – UFPR **Revista Discente Expressões Geográficas**. Florianópolis – SC, N°02, p. 01-09, jun/2006. Disponível em: <<http://www.geograficas.cfh.ufsc.br/arquivo/ed02/entrevista.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2009.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O Espaço Urbano**. 3. ed. São Paulo: Ed. Ática S.A. 1995. 94 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@ - Ponta Grossa**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 04 ago. 2009.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **Geografia e Meio Ambiente**. 8. Ed. São Paulo: Contexto, 2005. 80 p.

MOREIRA, Rubiane da Silva. **A Qualidade da Água e sua Inter-relação com o Uso da Terra nas Sub-bacias Lajeado e Madureira, Ponta Grossa – PR**. 2005, 140 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

PONTA GROSSA. **A Cidade**. [200-]. Disponível em: <<http://www.pontagrossa.pr.gov.br/acidade#historia>> Acesso em: 10 mar. 2010.

SILVA, Josenilson Bernardo da; BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove. Mecanismos e Condicionantes Hidrogeomorfológicos da Erosão nas Vertentes, implicações da sustentabilidade ambiental no domínio do Cerrado. **Horizonte Científico**, Uberlândia, ed. n. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.propp.ufu.br/revistaeletronica/humanas2003/mecanismos.pdf>> Acesso em: 29 ago. 2009.

**APÊNDICE A - Dados anuais de chuva: total de chuva, precipitação máxima diária por ano e número de dias chuvosos no ano entre 1946 e 2009.**

| <b>Anos</b> | <b>Total anual<br/>(mm)</b> | <b>Precipitação<br/>diária<br/>máxima<br/>(mm)</b> | <b>Dias<br/>de<br/>chuva<br/>anual</b> |
|-------------|-----------------------------|--|--|
| 1946        | 1312,6                      | 80,3   | 65                                     |
| 1947        | 1426,3                      | 70,2   | 81                                     |
| 1948        | 1115,3                      | 59,0   | 74                                     |
| 1949        | 933,0                       | 50,3   | 66                                     |
| 1950        | 884,2                       | 50,0   | 77                                     |
| 1951        | 1028,7                      | 73,8   | 73                                     |
| 1952        | 1145,8                      | 77,6   | 77                                     |
| 1953        | 1574,8                      | 89,8   | 113                                    |
| 1954        | 1649,6                      | 96,6   | 131                                    |
| 1955        | 1961,9                      | 112,9  | 119                                    |
| 1956        | 1100,8                      | 42,9   | 113                                    |
| 1957        | 2185,7                      | 91,2   | 116                                    |
| 1958        | 1487,7                      | 61,6   | 114                                    |
| 1959        | 938,7                       | 51,9   | 99                                     |
| 1960        | 1308,8                      | 63,7   | 101                                    |
| 1961        | 1387,6                      | 55,5   | 106                                    |
| 1962        | 1668,7                      | 114,2  | 77                                     |
| 1963        | 1382,3                      | 67,1   | 103                                    |
| 1964        | 1381,4                      | 69,6   | 93                                     |
| 1965        | 1849,2                      | 112,6  | 105                                    |
| 1966        | 1449,5                      | 160,2  | 106                                    |
| 1967        | 1229,6                      | 44,7   | 83                                     |
| 1968        | 950,8                       | 47,4   | 81                                     |
| 1969        | 1631,7                      | 79,9   | 112                                    |
| 1970        | 1639,2                      | 105,2  | 117                                    |
| 1971        | 1548,0                      | 72,4   | 136                                    |
| 1972        | 1957,8                      | 67,4   | 139                                    |
| 1973        | 1852,5                      | 108,8  | 118                                    |
| 1974        | 1569,7                      | 91,8   | 119                                    |
| 1975        | 1471,5                      | 55,6   | 119                                    |
| 1976*       | 1615,6                      | 109,2  | -                                      |
| 1977        | 1542,7                      | 58,2   | 112                                    |
| 1978        | 1388,7                      | 91,4   | 91                                     |
| 1979        | 1616,1                      | 70,8   | 98                                     |
| 1980        | 1655,7                      | 82,2   | 128                                    |
| 1981        | 1130,8                      | 83,0   | 108                                    |
| 1982        | 2012,0                      | 92,5   | 137                                    |
| 1983        | 2217,2                      | 144,9  | 157                                    |
| 1984        | 1630,1                      | 75,8   | 119                                    |
| 1985        | 900,2                       | 52,2   | 95                                     |

| Anos                | Total anual (mm) | Precipitação diária máxima (mm) | Dias de chuva anual |
|---------------------|------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1986                | 1539,4           | 76,9                            | 138                 |
| 1987                | 1564,3           | 92,3                            | 141                 |
| 1988                | 1208,6           | 91,4                            | 104                 |
| 1989                | 1691,6           | 92,4                            | 133                 |
| 1990                | 2089,7           | 63,9                            | 148                 |
| 1991                | 1295,6           | 70,7                            | 111                 |
| 1992                | 1553,1           | 91,6                            | 132                 |
| 1993                | 1734,3           | 110,4                           | 123                 |
| 1994                | 1289,7           | 68,7                            | 121                 |
| 1995                | 1593,2           | 94,2                            | 123                 |
| 1996                | 2166,6           | 135,2                           | 140                 |
| 1997                | 1635,0           | 74,5                            | 130                 |
| 1998                | 2200,1           | 204,2                           | 127                 |
| 1999                | 1274,1           | 60,7                            | 106                 |
| 2000                | 1767,5           | 83,2                            | 130                 |
| 2001                | 1700,7           | 70,5                            | 125                 |
| 2002                | 1441,5           | 59,6                            | 111                 |
| 2003                | 1422,6           | 70,8                            | 95                  |
| 2004                | 1412,7           | 61,3                            | 87                  |
| 2005                | 1420,4           | 70,5                            | 112                 |
| 2006                | 1158,1           | 61,2                            | 87                  |
| 2007                | 1429,9           | 88,2                            | 108                 |
| 2008                | 1467,6           | 101,2                           | 121                 |
| 2009                | 2018,0           | 83,8                            | 138                 |
| <b>Média anual*</b> | <b>1511,0</b>    | <b>-</b>                        | <b>110,6</b>        |

\* não considerando os meses de setembro e outubro de 1976, pois não houve coleta de dados nesse período.

Legenda:

| Gradação | Descrição  | Valores            |
|----------|--|--------------------|
| xyz      | Para índices com valores inferiores a média menos o desvio padrão                        | < 1179,8           |
| xyz      | Para valores inferiores a média porém superiores a média menos um desvio padrão          | > 1179,8; < 1511,0 |
| xyz      | Para valores maiores que a média porém menores que a média mais o valor do desvio padrão | > 1511,0; < 1842,1 |
| xyz      | Para valores superiores ao índice médio somado ao valor do desvio padrão                 | > 1842,1           |

**APÊNDICE B – Chuva acumulada em dias seguidos e total anual dos respectivos anos de ocorrência entre 1946 e 2009.**

| Ano  | Número de dias seguidos | Chuva acumulada (mm) | Total no ano (mm) |
|------|-------------------------|----------------------|-------------------|
| 1946 | 4                       | 126,6                | 1312,6            |
| 1947 | 3                       | 84,0                 | 1426,3            |
|      | 3                       | 78,6                 |                   |
| 1948 | 6                       | 88,7                 | 1115,3            |
|      | 2                       | 82,0                 |                   |
| 1950 | 3                       | 84,0                 | 884,2             |
| 1951 | 2                       | 91,6                 | 1028,7            |
|      | 3                       | 79,0                 |                   |
|      | 9                       | 105,5                |                   |
|      | 3                       | 101,8                |                   |
| 1952 | 4                       | 189,7                | 1145,8            |
|      | 5                       | 101,7                |                   |
| 1953 | 5                       | 129,7                | 1574,8            |
|      | 4                       | 148,6                |                   |
|      | 6                       | 157,6                |                   |
|      | 3                       | 82,3                 |                   |
|      | 3                       | 113,8                |                   |
| 1954 | 7                       | 95,3                 | 1649,6            |
|      | 5                       | 92,1                 |                   |
|      | 5                       | 142,1                |                   |
|      | 3                       | 258,8                |                   |
|      | 4                       | 95,7                 |                   |
|      | 3                       | 87,1                 |                   |
| 1955 | 2                       | 94,2                 | 1961,9            |
|      | 3                       | 104,3                |                   |
|      | 3                       | 94,4                 |                   |
|      | 2                       | 88,2                 |                   |
|      | 3                       | 129,7                |                   |
| 1956 | 6                       | 99,1                 | 1100,8            |
|      | 5                       | 80,7                 |                   |
| 1957 | 3                       | 110,8                | 2185,7            |
|      | 6                       | 199,1                |                   |
|      | 3                       | 109,8                |                   |
|      | 4                       | 185,4                |                   |
|      | 4                       | 93,7                 |                   |
|      | 3                       | 124,5                |                   |
|      | 2                       | 95,8                 |                   |
|      | 2                       | 79,9                 |                   |
|      | 3                       | 141,2                |                   |
| 1958 | 3                       | 112,9                | 1487,7            |
|      | 2                       | 88,7                 |                   |
|      | 5                       | 89,2                 |                   |
|      | 4                       | 77,6                 |                   |
| 1959 | 5                       | 82,6                 | 938,7             |
| 1960 | 5                       | 147,5                | 1308,8            |
|      | 3                       | 110,2                |                   |
|      | 3                       | 103,4                |                   |
|      | 4                       | 84,6                 |                   |
| 1961 | 8                       | 122,5                | 1387,6            |
|      | 4                       | 82,5                 |                   |
|      | 4                       | 111,7                |                   |
|      | 2                       | 89,2                 |                   |
|      | 5                       | 82,8                 |                   |

| Ano   | Número de dias seguidos | Chuva acumulada (mm) | Total no ano (mm) |
|-------|-------------------------|----------------------|-------------------|
| 1962  | 2                       | 270,7                | 1668,7            |
|       | 3                       | 97,0                 |                   |
|       | 4                       | 78,5                 |                   |
|       | 3                       | 89,1                 |                   |
|       | 4                       | 110,4                |                   |
| 1963  | 5                       | 78,7                 | 1382,3            |
|       | 8                       | 98,2                 |                   |
|       | 3                       | 112,7                |                   |
| 1964  | 7                       | 113,2                | 1381,4            |
|       | 3                       | 150,2                |                   |
| 1965  | 4                       | 84,9                 | 1849,2            |
|       | 4                       | 167,6                |                   |
|       | 4                       | 147,4                |                   |
|       | 5                       | 136,2                |                   |
|       | 3                       | 121,7                |                   |
| 1966  | 4                       | 200,8                | 1449,5            |
|       | 7                       | 85,9                 |                   |
| 1967  | 5                       | 95,5                 | 1220,6            |
|       | 2                       | 88,5                 |                   |
| 1968  | 10                      | 250,0                | 950,8             |
| 1969  | 5                       | 87,1                 | 1631,7            |
|       | 3                       | 97,2                 |                   |
|       | 4                       | 93,3                 |                   |
| 1970  | 4                       | 100,8                | 1639,2            |
|       | 2                       | 95,7                 |                   |
|       | 3                       | 148,8                |                   |
|       | 4                       | 122,6                |                   |
|       | 4                       | 90,8                 |                   |
| 1971  | 18                      | 196,7                | 1548,0            |
|       | 3                       | 82,6                 |                   |
|       | 3                       | 86,0                 |                   |
|       | 4                       | 130,0                |                   |
|       | 3                       | 90,8                 |                   |
| 1972  | 5                       | 108,9                | 1957,8            |
|       | 3                       | 117,8                |                   |
|       | 7                       | 194,8                |                   |
|       | 4                       | 105,4                |                   |
|       | 3                       | 84,5                 |                   |
| 1973  | 6                       | 101,5                | 1852,5            |
|       | 3                       | 85,6                 |                   |
|       | 2                       | 135,8                |                   |
|       | 5                       | 93,0                 |                   |
|       | 4                       | 112,8                |                   |
| 1974  | 10                      | 198,7                | 1569,7            |
|       | 10                      | 166,1                |                   |
|       | 8                       | 146,4                |                   |
|       | 7                       | 137,4                |                   |
| 1975  | 5                       | 82,2                 | 1471,5            |
|       | 8                       | 120,6                |                   |
|       | 12                      | 134,8                |                   |
| 1976* | 3                       | 151,6                | 1615,6            |
| 1977  | 8                       | 128,7                | 1542,7            |

| Ano  | Número de dias seguidos | Chuva acumulada (mm) | Total no ano (mm) |
|------|-------------------------|----------------------|-------------------|
| 1978 | 2                       | 99,0                 | 1388,7            |
|      | 6                       | 143,8                |                   |
|      | 4                       | 92,0                 |                   |
| 1979 | 3                       | 77,6                 | 1616,1            |
|      | 5                       | 102,8                |                   |
|      | 3                       | 90,0                 |                   |
|      | 2                       | 87,3                 |                   |
|      | 4                       | 85,7                 |                   |
|      | 3                       | 92,5                 |                   |
|      | 4                       | 115,6                |                   |
| 1980 | 3                       | 100,0                | 1655,7            |
|      | 10                      | 183,0                |                   |
|      | 3                       | 84,4                 |                   |
|      | 4                       | 97,8                 |                   |
|      | 2                       | 101,2                |                   |
| 1981 | 6                       | 78,8                 | 1130,8            |
|      | 4                       | 104,6                |                   |
|      | 5                       | 90,0                 |                   |
|      | 2                       | 86,1                 |                   |
| 1982 | 8                       | 204,8                | 2012,0            |
|      | 5                       | 145,2                |                   |
|      | 2                       | 75,8                 |                   |
|      | 10                      | 166,3                |                   |
|      | 8                       | 99,9                 |                   |
| 1983 | 4                       | 102,2                | 2217,2            |
|      | 9                       | 129,0                |                   |
|      | 4                       | 78,7                 |                   |
|      | 2                       | 145,0                |                   |
|      | 4                       | 151,2                |                   |
|      | 5                       | 114,4                |                   |
|      | 6                       | 100,4                |                   |
|      | 4                       | 211,6                |                   |
|      | 2                       | 83,9                 |                   |
| 3    | 86,4                    |                      |                   |
| 1984 | 4                       | 88,2                 | 1630,1            |
|      | 4                       | 112,3                |                   |
|      | 5                       | 105,9                |                   |
|      | 4                       | 97,6                 |                   |
|      | 3                       | 78,6                 |                   |
|      | 2                       | 78,5                 |                   |
| 1985 | 5                       | 78,1                 | 900,2             |
| 1986 | 12                      | 81,1                 | 1539,4            |
|      | 6                       | 93,7                 |                   |
|      | 2                       | 86,1                 |                   |
|      | 6                       | 99,7                 |                   |
|      | 5                       | 78,9                 |                   |
|      | 6                       | 121,8                |                   |
| 1987 | 4                       | 106,1                | 1564,3            |
|      | 13                      | 95,5                 |                   |
|      | 5                       | 104,0                |                   |
|      | 7                       | 223,6                |                   |
|      | 4                       | 112,6                |                   |

| <b>Ano</b> | <b>Número de dias seguidos</b> | <b>Chuva acumulada (mm)</b> | <b>Total no ano (mm)</b> |
|------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1988       | 6                              | 96,4                        | 1208,6                   |
|            | 2                              | 92,6                        |                          |
|            | 6                              | 86,7                        |                          |
|            | 4                              | 125,4                       |                          |
| 1989       | 6                              | 108,9                       | 1691,6                   |
|            | 9                              | 134,5                       |                          |
|            | 7                              | 119,7                       |                          |
|            | 4                              | 135,9                       |                          |
|            | 4                              | 128,6                       |                          |
| 1990       | 5                              | 94,3                        | 2089,7                   |
|            | 7                              | 119,1                       |                          |
|            | 12                             | 255,7                       |                          |
|            | 6                              | 127,9                       |                          |
|            | 6                              | 82,0                        |                          |
| 1991       | 7                              | 207,6                       | 1295,6                   |
|            | 3                              | 103,5                       |                          |
|            | 2                              | 78,2                        |                          |
|            | 6                              | 100,1                       |                          |
| 1992       | 7                              | 160,0                       | 1553,1                   |
| 1993       | 5                              | 78,9                        | 1734,3                   |
|            | 7                              | 112,0                       |                          |
|            | 3                              | 115,6                       |                          |
|            | 7                              | 119,4                       |                          |
|            | 2                              | 118,8                       |                          |
| 1994       | 2                              | 95,7                        | 1289,7                   |
|            | 2                              | 119,9                       |                          |
| 1995       | 9                              | 149,6                       | 1593,2                   |
|            | 9                              | 207,8                       |                          |
|            | 6                              | 78,0                        |                          |
|            | 7                              | 153,7                       |                          |
| 1996       | 10                             | 135,5                       | 2166,6                   |
|            | 2                              | 99,7                        |                          |
|            | 10                             | 191,3                       |                          |
|            | 3                              | 145,8                       |                          |
|            | 10                             | 191,3                       |                          |
|            | 4                              | 77,1                        |                          |
|            | 5                              | 144,6                       |                          |
| 3          | 78,6                           |                             |                          |
| 1997       | 4                              | 168,2                       | 1635,0                   |
|            | 9                              | 115,5                       |                          |
|            | 5                              | 110,8                       |                          |
| 1998       | 8                              | 86,2                        | 2200,1                   |
|            | 3                              | 81,0                        |                          |
|            | 4                              | 304,1                       |                          |
|            | 2                              | 77,5                        |                          |
|            | 3                              | 85,3                        |                          |
|            | 4                              | 118,4                       |                          |
| 1999       | 4                              | 83,2                        | 1274,1                   |
| 2000       | 4                              | 83,7                        | 1767,5                   |
|            | 2                              | 137,8                       |                          |
|            | 5                              | 81,3                        |                          |
|            | 4                              | 243,6                       |                          |
|            | 9                              | 176,2                       |                          |
|            | 4                              | 117,8                       |                          |

| <b>Ano</b> | <b>Número de dias seguidos</b> | <b>Chuva acumulada (mm)</b> | <b>Total no ano (mm)</b> |
|------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 2001       | 7                              | 191,9                       | 1700,7                   |
|            | 8                              | 86,7                        |                          |
|            | 3                              | 80,4                        |                          |
|            | 2                              | 103,7                       |                          |
|            | 2                              | 82,7                        |                          |
| 2002       | 5                              | 95,0                        | 1441,5                   |
|            | 4                              | 108,9                       |                          |
|            | 3                              | 88,3                        |                          |
|            | 4                              | 81,7                        |                          |
| 2004       | 3                              | 83,9                        | 1412,7                   |
|            | 3                              | 90,6                        |                          |
|            | 2                              | 79,1                        |                          |
| 2005       | 2                              | 90,2                        | 1420,4                   |
|            | 3                              | 114,2                       |                          |
|            | 5                              | 101,2                       |                          |
|            | 4                              | 95,4                        |                          |
| 2006       | 3                              | 81,6                        | 1158,1                   |
|            | 7                              | 76,9                        |                          |
|            | 4                              | 100,9                       |                          |
| 2007       | 6                              | 95,4                        | 1429,9                   |
|            | 9                              | 108,4                       |                          |
|            | 5                              | 93,6                        |                          |
|            | 3                              | 83,0                        |                          |
|            | 2                              | 100,0                       |                          |
|            | 3                              | 108,4                       |                          |
| 2008       | 4                              | 80,0                        | 1467,6                   |
|            | 5                              | 85,6                        |                          |
|            | 3                              | 88,0                        |                          |
|            | 2                              | 103,4                       |                          |
| 2009       | 6                              | 67,9                        | 2018,0                   |
|            | 3                              | 97,0                        |                          |
|            | 4                              | 92,4                        |                          |
|            | 3                              | 88,3                        |                          |
|            | 4                              | 150,9                       |                          |
|            | 5                              | 105,8                       |                          |

\* não considerando os meses de setembro e outubro de 1976, pois não houve coleta de dados nesse período.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)