

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

DANILO GIAMPIETRO SERRANO

**USO DE MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE
PLANEJAMENTO URBANO: ocupação da Bacia do Córrego Mauá, Sarandi –
Paraná**

**MARINGÁ
2011**

DANILO GIAMPIETRO SERRANO

USO DE MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO URBANO: ocupação da bacia do Córrego Mauá, Sarandi – Paraná

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Infra-Estrutura e Tecnologia Urbana

Orientador: Prof. Dr. Antonio Belincanta
Co-orientação Prof. Dr^a. Marta Luzia de Souza

**MARINGÁ
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S487 Serrano, Danilo Giampietro
 Uso de mapa de vulnerabilidade ambiental como
ferramenta de planejamento urbano: ocupação da Bacia
do Córrego Mauá, Sarandi - Pr / Danilo Giampietro
Serrano. -- Maringá, 2011.
 155 f. : il. color.

 Orientador: Prof^o Dr^o Antonio Belincanta.
 Co-orientador: Prof^a Dr^a Marta Luzia de Souza.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Urbana.

 1. Planejamento urbano. 2. Expansão urbana. 3.
Sistemas de informações geográficas - SIG. 4.
Vulnerabilidade ambiental. 5. Erodibilidade. I.
Belincanta, Antonio, orient. II. Universidade
Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Urbana. III. TÍTULO.

CDD 21. ed. 620.8

DANILO GIAMPIETRO SERRANO

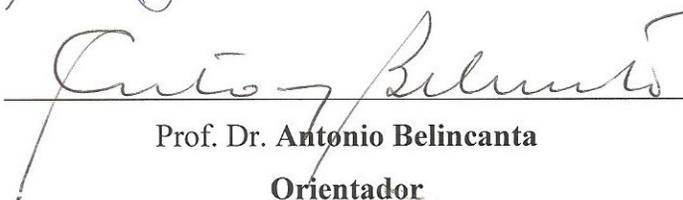
USO DE MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO
FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO URBANO: OCUPAÇÃO DA
BACIA DO CÓRREGO MAUÁ, SARANDI - PARANÁ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual
de Maringá, como parte das exigências do Pro-
grama de Pós-Graduação em Engenharia Urbana,
na área de concentração Infra-estrutura e Sistemas
Urbanos, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de setembro de 2011.


Prof.^a. Dr.^a. **Miriam Gonçalves Miguel**


Prof.^a. Dr.^a. **Marta Luzia de Souza**


Prof. Dr. **Antonio Belincanta**
Orientador

Dedico a presente dissertação primeiramente a meus pais, Nelson e Marinez, aos meus familiares e amigos que sempre acreditaram em mim e fizeram com que minha caminhada fosse suave e direcionada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por indicar os caminhos e me guiar em meio às pedras, dando forças e possibilitando seguir em frente e ao alcance de meus objetivos;

Aos meus pais, Nelson e Marinez, que em meio às dificuldades, sempre desafiaram seus próprios limites para possibilitar a formação de seus filhos, sempre apoiando em minhas decisões, e a meu irmão, Nelson, que conjuntamente com meus pais me proporcionaram momentos felizes e de grande aprendizado. Aos meus familiares, das Famílias Giampietro e Serrano, pelo carinho e força ao longo da vida, que mesmo à distância se encontram presentes e fazem a diferença;

Ao professor Dr. Antonio Belincanta, pela gentileza de me acolher como orientando, pelas histórias contadas de sua vida e pela experiência transmitida, agradeço pelo conhecimento adquirido, pelas vitórias conquistadas e, por fim, pelas contribuições com meu crescimento profissional;

À professora Dr^a. Marta Luzia de Souza por acreditar na proposta do trabalho e de me receber de braços abertos, aceitando ser minha co-orientadora, permitindo a utilização do Laboratório do Grupo de Estudo Multidisciplinar do Ambiente – GEMA e dando todo apoio e conhecimento necessários para atender aos objetivos do projeto.;

À minha esposa e companheira Viviane Fujisawa Filus Serrano, que com amor, incentivo e paciência, sempre esteve comigo, me ajudando, acreditando no meu crescimento profissional e colaborando com meus ideais;

Aos amigos Eduardo Souza de Moraes e Bruno Tiago C. Rigon, pelo apoio e auxílio nos momentos difíceis da graduação, mestrado e vida pessoal;

Ao CNPQ/CAPES por possibilitar recursos e tranquilidade para conquista de meus anseios;

Aos professores, colegas e amigos da Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PEU que direta e indiretamente fazem parte deste momento;

Aos colegas de campo Fabio, Leandro, Everton e Fernanda pela ajuda e força braçal nas campanhas de campo deste trabalho. Ao Msc. Vanderlei, técnico de

Laboratório do GEMA, ao Cipriano e ao Aparecido (Cido), técnicos do Laboratório de Mecânica dos Solos, por inúmeros conselhos e ajuda no aperfeiçoamento e aplicação da metodologia adotada neste trabalho, correções, incentivo na realização dos trabalhos.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A preocupação com o planejamento urbano e com o estabelecimento racional de novas áreas para expansão urbana vem tomando lugar nas decisões dos gestores públicos. Isto se deve à política da sustentabilidade que busca o convívio adequado do homem com o meio, pois os impactos ambientais e os seus agentes transformadores podem conduzir a passivos que demandam remediações nem sempre economicamente viáveis. Neste sentido é crescente a necessidade de estudos e pesquisas sobre a estrutura e a dinâmica do meio e a sua potencialidade e ou vulnerabilidade em face da introdução de novas atividades, mesmo em cidades que foram ou não planejadas. A utilização do Sistema de Informação Geográfica – SIG, aliado a levantamentos geotécnicos em estudos de avanço e da ocupação correta de áreas urbanas, tem-se constituído em uma ferramenta útil e necessária, como foi observado no caso do Município de Sarandi – Paraná. Neste sentido, tomando como base o objetivo geral que é o de elaborar um mapa de vulnerabilidade ambiental, foi realizado e sistematizado um mapa de vulnerabilidade ambiental da Bacia do Córrego Mauá, do município de Sarandi, considerada como área de expansão urbana. Na sistematização dos trabalhos foi adotada a metodologia de Nakashima (1999) enquanto que na elaboração do mapa de vulnerabilidade foi adotado a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), ambos com algumas modificações. Desta forma, verificou-se que, para a Bacia do Córrego Mauá, Sarandi/PR, o mapa de vulnerabilidade ambiental se constituiu em uma importante ferramenta de planejamento urbano e rural, no sentido de orientar a expansão urbana em novas áreas, possibilitando em vista da preservação ambiental o uso racional e o correto manejo de áreas no que se refere ao uso e ocupação do solo.

Palavras-chaves: Planejamento urbano, Expansão urbana, Sistema de Informação Geográfica - SIG, Vulnerabilidade ambiental, Erodibilidade.

ABSTRACT

The concern with urban planning and the rational search for new areas for urban expansion, with positive indicators, has been more looking for nowadays. This happens because the sustainability policy demand a appropriate interaction between man and the environment; the environmental impacts and their agents can change to review and have attracted interests around the world in the search of solutions, enabling the coexistence of man with environment. This is due in the requirement of studies and research about the structure and dynamics of the environment and your potentiality and or vulnerability in relation of introduction of news activities, even in not planned cities. At this point, the study and the use of System of Geographic Information – SGI combined with geotechnical investigation can mean progresses in the right occupation of urban areas, in priority areas, especially when is in front of historic of occupation of the Sarandi city, Paraná. On this hand, based on the study aims that is to draw a map of environmental erodibility, was developed and systematized a map of environmental vulnerability on Mauá Basin Creek, on the city of Sarandi, which is considered an area of urban expansion. Using the Nakashima (1999) methodology to the systematization of the work and using the methodology proposed by Crepani et al. (2001) to development of vulnerability map, both of them with some modifications. On this way, realized that for the Mauá Basin Creek, Sarandi/PR, the map of environmental vulnerability is an important tool for a urban and rural planning, in order to guide the urban expansion on new areas, allowing, according to the environmental preservation, the ration and proper user for a management of areas unfavorable to certain types of use land and soil.

Keywords: Urban planning, Urban expansion, Geographic Information System – GIS, Environmental vulnerability, Erodibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores relacionados à erosividade e à erodibilidade do solo	38
Figura 2 - Mapa de localização da bacia do córrego Mauá, Sarandi/PR	50
Figura 3 - Limite administrativo do município de Sarandi com as áreas da Sede e Distritos	54
Figura 4 - Mapa hipsométrico da Bacia do Córrego Mauá	63
Figura 5 - Perfil de crescimento populacional do Município de Sarandi, para os anos de 1991 a 2009	65
Figura 6 - Articulação das folhas utilizadas para elaboração da base topográfica da Bacia do Córrego Mauá.....	71
Figura 7 – Detalhe da abertura e preparo da cava para retirada de corpo de prova	79
Figura 8 – Detalhe da retirada de corpo de prova no campo, com auxílio da cravação de anel de PVC	79
Figura 9 - Coleta do corpo de prova com excedente de material	79
Figura 10 - Anel de PVC com seu corpo de prova faceado e recipiente com a amostra excedente	79
Figura 11 – Equipamento utilizado no ensaio de absorção de água	80
Figura 12 - Representação típica de volume de absorção de água [q] (cm ³ /cm ²) em função da raiz quadrada do tempo em minutos, $\sqrt{t(\text{min})}$	81
Figura 13 – Corpo de prova saturado, ao final do ensaio de absorção de água.....	81
Figura 14 – Disposição do corpo de prova no ensaio de perda de massa por imersão, no detalhe o corpo de prova em seu suporte, disposto no recipiente de alumínio.....	81
Figura 15 - Classificação do solo quanto à erodibilidade	83
Figura 16 – Gráfico de precipitação média mensal adotada para a Bacia do Córrego Mauá, referente ao período de 1976 e 2006.....	94
Figura 17 - Carta da plasticidade	98
Figura 18 - Perda de massa por imersão P (%) x índice de absorção de água s [(cm ³ /cm ²)/ $\sqrt{t(\text{min})}$].....	100
Figura 19 - Vista do ponto de descarga do emissário urbano, após ruína do dissipador de energia	103
Figura 20 - Crescimento da mancha urbana no município de Sarandi	108
Figura 21 - Evolução dos loteamentos no município de Sarandi-PR.....	108
Figura 22 - Mapa da mancha urbana da Sede para os anos de 1985 a 2010	110
Figura 23 – Vista de loteamento recente, implantado na Bacia do Córrego Mauá pertencente ao período de 2005 a 2010.....	112
Figura 24 - Projeção populacional para o município de Sarandi, modelo 1 - “Crescimento Logístico”	113
Figura 25 - Projeção Populacional para o município de Sarandi, modelo 2.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escalas de uso corrente na elaboração de produtos cartográficos.....	24
Tabela 2 - Recursos hídricos e suas interações com temas urbanos.....	31
Tabela 3 - Principais fatores, conceituação e características dependentes a se considerar na erosão hídrica.....	36
Tabela 4 - Susceptibilidade erosiva dos solos do Noroeste do Paraná.....	37
Tabela 5 - Procedimentos metodológicos adotados por Ross (op. cit) e Crepani et. al. (op. cit).....	41
Tabela 6 - Variáveis utilizadas em cada um dos procedimentos técnicos-operacionais.....	42
Tabela 7 - Pontos de amostragem nos transectos.....	76
Tabela 8 - Coeficiente de vulnerabilidade referente ao substrato rochoso.....	84
Tabela 9 - Coeficiente de vulnerabilidade referente à intensidade pluviométrica (mm/mês). 85	85
Tabela 10 - Classes de declividades com os respectivos coeficientes de vulnerabilidade ...	86
Tabela 11 – Coeficientes de vulnerabilidade para o solo.....	87
Tabela 12 - Coeficientes de vulnerabilidade referente ao uso e ocupação do solo.....	88
Tabela 13 - Classes de vulnerabilidade ambiental para a Bacia do Córrego Mauá.....	91
Tabela 14 – Coeficiente de vulnerabilidade da precipitação para a Bacia do Córrego Mauá (mm/mês).....	94
Tabela 15 – Ocorrência de solos na Bacia do Córrego Mauá.....	95
Tabela 16 - Classificação pela granulometria.....	96
Tabela 17 – Classificação pelo Sistema Unificado (ASTM D-2487/2000).....	97
Tabela 18 - Índice de absorção de água e de perda de massa por imersão.....	99
Tabela 19 - Índices de erodibilidade dos solos da Bacia do Córrego Mauá.....	100
Tabela 20 – Ocorrência de declividade na Bacia do Córrego Mauá.....	101
Tabela 21- Ocorrência do uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Mauá.....	104
Tabela 22 – Ocorrência de vulnerabilidade ambiental na Bacia do Córrego Mauá.....	105
Tabela 23 - Solo urbanizado no Município de Sarandi - 2008.....	107
Tabela 24 - Crescimento da mancha urbana na Bacia do Córrego Mauá, Sarandi – PR ...	111
Tabela 25 - Procedência dos lotes vazios na Bacia do Córrego Mauá.....	111
Tabela 26 – População do município de Sarandi.....	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Procedimentos adotados na elaboração da pesquisa	70
---	----

LISTA DE SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociência

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

EMATER – Empresa Brasileira de Extensão Rural

SIG – Sistema de Informação Geográfica

APP – Área de Preservação Permanente

ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EIV – Estudo de Impacto de Vizinhança

ConCidade – Conselho das Cidades

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Planejamento e gestão urbana	18
2.1.1	Escalas de mapas utilizadas em planejamento.....	23
2.1.2	Bacia Hidrográfica: unidade de planejamento.....	25
2.2	Degradação ambiental.....	27
2.2.1	Impactos ambientais.....	29
2.2.2	Processos erosivos.....	33
2.2.3	Erodibilidade e Erosividade	35
2.3	Vulnerabilidade ambiental.....	40
2.4	Áreas protegidas e zoneamento ecológico econômico	44
3	CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ	49
3.1	Breve histórico de ocupação do município de Sarandi.....	51
3.2	Malha urbana do município de Sarandi.....	55
3.3	Aspectos físico, naturais e socioeconômicos	57
3.3.1	Aspectos físicos.....	57
3.3.2	Vegetação natural	64
3.3.3	Aspectos Socioeconômicos	64
4	MATERIAL E MÉTODO.....	67
4.1	Procedimentos adotados	68
4.2	Primeiro Nível – da compilação.....	71
4.2.1	Produção do mapa base.....	71
4.2.2	Levantamento de dados secundários, do referencial teórico-metodológico e da área de estudo.....	72
4.2.3	Produção de dados primários	74
4.3	Segundo nível – da correlação	83
4.3.1	Substrato rochoso	83
4.3.2	Clima	84
4.3.3	Declividade	86
4.3.4	Solos	86
4.3.5	Uso e ocupação do solo	88
4.3.6	Expansão urbana	89
4.3.7	Análise dos resultados de laboratório	89
4.4	Terceiro nível.....	90
4.4.1	Elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental.....	90
5	RESULTADOS	92

5.1	Vulnerabilidade ambiental da Bacia do Córrego Mauá	92
5.1.1	Substrato rochoso	93
5.1.2	Clima	93
5.1.3	Solos	95
5.1.4	Declividade	101
5.1.5	Uso e ocupação do solo	103
5.1.6	Mapa de vulnerabilidade ambiental	104
5.2	Expansão urbana na Bacia do Córrego Mauá	107
5.3	Projeção populacional do município de Sarandi	112
6	CONCLUSÕES.....	115
7	REFERÊNCIAS	118
	APÊNDICE	129

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o homem tem presenciado fatos atribuídos às condições ambientais, principalmente aqueles relacionados a catástrofes. Em geral vários fatores contribuem para o agravamento dos problemas ambientais, destacando-se entre eles a falta de planejamento urbano e o uso inadequado do solo.

A ocupação de áreas impróprias ou com certo grau de vulnerabilidade ambiental como as cabeceiras de drenagem e as áreas marginais aos cursos de água, geralmente, promove a aceleração dos processos erosivos, com o surgimento de ravinas, de voçorocas e de alargamento do leito do rio, entre outros.

As cidades, em geral, concentram atualmente grande parte da população do país. Os estados e municípios vêm cada vez mais se industrializando e mecanizando as atividades agrícolas. Esta intensa apropriação da superfície terrestre por diferentes grupos sociais, tanto rural quanto urbana, sem atentar para as leis do uso do solo e, ainda, a deficiente ou inexistente fiscalização por parte dos órgãos públicos, propiciam o desequilíbrio e a degradação do meio natural e urbano e, conseqüentemente, altera o funcionamento das bacias hidrográficas, que originalmente evoluíam em condições de equilíbrio.

Quando o equilíbrio do meio é rompido por qualquer motivo, seja pela inadequada utilização do solo e ou pelo desenfreado crescimento urbano, o ambiente passa a evoluir sobre novas condições de dinâmica. Essa situação acarreta inúmeros processos nas vertentes, incluindo aqueles erosivos, maléficos à população e à economia, os quais evoluem em busca de novas formas ou mesmo de estados de equilíbrio. Estes por sua vez, quando ocorrem em áreas urbanas, evoluem em impactos negativos, causados em decorrência da intensa ocupação de áreas impróprias, como é o caso de fundos de vale, áreas ribeirinhas, margens de rio e de áreas acidentadas. Os efeitos negativos são sentidos não apenas pelos

elementos naturais, mas pela própria sociedade, quando da presença das enchentes, erosões, poluições hídricas e da degradação do solo, entre outros.

O estudo do meio físico, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, é de fundamental importância no planejamento urbano. Os impactos ambientais decorrentes do regime hídrico no meio urbano devem ser trabalhados em planos diretores municipais, contemplando inclusive a fiscalização dos projetos, manutenção dos sistemas de drenagem, regulamentação e critérios para a ocupação e execução de obras urbanas.

Neste sentido, o objetivo geral desta dissertação é o da elaboração de mapa de vulnerabilidade ambiental em uma área de expansão urbana, com referência à existência de processos erosivos e do uso e ocupação do solo existente, aplicável ao planejamento urbano, necessário à avaliação do meio físico e da paisagem. Atendendo o objetivo geral proposto, para este trabalho, foi estabelecido como objetivo específico a elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental para área lindeira urbanizada que tende a ser área de expansão, no caso específico a Bacia do Córrego Mauá, do município de Sarandi, Paraná. Incluíram-se ainda neste objetivo específico a classificação do solo, a determinação de índice de erodibilidade para as amostras coletadas em doze pontos na Bacia do Córrego Mauá, a expansão urbana (crescimento da mancha urbana) da bacia frente àquela ocorrida na sede do município e, por fim, a projeção populacional do município de Sarandi.

O mapa de vulnerabilidade ambiental, como ferramenta, proporciona ao planejador tomada de decisão eficiente quanto à expansão urbana, principalmente quando se trata de uma bacia hidrográfica. A área estudada pertence à Região Metropolitana de Maringá, Estado do Paraná, sendo conurbada com o município de Maringá. A região Metropolitana de Maringá foi criada pela Lei nº 83/98. A proximidade com este município faz com que a cidade de Sarandi seja pressionada à implantação de novos loteamentos, que por sua vez implantados sem infraestrutura se tornam um problema, no que tange à ocupação e ao ordenamento urbano.

O município de Sarandi vem atualmente sofrendo com a infraestrutura urbana precária, no que se refere ao saneamento básico, habitação, transporte público. Sarandi conta ainda com inúmeros loteamentos já consolidados que não atendem a legislação específica.

Os problemas decorrentes da ocupação urbana se potencializam principalmente em áreas periféricas, onde são evidentes os passivos oriundos do manejo inadequado das águas pluviais, decorrentes do lançamento das águas pelos emissários finais à média vertente, sem a utilização de dissipadores de energia.

Frente a tais problemas, é de fundamental importância o estudo de viabilidade à expansão urbana, adotando-se o mapa de vulnerabilidade ambiental, elaborada por meio de dados cartográficos e levantamento em campo, pois se constitui numa ferramenta, indispensável no planejamento urbano, quando se trata da elaboração de cenário futuro.

Neste trabalho o Capítulo I trata da fundamentação teórica contemplando por sua vez o planejamento e gestão urbana, degradação ambiental, vulnerabilidade ambiental e, por fim, áreas protegidas e zoneamento ecológico econômico.

No segundo capítulo foi elaborada uma breve caracterização geográfica da Bacia do Córrego Mauá contendo o histórico de ocupação do município, a malha urbana e os aspectos físicos, naturais e socioeconômicos, com o objetivo de retratar as condições físicas, os conflitos e os problemas existentes na área de estudo e em seu entorno.

O Capítulo III, do material e método, aborda questões primordiais da elaboração do presente trabalho que tem seu norte no estudo da vulnerabilidade ambiental proposta por Crepani et al. (2001). Almejando os resultados esperados foram adotados procedimentos, divididos em quatro níveis, conforme proposição de Nakashima (1999), sendo eles, o da compilação (primeiro nível), da correlação (segundo nível), da interpretação (terceiro nível) e por fim dos resultados (quarto nível).

No Capítulo IV são apresentados e discutidos os resultados obtidos neste trabalho de pesquisa, sendo os mesmos contemplados na forma de conclusões no Capítulo V.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA

Em função do crescimento acelerado e desordenado das cidades, principalmente após a revolução industrial, alguns problemas urbanos têm se revelado e intensificado, entre eles a falta crônica de infraestrutura e os problemas ambientais. Mais da metade da população mundial vive em meio urbano, sendo que no Brasil a taxa de urbanização tem sido de 84,36% em 2010, segundo dados do IBGE (2011). Desta maneira, quando da busca do melhor desempenho do meio urbano em nível social, ambiental e econômico, deve-se considerar o crescimento das cidades no planejamento e gestão das mesmas.

De forma geral, o Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os arts. 182º e 183º, da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 2001), estabelece diretrizes e normas que regulam o uso de propriedade urbana, diante dos interesses sociais, bem-estar dos cidadãos, da segurança, bem como do equilíbrio ambiental, inclusive de forma a garantir a legitimação do planejamento e gestão dos sistemas urbanos.

O planejamento e a gestão, segundo Souza (2002), são termos distintos e complementares, utilizados quando se trata dos meios urbanos. Segundo ainda este autor, o planejamento é um pensamento orientado para o futuro, baseado em tentativas de simular os desdobramentos de um processo, com o objetivo de se precaver contra prováveis problemas, ou ainda, com a intenção de tirar partido de prováveis benefícios. Já o termo gestão, tem sua conotação voltada ao presente, significando administrar uma situação dentro dos marcos dos recursos disponíveis, tendo em vista as necessidades imediatas.

Desta forma, o planejamento é a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar as margens de manobras, sendo a gestão a efetivação, ao menos em parte, significativa das condições que o planejamento ajudou a construir anteriormente. Assim, a administração de médio e curto prazo dos recursos e problemas é tão essencial quanto à visão de longo alcance e a reflexão de longo prazo, sendo esses os pensamentos que devem nortear atualmente as estratégias do planejamento urbano (SOUZA, 2002).

Neste sentido, a gestão não deve ser tratada apenas como um conjunto de atividades prioritárias, definição de metas e alocação de recursos, necessários no planejamento e nas atividades operacionais, devendo para tanto existir formas de avaliação e monitoramento do seu desempenho (Santos e Cardoso, 2001).

Para o entendimento do termo gestão, segundo Wilhelm (1982), é necessário se estabelecer a diferença entre os termos "governar" e "administrar":

- ✓ Governar é mais do que administrar, significa considerar e interpretar anseios da população, abrange a proposição de metas socialmente desejáveis, ecologicamente prudentes e economicamente viáveis. Governar, ainda, significa estabelecer vetores e estratégias políticas voltadas para metas formuladas e, finalmente, articular e negociar com diversos agentes sociais cujos interesses são conflitantes, visando transformações urbanas.
- ✓ Administrar significa articular os recursos humanos, financeiros e informativos, de que dispõe a administração pública, a fim de maximizar a sua eficiência e de produzir a eficácia necessária para instrumentar a estratégia estabelecida em sua ação de governar.

O termo gestão, conforme Nascimento (1985), é entendido como um processo cujo nível de atuação se desenvolve no âmbito dos conflitos e contradições que abrangem a sociedade civil como um todo, entendendo-se a sociedade civil, não só como palco de embate de ideologias e interesses, mas também como palco de legitimação das ações públicas, inclusive no que se relaciona à ocupação do espaço físico-territorial.

O autor faz distinção entre os termos gestão e gerência, sendo que o último se relaciona mais com à execução de ações já estabelecidas. Esta diferença de

conceituação, segundo Deleuze (1974), não pressupõe dissociabilidade, mas complementaridade e singularidade.

Segundo Castells (1986), o surgimento do planejamento urbano está, de certo modo, atrelado às sociedades industriais de consumo e ao agravamento dos problemas urbanos decorrentes. Sendo o planejamento urbano uma forma de ação consciente, devidamente atrelado a planos, programas e metas, relacionados ao interesse da sociedade civil de um determinado espaço físico-territorial.

O planejamento urbano, para Lojkine (1981), não pode ser reduzido à política urbana, cujos efeitos ideológicos e jurídicos são marcantes sobre os agentes sociais, sendo esses agentes sociais, detentores dos documentos de urbanismo e, mais amplamente, do conjunto das opções espaciais, regulamentos de ocupação do solo, agrupados sob o nome de planificação urbana.

No entanto, a política urbana na forma de ação, segundo Castells (op. cit), é o produto do planejamento urbano, resultado de contradições e de relações entre diversas forças sociais, inclusive divergências quanto ao modo de ocupação ou mesmo da produção do espaço urbano, o qual não pode ser simplesmente reduzido à planificação urbana. Ainda, segundo este autor, a política urbana contempla três dimensões, i) a "planificadora"; ii) a "operacional", que é o conjunto das práticas reais pelas quais o Estado Central e os aparelhos estatais locais intervêm financeira e juridicamente na organização do espaço urbano e; iii) a urbanística que condensa, materializa e mede os efeitos sociais.

Segundo ainda Lojkine (op. cit), as três dimensões da política urbana atuam de maneira combinada na elaboração do planejamento urbano, reafirmando-se desta maneira que o planejamento urbano não é produto da política de pessoas ou simplesmente de uma vontade do Estado.

O art. 2º, do Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001), determina as diretrizes gerais para a política urbana, necessárias para a elaboração de planos diretores. Estas diretrizes são importantes para a temática proposta para esta dissertação. Destacando-se entre elas:

- ✓ a garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao

transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

- ✓ a gestão democrática, por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;
- ✓ o 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;
- ✓ a ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar: a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos; b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso, excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana; d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como pólos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente; e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização; f) a deterioração das áreas urbanizadas; e, por fim, g) a poluição e a degradação ambiental;
- ✓ a adoção de padrões de produção e de consumo de bens e serviços, inclusive de expansão urbana, compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do município e do território sob sua área de influência;
- ✓ a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico.

Ainda no Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), em seu art. 4º, são apresentados instrumentos que norteiam a política urbana. Diante do exposto, o inciso III, do artigo supracitado, trata do planejamento municipal e nele traz, entre outras, as seguintes alíneas, que se apresentam como ferramentas úteis e importantes no planejamento e gestão urbana:

- ✓ plano diretor;
- ✓ disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo;

- ✓ zoneamento ambiental;
- ✓ planos, programas e projetos setoriais.

O inciso VI, do art. 4º, também é um instrumento de regulamentação e ordenação do espaço urbano quanto ao seu uso e a ocupação, quando trata dos prévios Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e dos Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV).

Na elaboração do Capítulo III, do plano diretor, e do Capítulo IV, da gestão democrática da cidade, em seus arts. 40º e 43º, foi adotado por princípio o modelo participativo, em que os instrumentos são legitimados pela vontade popular. O art. 43º, incisos II e IV, para garantir a gestão democrática da cidade, determina a utilização de debate, audiência, consulta pública, bem como a utilização também de proposição popular de projetos de lei, planos e programas de desenvolvimento urbano. O art. 45º também reforça a importância da participação social em regiões metropolitanas, nos seguintes dizeres (BRASIL, 2005):

Art. 45º. Os organismos gestores das regiões metropolitanas e aglomerações urbanas incluirão obrigatória e significativa participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade, de modo a garantir o controle direto de suas atividades e o pleno exercício da cidadania.

O processo de participação dos diversos atores sociais seguirá os pressupostos contidos na Resolução nº. 25/2005 do ConCidade que define os aspectos mínimos para a participação popular na elaboração dos Planos Diretores Municipais (BRASIL, 2005).

O planejamento urbano, em função das questões políticas bem como as técnico-científicas, envolvidas, assume um caráter multidisciplinar, com a devida atuação de diferentes atores sociais, como parte fundamental para o sucesso metodológico do projeto coletivo e participativo (REZENDE e ULTRAMARI, 2007).

2.1.1 Escalas de mapas utilizadas em planejamento

Os fenômenos naturais e humanos de uma determinada área de interesse são ordenados e disponibilizados por meio de representações cartográficas, em forma de mapa, os quais devem manter com fidelidade suas formas e dimensões, sendo, portanto estes fenômenos inseridos em uma determinada escala e em um sistema de projeção. Os mapas, segundo Santos (1989), devem ser elaborados por profissionais, capazes de associar as informações que devem ser contidas nos mesmos com o interesse do usuário. Os mapas devem ser claros e orientados no sentido de viabilizar e facilitar o seu uso, sendo neste caso importante a escolha da escala.

A escolha correta da escala, a ser utilizada para atender em abrangência as informações necessárias para descrição e caracterização de uma determinada área, deve sempre levar em conta a influência do item a ser planejado. Em sua maioria a abrangência de informações é sempre maior do que o objeto a ser estudado, como exemplo, pode-se, citar o caso do Plano Diretor ou mesmo da Política de Desenvolvimento Municipal, onde a dinâmica e funcionalidade regional deve ser considerada e contextualizada (SANTA CATARINA, 1999).

A utilização da cartografia, segundo ainda Santa Catarina (op. cit), se faz importante no planejamento urbano, quando do levantamento de informações, pois cada elemento a ser pesquisado tem uma localização físico-espacial que em diferentes níveis de escala tem sua representatividade alterada em termos de detalhamento. Desta forma, tem-se adotado três níveis de escala para o planejamento urbano, relacionando-se à riqueza de detalhamento desejado:

- ✓ Regional – neste nível de análise utiliza-se a escala de 1:50.000 ou 1:100.000, procurando-se retratar as inter-relações do município com a região de entorno, comumente sendo utilizados para tais descrições os limites estabelecidos pelas Associações de Municípios.
- ✓ Municipal – a escala utilizada neste caso é de 1:50.000, estabelecendo-se a relação entre os limites territoriais municipais, principalmente as influências

entre os núcleos urbanos (sede, distritos, vilas, povoados entre outros) e a área rural do município, identificando e caracterizando elementos que possam influir no planejamento municipal e urbano.

- ✓ Urbano – este nível se configura como o de maior escala, estando neste sentido também atrelado à gestão urbana. Neste caso a representação se daria na funcionalidade das estruturas urbanas ou apoio ao sistema urbano. Sendo para tanto utilizadas escalas de 1:2.000, 1:5.000 ou 1:10.000, com a finalidade de contribuir e facilitar a identificação e descrição dos elementos da paisagem, sendo possível a determinação de unidades de planejamento, balizadas em características físicas, territoriais, estruturais e dimensionais.

Santos (1989) aborda algumas classificações das escalas, de uso corrente, sendo que as mesmas variam conforme o tema, o interesse no resultado e o nível de detalhe desejado. Neste sentido a autora, em uma revisão bibliográfica contemplando outros autores, cujos resultados são apresentados na Tabela 1, propõe a escala como uma função do tema. Neste sentido faz indicação de escala para cartas planimétricas, geográficas, mapas geológicos e geotécnicos.

Tabela 1 – Escalas de uso corrente na elaboração de produtos cartográficos

PROCEDIMENTOS CARTOGRÁFICOS		INDICAÇÃO DE ESCALAS
Carta Planimétricas	planos cadastrais ou plantas das cidades	até 1:5.000
	levantamento de detalhes ou planos topográficos	de 1:5.000 até 1:25.000
	cartas topográficas	de 1:25.000 até 1:250.000
	cartas corográficas	de 1:500.000 até 1:5.000.000
	cartas gerais	acima de 1:5.000.000 a menores
Carta Geográficas	escalas grandes	Até 1:25.000
	escalas médias	de 1:25.000 até 1:250.000
	escalas pequenas	de 1:500.000 e menores
Mapas Geológicos	escala de detalhe	até 1:25.000
	escala de semi-detalhe	de 1:25.000 até 1:100.00
	escala de reconhecimento ou de síntese	de 1:100.000 a menores
Mapas Geotécnicos	Detalhe	até 1:10.000
	semi-detalhe	entre 1:10.000 e 1:100.000
	Regional	de 100.000 a menores

Fonte: Santos (op. cit), organizado pelo autor

Os mapas geotécnicos, segundo a autora, se constituem em documentos de significativa complexidade, que utilizam como base dados do meio físico, tais como os do solo e subsolo, interpretando-os não só com o objetivo de obter respostas da intervenção humana sobre uma área de interesse, mas também com o objetivo do estabelecimento de potencialidade e limitação de uso.

A finalidade da carta, segundo Santos (1989), é aquela que determina os elementos que nela estarão inseridos, representados de forma que não carregue e polua o material cartográfico, cumprindo desta forma o papel inicial que é o de orientar o usuário.

As cartas, por sua vez, contemplam variáveis, tais como entre outras:

- ✓ Na proteção ambiental: controle de erosão, de poluição hídrica e do solo e, por fim, reflorestamento;
- ✓ Na agricultura: aproveitamento racional do solo, qualidade do solo e zoneamento agrícola;
- ✓ No urbanismo: orientação e delimitação de áreas de expansão, limitações em construção, infraestrutura e aproveitamento urbano;
- ✓ Na mineração: localização e identificação de afloramento mineral de interesse;
- ✓ Em obras de engenharia: construção de estrada, barragem e de obras de pequeno porte.

2.1.2 **Bacia Hidrográfica: unidade de planejamento**

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1977, determina em seu art. 1º, Inciso V, o uso da bacia hidrográfica como uma unidade territorial de planejamento (BRASIL, 1997).

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema aberto e contempla as características intrínsecas do meio físico local, devendo para tanto ser entendida

como uma unidade ecossistêmica e morfológica que permite a análise e o entendimento dos problemas ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1981). Neste sentido a bacia hidrográfica, para Musetti (2000), é adequada ao uso como uma unidade de planejamento, quando se trata da otimização e da interação do homem com o ambiente natural.

A bacia hidrográfica também é compreendida como um território determinado por feições topográficas, associadas à presença de água superficial e subterrânea. A interação entre os elementos do meio físico e biótico (solo, clima, rocha, relevo e vegetação), condiciona no tempo geológico características peculiares ajustadas à paisagem.

Pode-se considerar que a morfologia regional da bacia é uma consequência das adaptações do sistema de drenagem às condições litológicas e ambientais do local (CHRISTOFOLETTI, *op. cit.*; SCHUMM *et al.*, 1987; ÁNGEL, 2005; CHARLTON, 2008; FRANÇA JUNIOR, 2010). Segundo Charlton (*op. cit.*), a maioria da energia necessária para promover o sistema da bacia hidrográfica é obtida por meio dos processos atmosféricos que evaporam e condensam a água, que retorna em formato de chuva. A ação da gravidade move a água precipitada criando um fluxo de energia no sistema, que gradativamente vai sendo dissipada, inclusive com carreamento de sedimentos ao longo da rede de drenagem.

É no cenário físico-territorial da bacia hidrográfica que se desenvolvem as atividades socioeconômicas de uso e ocupação do solo, que são as principais atividades modificadoras do espaço. Neste sentido a Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981 (BRASIL, 1981), ressalta em seu texto a necessidade do planejamento vinculado a decisões dos agentes públicos, no que se refere à distribuição espacial das atividades econômicas, exploração do território e, quando necessário, a proibição das atividades incompatíveis e não indicadas às condições territoriais.

O limite físico da bacia, segundo Braga e Carvalho (2003), age como agente influenciador da relação entre seus habitantes, devido sua dependência com o sistema hídrico e com os impactos que ali existem. Os limites físicos da bacia, em si, independem do modo em que se distribuem as articulações político-administrativas.

Braga e Carvalho (*op. cit.*) discutem em seu trabalho, a importância da bacia hidrográfica, pois a mesma determina de forma conjunta o comportamento das

condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas. Tal unidade de gestão aborda seus elementos físicos e bióticos, compreendidos em elementos naturais e sociais inter-relacionados e dinâmicos, indicando aspectos positivos e potencializadores na escolha da bacia hidrográfica como uma unidade territorial, sendo eles:

- A mobilização social;
- A articulação de diferentes atores sociais em ações integradas pelo planejamento, com vista ao desenvolvimento sustentável;
- Critérios sociais que visam a equidade, minimização de conflitos e a segurança da população;
- Rapidez e facilidade na avaliação de resultados das ações realizadas;
- Favorecimento do crescimento socioeconômico, pelo melhor uso dos recursos naturais e de infraestruturas com metas de transformações produtivas e de uso;
- Educação e conscientização da comunidade, com princípios baseados na Educação Ambiental.

No planejamento do uso e ocupação da bacia hidrográfica, o emprego de modelos matemáticos se torna importante na identificação, simulação e quantificação das energias envolvidas neste sistema. Possibilitando, inclusive, a construção de cenários futuros, quanto a determinados elementos da paisagem e, também, agilizando a tomada de decisão principalmente na gestão urbana (MARTONI, 1997).

2.2 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Para Pellogia (1997), os problemas desencadeados pela ocupação intensiva de áreas agricultáveis na implantação e expansão de cidades fazem surgir novos e

variados problemas ambientais. Estes problemas, por sua vez, são perceptíveis tão somente quando da consolidação e manutenção dos núcleos urbanos, quando da presença de áreas degradadas e situações de risco impostas a uma parcela da população.

A Lei nº 6.938/81, sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, apresenta em seu art. 3º o entendimento sobre algumas termologias utilizadas no texto de lei, sendo que em seu inciso III faz referência à degradação da qualidade ambiental como sendo qualquer alteração adversa das características do meio ambiente existente (BRASIL, 1981).

Mais especificamente a norma NBR ISO 14.001:2004 da ABNT, em seu item 3.4.1, apresenta a degradação como uma alteração ambiental, esta por sua vez sendo “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”. Desta forma, a degradação ambiental é um dano, de forma negativa, em decorrência da ação direta ou indireta do homem (ANTUNES, 2000). Segundo Milaré (2001) este dano ambiental, por sua vez, se constitui em um prejuízo ao ambiente, conseqüentemente é um impacto negativo aos recursos naturais, alterando o equilíbrio ecológico e a qualidade de vida.

No trato eficaz de questões ambientais do tipo: erosão intensa, assoreamento de rios e de reservatórios, poluição de mananciais e escorregamento de encosta, entre outros problemas induzidos pela urbanização, segundo Pellogia (1997), é de fundamental importância o entendimento dos processos de uso e ocupação do solo.

O uso do solo pode alterar significativamente as características naturais, modificando as quantidades e qualidade da água de infiltração, de escoamento e de evaporação, alterando, portanto, o comportamento hidrológico da bacia. A proteção dada ao solo pela mata nativa propicia menores perdas de solo e maior capacidade de retenção de água, especialmente quando comparada ao solo desprotegido ou mesmo quando utilizado em culturas anuais. As mudanças de uso também podem potencializar processos erosivos e de compactação do solo indesejáveis às condições de sustentabilidade (SILVA et al., 2004).

2.2.1 Impactos ambientais

O impacto ambiental é o efeito de uma determinada ação direta do homem sobre o meio, evidenciando alterações das características nos diferentes componentes naturais e funcionais, tais como, clima, substrato geológico, morfologia, corpos hídricos, solos, flora e fauna. Seus efeitos podem resultar em uma ação indireta induzida pelo homem em locais, que, devido as fragilidades ambientais, tem a tendência de risco natural potencializado pela ação antrópica.

O impacto ambiental resultante, seja de ações diretas e ou indiretas, gera efeitos que podem ser classificados como: positivo, quando representa melhora das condições naturais, referentes à complexidade organofuncional e à estabilidade natural, por exemplo, áreas de recuperação de fundo de vale; ou negativo, quando representa redução na qualidade natural, levando à desestabilização e conduzindo para uma maior simplificação funcional. Tais reduções implicam em diminuição das riquezas químicas, físicas e biológicas, perdendo parte das relações de troca no meio natural ou de sua auto-regulação (TUCCI et al., 1995)

De acordo com Mota (2003), a ocupação de um ambiente natural no processo de urbanização geralmente ocorre com a remoção da cobertura vegetal. Esta, quando realizada de forma inadequada, resulta em vários impactos ambientais, tais como: modificação climática; dano à flora e fauna; exposição do solo, causando o incremento da erosão e empobrecimento do mesmo; assoreamento dos recursos hídricos; aumento do escoamento superficial da água e redução da infiltração e por fim inundações. Ainda, o impacto decorrente da existência de água concentrada é a implantação de erosão em encostas e margens dos rios, pode causar o empobrecimento e o enfraquecimento do solo. Tudo isto tem conduzido os deslizamentos de terra, solapamento e outros processos, podendo inclusive a implantação de outras formas de erosão de grande porte.

A implantação do sistema de drenagem urbana, com o recolhimento das águas pluviométricas e o lançamento de forma não adequada das mesmas, favorece a instalação de processo de impacto negativo em termo ambientais (FRENDRICH,

1984; TUCCI et al., 1995). Segundo Otsuschi (2000), Zamuner (2001) e Tiz et al. (2006), isto ocorre porque as águas pluviais recolhidas nas ruas são despejadas nos cursos de água através de emissários normalmente sem a construção de dissipadores de energia que diminuam o impacto da água concentrada.

No intuito de proporcionar o entendimento sobre as terminologias adotadas é fundamental diferenciar degradação ambiental de impactos ambientais, pois a Resolução CONAMA nº 001 de 1986 (BRASIL, 1986), define impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e; IV – a qualidade dos recursos naturais.”

Tal conotação aplicada ao impacto ambiental pode ser referida tanto aos aspectos negativos quanto aos positivos, decorrentes tão somente pela ação antrópica, pois o impacto está associado a qualquer alteração benéfica ou maléfica ao ambiente (MENEGUZZO e CHAICOUSKI, 2010).

Segundo Tucci et al. (op. cit), os impactos ambientais em áreas urbanas em sua maioria são do tipo negativo, causados pela intensa ocupação inclusive de áreas impróprias, tais como fundo de vale e áreas ribeirinhas. Os efeitos negativos são sentidos não apenas pelos elementos naturais, mas pela própria sociedade, como é no caso das enchentes, erosões, poluições hídricas e do solo, entre outros.

A poluição hídrica e do solo é um impacto frequente do próprio escoamento superficial relacionado com o crescimento urbano, e conseqüentemente do próprio aumento da impermeabilização de áreas. As áreas que se mantêm permeáveis ou parcialmente permeáveis, como terrenos não edificados e fundo de vale, permitem a infiltração das águas pluviais, no entanto podem também, dependendo das condições, ser uma fonte de contaminação do lençol freático. O escoamento superficial das águas pluviais transporta lixo, sedimentos diversos, resíduos da lavagem da malha asfáltica, os quais acabam chegando aos cursos de água, como evidenciado pelos resíduos depositados em canais e ao longo das margens dos mesmos, aprisionados nas raízes e ramos da vegetação (TUCCI et al., op. cit).

Segundo o mesmo autor, os impactos ambientais decorrentes do regime hídrico no meio urbano devem ser trabalhados no plano diretor municipal, contemplados em nível da fiscalização de projeto, manutenção dos sistemas de drenagem, regulamentação e critérios para a ocupação e execução de obras urbanas.

O controle do regime hídrico em meio urbano envolve, segundo Braga e Carvalho (2003), um sistema de ações de aspectos sócio-político e institucional. Ainda os autores relacionam as ações que devem ser incorporadas ao sistema de controle da água em meio urbano, sendo estas relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Recursos hídricos e suas interações com temas urbanos

ITEM	AÇÕES A SEREM INCORPORADAS	
	Situação Atual	Situação desejada
Processos de produção do espaço	As cidades crescem desnaturalizando o meio ambiente, norteadas por ações fragmentadas com uma ótica econômica de curto prazo, no qual se negligencia a minimização dos impactos ambientais, cuja síntese pode ser observada na mudança dos parâmetros do ciclo hidrológico. A terra antes de tudo é uma mercadoria sem a devida regulação do Estado. O desenho e a engenharia urbana são ainda tradicionais partindo mais da lógica do lote urbano do que da cidade.	O processo de urbanização deve ser norteadado por uma minimização da destruição dos parâmetros naturais dos sítios e para tanto deve coordenar a ações fragmentadas no tempo e no espaço por uma concepção estrutural da totalidade da cidade. A administração da questão fundiária e a engenharia urbana necessitam revoluções em suas estratégias e práticas, orientadas pelos princípios do desenvolvimento sustentável e da justiça social.
Uso e ocupação do solo urbano	A terra, como mercadoria, torna a natureza apenas um insumo da produção do espaço urbano podendo sofrer tantas modificações quantas necessárias para realizá-la como tal. Assim ocupam-se áreas inadequadas e aumenta-se a produtividade do solo. O uso e o padrão de ocupação são definidos pelo lucro privatizado. A degradação dos recursos hídricos não é questão prioritária, pois sempre se prefere substituir as suas fontes por outras. O seu manejo, embora cada vez mais difícil, é visto como um problema passível de ser solucionado pela engenharia urbana que assim se desenvolve em busca de soluções mais esdrúxulas.	É necessário fazer o zoneamento ambiental para definir áreas adequadas e inadequadas e outras admissíveis com restrição para as diversas atividades e densidades de ocupação do sítio urbano, compatíveis com os avanços das ciências ambientais. A previsão de riscos do atual processo de urbanização deve nortear o zoneamento ambiental o que implica novos processos de produção do espaço urbano, novos desenhos urbanos e uma nova engenharia urbana sob os requisitos do desenvolvimento sustentável e da justiça social que inclui a distribuição equitativa dos ônus e bônus do processo de urbanização e a distribuição igualitária dos excedentes econômicos da comunidade urbana.

Cont. Tabela 2

ITEM	Situação Atual	Situação desejada
Planejamento urbano e regional	<p>As configurações dos limites municipais e das ocupações urbanas não se conformam com as compartimentações ambientais que sejam adequadas para a boa gestão ambiental. Rios cortam fronteiras municipais e regionais. Assim, as águas poluídas de uma cidade passam para outra. Ademais, o adensamento urbano não é condizente com a capacidade de suporte dos ecossistemas, principalmente tendo em consideração os recursos hídricos para os mais diversos fins. Soma-se a isto, a dispersão assistêmica das políticas e dos recursos.</p>	<p>Fomentar a política de gestão dos recursos hídricos, incluindo os de interesses urbanos em uma base regional para então definir um plano de investimento de melhoria e recuperação dos corpos de água em nível local. É necessário compreender que os interesses regionais também são interesses locais. O tratamento de esgoto de uma cidade pode baratear o custo de tratamento de água da cidade a jusante, entre outros ganhos, como por exemplo preservar um corredor de sustentabilidade para a fauna flúvio-riparia. Os mananciais de uma cidade podem estar em outro município. As áreas de proteção ambiental são regionais. Tudo demanda certa resolução em nível regional.</p>
Desenho urbano	<p>O desenho urbano é muitas vezes feito sem dar o devido peso as características físicas do sítio urbano, de forma fragmentada. O impacto ao meio ambiente é sempre um problema de engenharia urbana a ser pensada <i>a posteriori</i>. Algumas medidas de planejamento global da cidade são insuficientes e mitigadoras.</p>	<p>O desenho deve ser feito incluindo todas as infraestruturas necessárias como um conjunto harmônico e sinérgico, minimizando o uso de matéria e energia e, os impactos ambientais, ou seja, interferindo o mínimo possível nos movimentos da natureza.</p>
Administração Municipal	<p>As administrações municipais não tem ainda uma estrutura capacitada, tanto em termos institucionais, jurídicos, físicos e financeiros, bem como de recursos humanos, voltada para a gestão dos recursos hídricos necessários para a boa gestão ambiental urbana. Resume-se, quando muito, às autarquias água e esgoto que são gerenciadas de modo tradicional, pois, por exemplo, não cuidam dos mananciais. Quando um se inviabiliza, procura-se outro a qualquer custo. A drenagem urbana é negligenciada, agraciada apenas com o mínimo necessário. Embora haja superávit em algumas autarquias municipais, não se investe em melhoria quantitativa e qualitativa, não se sai da abordagem tradicional de vender um produto ou serviço, simplesmente.</p>	<p>É necessário estruturar institucionalmente, técnica, jurídica e financeiramente a administração municipal para se capacitarem para uma gestão integrada dos recursos hídricos, em si, e em consonância com a política de desenvolvimento urbano que exige os tempos modernos, que incorporam os conceitos de desenvolvimento sustentável e de cidades saudáveis. Isso envolve não apenas a reestruturação das autarquias municipais de água e esgoto mas também, por exemplo, a da secretaria municipal de obras, planejamento, meio ambiente, entre outras e, principalmente, de modo integrado, incluindo as diversas esferas governamentais pertinentes. É necessária a participação pública efetiva para a vigilância da eficácia e eficiência do Estado, mas também para disseminação da educação, da consciência ambiental e do saber de alguns poucos para todos.</p>

Cont. Tabela 2

ITEM	Situação Atual	Situação desejada
Saneamento básico	As águas sempre são preteridas na expansão das cidades. A solução sempre é de buscar a água para abastecimento mais longe quando esta se torna escassa no sítio e sempre se intensifica o seu tratamento, não se importando com as origens de sua poluição. Os cursos de água sempre são o destino final de águas residuárias sem tratamento. A drenagem natural das águas pluviais sempre é negligenciada, como possível sempre de ser resolvida pela engenharia urbana tradicional.	É imprescindível uma gestão integrada dos recursos hídricos compatíveis com o desenvolvimento sustentável no qual se preserve a qualidade da água, quaisquer que sejam os seus usos urbanos, se trate às águas usadas nas funções urbanas e se respeite o movimento das águas, minimizando o máximo, modificações nos seus parâmetros do ciclo hidrológico. É bem vindo, inclusive, um processo de renaturalização, principalmente naqueles episódios que a natureza procura retornar o seu estado natural.

Fonte: Braga e Carvalho (2003) adaptado pelo autor

2.2.2 Processos erosivos

Os processos erosivos estão presentes nas áreas urbanas e rurais, apesar da tecnologia hoje existente para o seu combate, constituindo-se não só em um problema ambiental, mas também num problema de cunho político, econômico e social.

A erosão urbana, segundo Pontes (1976), é caracterizada pelo desequilíbrio do solo, pela água e declividade que, quando integrados, possibilitam a formação de erosões de magnitudes diversas, sendo elas a superficial ou laminar, em sulcos e ravinas e, por fim, voçorocas. Estas erosões urbanas são caracterizadas por Pontes (op. cit.) da seguinte forma:

- ✓ Erosão superficial ou laminar é determinada pela ação laminar das águas pluviais, que transportam material constituinte da camada superficial do solo pela ação do escoamento superficial em terrenos abertos, evidenciado-se pelo rebaixamento da área.

- ✓ Erosão em sulcos e ravinas são formas produzidas pelo escoamento concentrado das águas superficiais ao longo de linhas de drenagem potencializadas, com transporte de solo. Inicialmente rasos, os sulcos se alargam e se aprofundam gerando formas maiores denominadas de ravinas. A evolução dessas formas leva à voçoroca, que representa um processo grave de erosão acelerada.
- ✓ Voçoroca é resultado do aprofundamento da ravina até o lençol freático e o seu alargamento, alcançando dimensões não encontradas em processos erosivos por ravinamento.

A erosão de modo geral, segundo IBRASA (1991), se apresenta com diferentes características, impostas pelo agente erosivo, que desagrega o material consolidado do solo e da rocha, que transporta e deposita os respectivos sedimentos em outros locais. A principal forma de erosão encontrada na Região Noroeste do Estado do Paraná é aquela ocasionada pela água das chuvas (erosão hídrica pluvial) e dos rios (erosão hídrica fluvial).

Para Guerra (2005), o estágio inicial da erosão acontece com a desagregação das partículas do solo que é dependente da pluviometria. A distribuição das chuvas durante o ano, no que se refere a quantidade e a intensidade dos eventos, é importante para o desenvolvimento do processo erosivo.

Com o desenvolvimento urbano, ocorre à impermeabilização do solo, através de construções de pavimentos, calçada e edificações, fazendo com que ocorra a redução da infiltração. O excedente hídrico de superfície passa a escoar pela microdrenagem e pelas galerias pluviais, aumentando o escoamento superficial da macrodrenagem e, portanto, exigindo maior capacidade das seções naturais de escoamento (FRENDRICH, 1984; TUCCI et al., 1995).

A erosão de um canal, sem revestimento, segundo Pontes (1976), depende da força de arraste da corrente de água (energia cinética) em termos de desagregação, transporte e deposição dos materiais. Caso a energia seja maior que a mínima necessária para tal desagregação e transporte, irá ocorrer a erosão e o talvegue continuará sendo rebaixado. Em caso contrário poderá ocorrer o assoreamento do canal principal. A estabilidade do canal é caracterizada na linha do

talvegue. Quando está em equilíbrio, a força de arraste é igual à força para realizar o transporte da carga já encontrada na corrente (DERPSCH et al., 1991).

Os processos erosivos apresentam-se com maior frequência em áreas urbanas, decorrente da maior concentração de águas pluviais e terrenos desprotegidos ou sem alguma proteção natural. Tais processos devem ser identificados logo no início de suas atividades para que possam ser realizadas correções sem grandes custos e perdas de solo (DERPSCH et al., op. cit).

O sistema de controle de erosão urbana é composto por obras que minimizam os impactos, conduzindo as águas pluviais coletadas na microdrenagem de maneira segura e eficiente, garantindo a estabilidade da macrodrenagem ou mesmo, em situações em que se queira reverter e controlar o avanço dos processos erosivos, garantindo a estabilidade do canal, a montante e a jusante e, também do ponto de descarga dos emissários de águas pluviais, desta forma, evitando-se o colapso do próprio sistema de controle (FRENDRICH, 1984).

2.2.3 Erodibilidade e Erosividade

A erodibilidade e a erosividade, segundo Nogami (1995), são os principais fatores a serem considerados na erosão hídrica, “cujo agente principal é a ação da água de chuva que cai sobre a superfície do solo, e o eventual efeito por ela causado nessa superfície e adjacências.” Na Tabela 3, relacionam-se os principais fatores, conceituação e características dependentes a serem considerados no processo da erosão hídrica.

A erosividade é dependente do agente causador, que neste estudo são as chuvas. Lal (1988) define a erosividade das chuvas como sendo a capacidade potencial em causar erosão, por meio do impacto das gotas das águas pluviais e do escoamento pela camada superficial do solo.

Ainda segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005) e Morgan (1995), a erosividade é o resultado da ação da energia cinética total e da intensidade exercida pela chuva em um determinado terreno, podendo desta forma, o potencial erosivo ser significativo ou não.

A erodibilidade corresponde à resistência do solo em ser removido e transportado. A erodibilidade se relaciona às condições físicas e de estrutura do solo. Frequentemente esse parâmetro é utilizado como indicador geotécnico e de planejamento, na análise do potencial de ocupação da terra e estimativa da perda de solo. A composição granulométrica do solo também possui correlação com os processos erosivos.

Tabela 3 - Principais fatores, conceituação e características dependentes a se considerar na erosão hídrica

FATORES NA EROSIÃO HÍDRICA	CONCEITUAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DEPENDENTES
ERODIBILIDADE	É a suscetibilidade de um solo à ação erosiva atuante sobre ele	Granulometria e constituição mineralógica e química Estrutura e macrofábrica Permeabilidade e infiltrabilidade Coesão
EROSIVIDADE	É a força erosiva da chuva, que atua, sobretudo, pelo impacto das suas gotas e pela lâmina de água corrente que ela produz, na superfície atingida e nas adjacências	Impacto das gotas das chuvas Erosão laminar Erosão por sulcamento
GEOMETRIA DA SUPERFÍCIE	A erosão é nula em uma superfície horizontal e se amplia com o aumento da inclinação do terreno e comprimento da bacia	Inclinação do terreno Comprimento da bacia
PROTEÇÃO SUPERFICIAL	Esta pode ser vegetal ou de outra natureza, desde que contribua na efetiva proteção à erosão	Proteção ao impacto direto das gotas das chuvas Formação de superfície mais permeáveis e resistente ao fluxo d'água Reservatório temporário das gotas iniciais das chuvas, diminuindo a quantidade de água efetivamente atuante na superfície do terreno

Fonte: Nogami (1995) organizado pelo autor

Bigarella (2003), constatou que os solos do Noroeste do Paraná se apresentam com susceptibilidade variável em relação aos processos erosivos, sendo os mesmo classificados e apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Susceptibilidade erosiva dos solos do Noroeste do Paraná

INTENSIDADE DA SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA	TIPOS DE SOLOS DO NOROESTE DO PARANÁ
Muito Forte	Solos Litólicos (<i>Re4</i>)
Forte	Areias Quartzosas (<i>AQ1, AQ2 e AQ4</i>); Podzólico Vermelho Amarelo abrupto (<i>PE2</i>); Brunizem Avermelhado (<i>RE10</i>)
Moderada	Parte dos solos: Latossolo Vermelho Escuro textura média (<i>LEd2, LEe2, Lea1 e Lea5</i>); Terra roxa estruturada (<i>TRe3</i>); Podzólico Vermelho Amarelo textura média (<i>PV3</i>)
Ligeira	Parte do solo Latossolo Vermelho Escuro textura média (<i>LEd2</i>); Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa (<i>LEd1</i>); Parte do solo Latossolo Vermelho Escuro textura média (<i>LEe2</i>); Parte do solo Latossolo Vermelho Escuro textura média (<i>Lea5</i>); Latossolo Roxo (<i>LRe1, LRd1, LRd2 e LRa5</i>); Areia Quartzosa (<i>AQ3</i>); Solo Hidromórfico Gleizada (<i>HG1</i>); Solo Aluviais (<i>Ae e Ad</i>)
Nula	Solos Hidromórficos gleizados (<i>HQ1</i>); Solos Aluviais (<i>Ae e Ad</i>)

Fonte: Bigarella (2003)

A perda de solo está diretamente relacionada com o uso do solo, sua cobertura, o estágio de crescimento da cultura ou ainda se o solo está exposto ou não (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005). A erosão altera a espessura de solo natural existente. Sendo esta espessura relacionada aos fatores climáticos e geológicos, onde, por sua vez, a presença de água e de temperatura é importante. Os fatores apresentados favorecem e ou potencializam a erosão, estas ainda, podem estar relacionadas à erosividade ou à erodibilidade conforme observado na Figura 1 (BIGARELLA, op. cit).

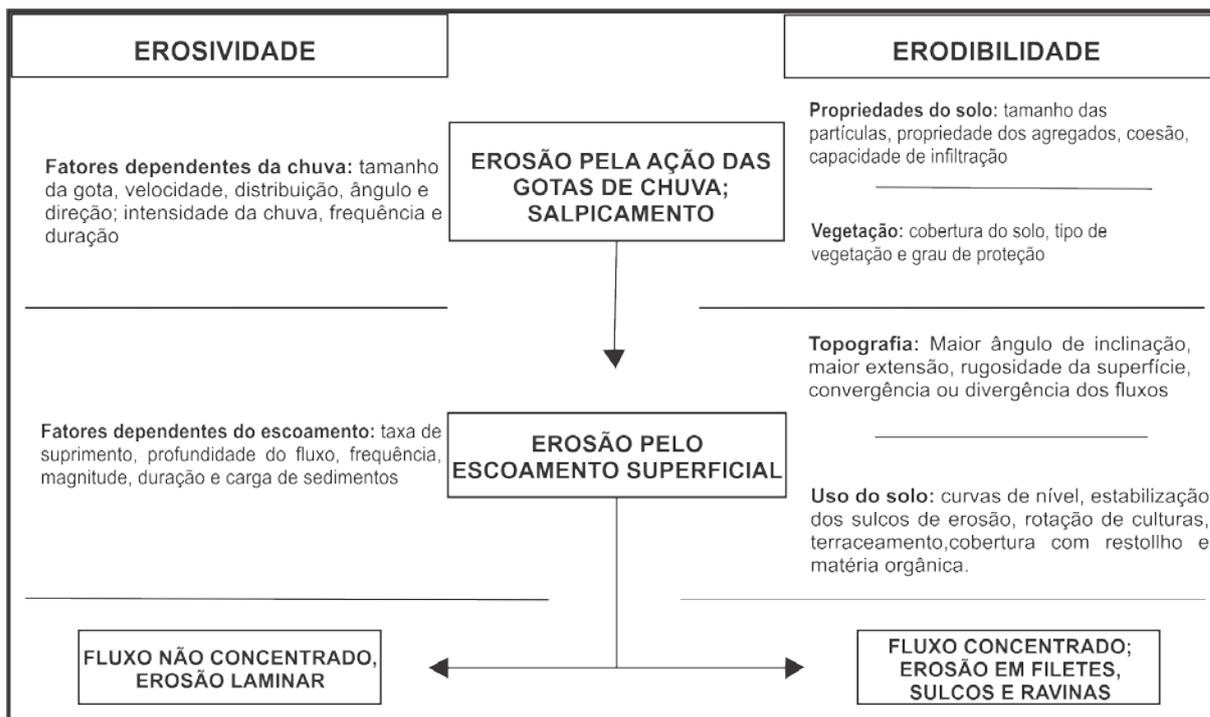


Figura 1 - Fatores relacionados à erosividade e à erodibilidade do solo
Fonte: Bigarella (2003)

Segundo Pejon (1992), a erodibilidade dos materiais inconsolidados está relacionado com a destacabilidade e transportabilidade das partículas. Os solos finos, não arenosos, devido à força entre as suas partículas são, menos susceptíveis a erosão, no entanto quando desencadeado o processo, tais solos são transportados com extrema facilidade.

Diversos estudos foram realizados com o objetivo de relacionar o potencial erosivo com a textura e erodibilidade dos solos. Souza et al. (2005), realizaram estudos com solos do Norte do Paraná, cujos resultados indicam que os Latossolos areno-argilosos possuem índices mais favoráveis aos processos erosivos do que os Latossolos argilosos.

Em menor escala, no estudo da erodibilidade e erosividade, a vertente se constitui em um dos principais fatores a ser considerado na análise de causa e efeito. As formas do relevo determinam como os processos podem estar distribuídos espacialmente. A declividade, o comprimento de rampa e a forma da vertente, determinadas pela forma do relevo, influenciam a infiltração da água no solo.

Quando a quantidade de água precipitada excede àquelas interceptada, evaporada, armazenada, de infiltração e por fim de retenção superficial, começa haver escoamento superficial também denominado de *runoff* (CREPANI et al., 2004).

Este processo é o que acarreta a erosão laminar, com o carreamento das partículas do solo por intermédio do fluxo de água que escorre sobre as vertentes. O processo de transporte e deposição de sedimento acarreta diversas implicações tais como: o carreamento de poluentes agregados ou não às partículas, a perda de qualidade da água destinada ao consumo humano, o desequilíbrio dos ecossistemas em virtude da turbidez, o assoreamento de reservatórios e ainda mudanças na geometria do canal fluvial.

Visto que todos estes problemas influem sensivelmente em impactos ambientais e sociais, o planejamento de bacias hidrográficas deve também contemplar a dinâmica hidrossedimentológica (SILVA et al. 2004, CHRISTOFOLETTI, 1995 e KIRKBY, 1980).

Conforme descrito por Canil (2006), é necessário avaliar o comportamento da chuva como agente desencadeador de processos morfodinâmicos, no que se relaciona com a erosão, o transporte de sedimentos, o assoreamento e as inundações. Parâmetros como intensidade, magnitude e frequência das chuvas são importantes na deflagração e evolução de processos erosivos. A intensidade acelera os processos morfodinâmicos, no entanto, estes processos estão associados diretamente às características do relevo, tais como, forma e declividade das vertentes, formação e arranjo dos solos e, por fim, as formas, interações e intervenções de uso e ocupação do solo.

Para a autora, os fatores climáticos assumem grande importância na condicionante da construção e reconstrução das formas de relevo.

Quando da análise de áreas urbanas os eventos pluviais concentrados, devem ser considerados no âmbito têmporo-espacial e inclusive com a análise específica dos episódios considerados críticos e recorrentes (SANT' ANNA NETO, 1995; CABRAL, 2004).

2.3 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Para viabilizar o uso e a ocupação do solo de uma região é necessário obter conhecimento do meio físico e verificar como o ambiente reage às pressões antrópicas impostas, assim como o grau de suporte a essas pressões, determinando-se desta forma a fragilidade que posteriormente resultará na vulnerabilidade da região (GRIGIO, 2003).

Segundo Ross (1991), “as cidades são áreas onde vivem a grande maioria dos homens nos países ou nas regiões que se industrializam e mecanizam as atividades agrícolas”. A intensa apropriação da superfície terrestre por diferentes grupos sociais, tanto rurais quanto urbanos, sem atentar para as leis do uso do solo e, ainda, a deficiente ou inexistente fiscalização por parte dos órgãos públicos, faz com que haja desequilíbrio e degradação do meio natural e urbano e, conseqüentemente, do funcionamento das bacias hidrográficas, que originalmente evoluíam em condições de bioestasia ou fitoestasia (TRICART, 1977; PENTEADO, 1980; BÓLOS, 1992; ROSS, op. cit).

Para Costa et al. (2006), o conceito de vulnerabilidade “consiste em qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades que estão ocorrendo ou que venham a ocorrer, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre”.

Pode ainda ser conceituada como a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por uma ação antrópica qualquer. O sentido dado ao termo susceptibilidade se refere ao quão frágil são os fatores preponderantes ao ambiente, quanto a modificações ou aquisição de qualidades diferentes das que já possuía (TAGLIANI, 2003; GRIGIO, op. cit).

Neste sentido, na conceituação de vulnerabilidade, Porto (2005) se alinha aos autores que consideram a sua associação com os desastres naturais ou sociais. Evidencia-se em tudo isto a intervenção antrópica de população e a capacidade do meio físico em observar os impactos decorrentes de ações de risco.

Segundo Spörl e Ross (2004), os estudos relativos à fragilidade ambiental, através das determinações das fragilidades potenciais de ambientes naturais, são de considerável importância para o planejamento ambiental, tocante a proposição de diretrizes e as ações para ordenamento territorial. Existem várias metodologias que são utilizadas em estudos de fragilidades e de vulnerabilidade. Os autores acima discutem, apresentam e comparam três métodos de uso corrente no Brasil, sendo destes, dois desenvolvidos por Ross (1994) e outro por Crepani et. al. (2001).

Estes três modelos, propostos por Ross (op. cit) e Crepani et. al. (op. cit), estão relacionados a aspectos relevantes oferecidos por produtos cartográficos temáticos, atrelados à utilização de Sensoriamento Remoto. Estes modelos têm sido adotados por determinados autores, sendo estes procedimentos metodológicos organizados e expostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Procedimentos metodológicos adotados por Ross (op. cit) e Crepani et. al. (op. cit)

Ross (op. cit.)	Crepani et. al. (op. cit.)
<ul style="list-style-type: none"> • Carta geomorfológica, atrelada à análise genética, como produto intermediário para a construção da carta de fragilidade; • Carta de solos que tem como critérios a textura, plasticidade, estrutura, grau de coesão das partículas, espessura dos horizontes superficiais e sub-superficiais; • Carta de uso e ocupação do solo produto intermediária de grande importância para a avaliação do grau de proteção atual do solo; • Caracterização climática tendo como dados fundamentais e de maior relevância a intensidade e distribuição das chuvas; • Classificação do grau de vulnerabilidade através da hierarquização e correlação das variáveis acima descritas em cinco classes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidade homogênea elaborada com auxílio de interpretação de imagem de satélite, diferenciando os seguintes padrões: cor, textura, forma e também padrão de drenagem e relevo; • Associação de variáveis adquiridas através de mapas temáticos com o mapeamento preliminar das Unidades Homogêneas para confecção e caracterização das unidades de paisagem; • Classificação do grau de vulnerabilidade e estabilidade de cada uma das unidades ambientais expressa, através da atribuição de valores de estabilidade adotados de 1 a 3 para cada unidade classificada.

Fonte: Spörl (2007)

Segundo Spörl (op. cit), os modelos propostos por Ross (op. cit) e Crepani et. al. (op. cit) são embasados nos conceitos de ecodinâmica trabalhado por Tricart (1977), baseados na avaliação de modelos das unidades da paisagem. Os modelos das unidades de paisagem, que determinam os graus de instabilidade ambiental de

uma determinada região, conceitualmente se baseiam na pedogênese, morfogênese e nos aspectos sinóticos adquiridos através da interpretação de dados obtidos por meio de Sensoriamento Remoto. A tais unidades foram atribuídas três categorias de classificação, sendo elas: meios estáveis, intergrades e fortemente instáveis e como produto desta classificação é elaborada uma carta ecodinâmica.

Na natureza, segundo Tricart (1977), o equilíbrio dinâmico se processa pela troca de energia e de matéria. Neste sentido, as classificações das unidades da paisagem se desenvolvem da seguinte maneira: áreas em que prevalecem os processos pedogenéticos entendidas como estáveis, áreas em que predomina a morfogênese, consideradas instáveis, e por fim quando da existência de um equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, as áreas são consideradas de estabilidade intermediária.

Na operacionalização técnica dos modelos propostos por Ross (1994) e Crepani et al. (2001) são utilizadas as variáveis relacionadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Variáveis utilizadas em cada um dos procedimentos técnicos-operacionais

METODOLOGIAS	Índice de dissecação do relevo (Ross, 1994)	Classes de declividade (Ross, 1994)	UTB'S* (Crepani et. al., 1996)
Variáveis			
Índice de dissecação do relevo	X		X
Declividade		X	
Solo	X	X	X
Cobertura Vegetal	X	X	X
Rocha			X
Clima	X	X	X

* Unidade Territorial Básica Fonte: Spörl e Ross (2004)

Segundo Spörl (2007), existem dois tipos de modelos relacionados à fragilidade ambiental, os qualitativos e os quantitativos. Os modelos qualitativos são empíricos, sendo os mesmos associados a experimentos e à vivência adquirida pelos pesquisadores, procuram responder indagações envolvendo a origem, a evolução, as condicionantes e os mecanismos de processos erosivos. Já os modelos quantitativos são embasados em medições e experimentos, quase sempre ligados aos levantamentos em campo, buscando determinar e estimar os fenômenos atribuídos à erosão, normalmente relacionados à perda de solo.

Os modelos de fragilidade contemplam a utilização de variáveis geológicas, pedológicas, geomorfológicas, climáticas e de uso e ocupação do solo, sendo de importância para o ordenamento territorial. Estes modelos têm como procedimento o mapeamento de síntese em escala, que permite a identificação do solo quanto à vulnerabilidade. Esses modelos são úteis no planejamento territorial, quanto ao desenvolvimento econômico atrelado ao uso racional dos recursos naturais (SPÖRL, 2007).

Ross (1994) discute e reavalia as variáveis consideradas na análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Toma como referência a fragilidade potencial, que se relaciona com as condições naturais da paisagem (substrato rochoso, clima, solo e declividade), e a fragilidade emergente, que se relaciona não só com a fragilidade potencial, mas também com a ação antrópica (uso e ocupação do solo). Na avaliação da fragilidade a influência de cada variável em si é quantificada por um coeficiente numérico, sendo o mesmo relacionado em cinco categorias de fragilidade, sendo elas: muito baixa, baixa, média, alta, muito alta.

Os coeficientes numéricos, relacionados aos processos morfogenéticos e atrelados ao Sensoriamento Remoto e à Cartografia, segundo ainda o autor, permitem a elaboração de mapas de fragilidade potencial. Adicionados aos mapas de fragilidade potencial as condições de uso e ocupação do solo, elaboram-se o mapa de fragilidade emergente, podendo, desta maneira, ser evidenciadas as áreas que se apresentam vulneráveis pela ação antrópica.

Crepani et al. (2001), de maneira diferenciada de Ross (op. cit), propõe uma metodologia específica para a determinação de índice de vulnerabilidade ambiental, considerando a influência das condições ambientais e antrópica. Estes índices de vulnerabilidade ambiental, inclusive com a devida classificação, são apresentados na forma de mapa, para a área de interesse.

2.4 ÁREAS PROTEGIDAS E ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO

Com o objetivo de assegurar as florestas naturais e demais formações florestais, o Código Florestal Brasileiro de 1965 (BRASIL, 1965), apresenta limitações para o uso e ocupação do solo tendo em vista o interesse comum de todos os habitantes do País. Com o intuito de se manter e preservar a função dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas, esta referida legislação estabeleceu as Áreas de Preservação Permanente - APP.

Além das funções explicitadas acima se atribuem às APP o amortecimento de impactos ambientais, o auxílio na defesa do território nacional e a manutenção das condições de bem-estar público. São incluídas como APP aquelas áreas situadas às margens dos corpos de água, assegurando-se o mínimo de:

- ✓ 30 metros para rios cuja largura seja inferior a 10 metros;
- ✓ 50 metros para rios cuja largura compreenda entre 10 e 50 metros;
- ✓ 100 metros para rios cuja largura compreenda entre 50 e 200 metros;
- ✓ 200 metros para rios cuja largura compreenda entre 200 e 600 metros;
- ✓ 500 metros para rios cuja largura seja superior a 600 metros.

Acrescentam-se à APP, as áreas ao redor de lagoas e reservatórios; as nascentes e banhados; os topos de morro, montes e montanhas; as encostas com declividade superior a 45%, as restingas, as bordas de tabuleiro e as altitudes superiores a 1.800 metros.

Outra medida para a manutenção de “manchas” florestais, excetuando-se as APP, é a conservação de Reservas Legais - RL. Essas áreas são instituídas também pelo Código Florestal Brasileiro de 1965 (BRASIL, op. cit), e são compostas por áreas determinadas na forma percentual da propriedade, sendo este percentual variável conforme o bioma de domínio. Neste caso deve ser mantido, em áreas localizadas na Amazônia Legal, 80% da vegetação natural, em áreas de Cerrado da

Amazônia Legal, 35% da vegetação natural e em demais regiões do país, 20% da vegetação natural.

As áreas de RL ainda poderão ser compensadas em outras áreas desde que os critérios pré-estabelecidos pelos órgãos reguladores sejam respeitados. Cabe ao órgão estadual ambiental competente a aprovação para a localização da RL. No caso de RL localizada em outro imóvel, o Estado do Paraná, pelo Decreto nº 387/99, exige o atendimento dos seguintes critérios (PARANÁ, 1999):

- ✓ Localização no estado do Paraná;
- ✓ Localização da RL na mesma bacia hidrográfica que o imóvel cessionário;
- ✓ Localização da RL no mesmo bioma que o imóvel cessionário;
- ✓ Localização da RL contida no mesmo Grupo de Municípios, conforme definido pela autoridade florestal na Portaria nº 233/04.

Contudo o resguardo dessa área na propriedade não impede seu uso uma vez que na RL são permitidas atividades agrícolas regulamentadas, desde que com manejo adequado e específico.

Outra forma de manutenção dos recursos florestais com suas respectivas fontes de biodiversidade é a criação das Unidades de Conservação - UC. Estas unidades são geograficamente definidas, têm as águas jurisdicionais inclusas e são administradas dentro do objetivo da conservação e proteção das mesmas.

A Lei Federal 9.985/00 regulamenta o Sistema Nacional de Unidades de Conservação constituído por UC federais, estaduais e municipais (BRASIL, 2000).

As UC podem ser divididas em dois grupos principais, i) Unidades de Proteção Integral e; ii) Unidades de Uso Sustentável. As unidades de conservação pertencentes ao primeiro grupo se caracterizam pelo uso indireto, como atividades de pesquisas científicas, já às do segundo grupo credita-se o uso sustentável de seus recursos, como em alguns casos o extrativismo assegurado pelo Plano de Manejo que rege a administração da UC.

As Unidades de Proteção Integral são compostas pelas seguintes categorias: Estação Biológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Nacional e Refúgio da Vida Silvestre. E as Unidades de Uso Sustentável compreendem as Áreas de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta

Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

O art. 9º da lei nº. 6.938/81, em seu inciso II, cita o zoneamento ambiental como sendo um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Este inciso é regulamentado pelo Decreto nº. 4.297, de 10 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE do Brasil que estão objetivados de forma geral no seu art. 3º:

Art. 3º. O ZEE tem por objetivo geral organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Parágrafo único. O ZEE, na distribuição espacial das atividades econômicas, levará em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais.

Nestes termos o Decreto nº 6.288/07 (BRASIL, 2007), incluiu o art. 6º-A no Decreto nº 4.297/02 (BRASIL, op. cit), que determina as escalas do produto final para o ZEE. Este art. 6º-A, em seu inciso IV, cita que para escalas locais a escala adotada deve ser maior ou igual a 1:100.000, conforme o contido no parágrafo 1º, inciso III.

III - nas escalas locais de 1:100.000 e maiores, para indicativos operacionais de gestão e ordenamento territorial, tais como, planos diretores municipais, planos de gestão ambiental e territorial locais, usos de Áreas de Preservação Permanente, nos termos do art. 4º da Lei nº 4.771, de 1965.

O art. 12º do Decreto 4.297/02 (BRASIL, op. cit), apresenta o conteúdo mínimo a ser considerado no zoneamento, sendo os mesmos apresentados nos incisos: I - diagnóstico dos recursos naturais, da socioeconômica e do marco jurídico-institucional; II - informações constantes do Sistema de Informações Geográficas; III - cenários tendências e alternativos; e IV - Diretrizes Gerais e Específicas, sendo este último especificado nos termos do art. 14º deste mesmo Decreto.

O inciso I do art. 12º do Decreto 4.297/02 (BRASIL, op. cit), se refere ao diagnóstico, que é de suma importância para o ZEE. O diagnóstico em si tem seu conteúdo detalhado nos incisos do art. 13º, com a seguinte redação:

I - Unidades dos Sistemas Ambientais, definidas a partir da integração entre os componentes da natureza;

II - Potencialidade Natural, definida pelos serviços ambientais dos ecossistemas e pelos recursos naturais disponíveis, incluindo, entre outros, a aptidão agrícola, o potencial madeireiro e o potencial de produtos florestais não-madeireiros, que inclui o potencial para a exploração de produtos derivados da biodiversidade;

III - Fragilidade Natural Potencial, definida por indicadores de perda da biodiversidade, vulnerabilidade natural à perda de solo, quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

IV - indicação de corredores ecológicos;

V - tendências de ocupação e articulação regional, definidas em função das tendências de uso da terra, dos fluxos econômicos e populacionais, da localização das infra-estruturas e circulação da informação;

VI - condições de vida da população, definidas pelos indicadores de condições de vida, da situação da saúde, educação, mercado de trabalho e saneamento básico;

VII - incompatibilidades legais, definidas pela situação das áreas legalmente protegidas e o tipo de ocupação que elas vêm sofrendo; e

VIII - áreas institucionais, definidas pelo mapeamento das terras indígenas, unidades de conservação e áreas de fronteira.

O Decreto nº. 4.297/02 (BRASIL, 2002), ainda determina, em seu art. 20º, que para o planejamento e a implementação de políticas públicas, bem como para o licenciamento, a concessão de crédito oficial ou benefícios tributários, ou para a assistência técnica de qualquer natureza, as instituições públicas ou privadas observarão os critérios, padrões e obrigações estabelecidos no ZEE, quando existir, sem prejuízo dos previstos na legislação ambiental.

Vindo ao encontro da temática, a Lei Federal nº. 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000), traz em seu art. 2º, inciso II, o conceito de conservação da natureza como sendo: “o manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural, para que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer às necessidades e aspirações das gerações futuras, e garantindo a sobrevivência dos seres vivos em geral”. Desta forma fica claro que a conservação da natureza é um termo que se refere à exploração racional que, segundo a legislação ambiental, dentre seus aspectos técnicos e preceitos éticos deve-se manter a natureza em condições adequadas para o uso das atuais e

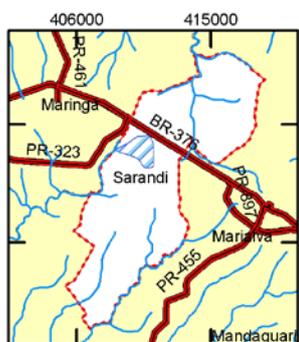
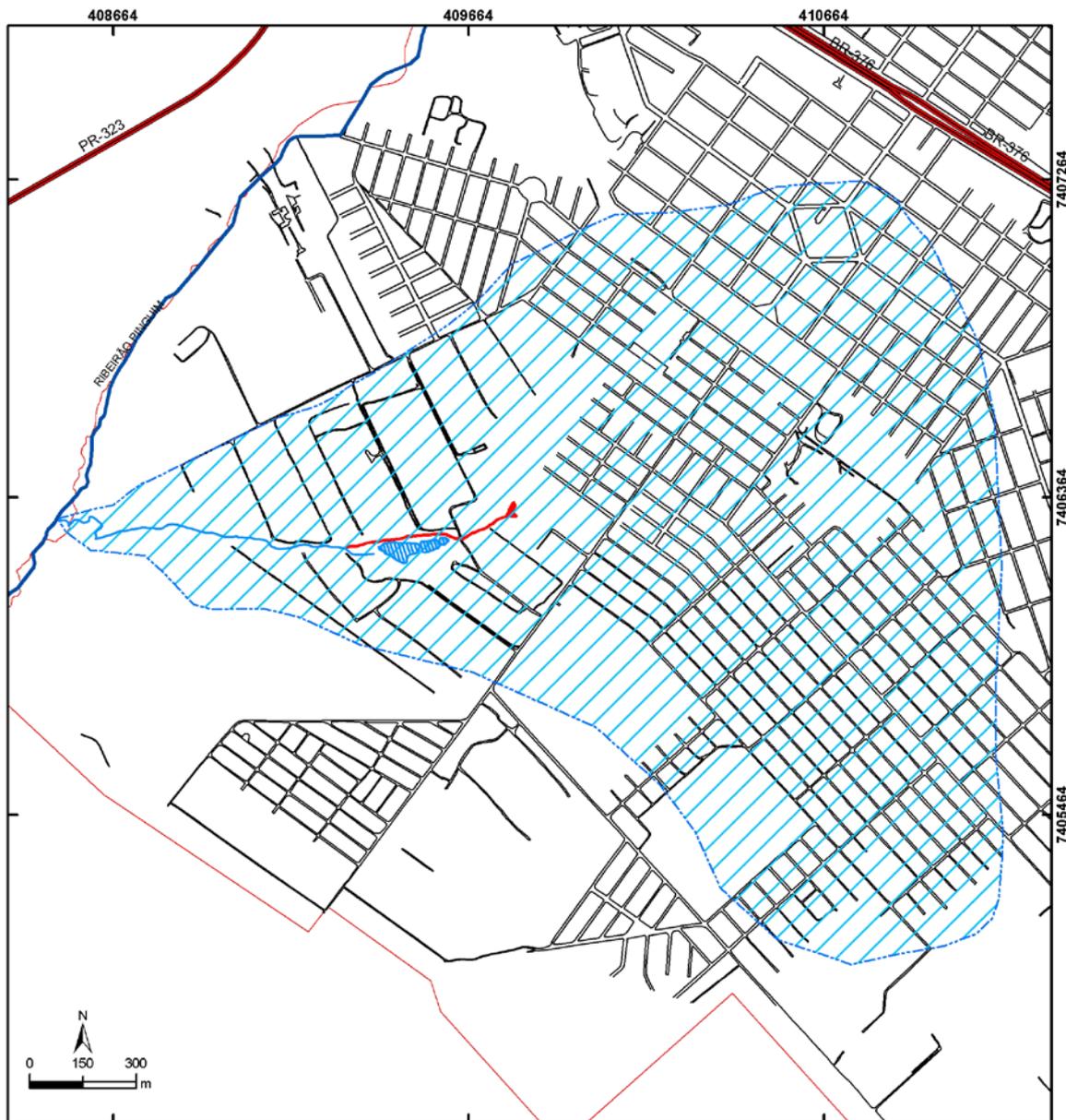
futuras gerações. A legislação ambiental em si simboliza um instrumento que visa minimizar a degradação ambiental e os impactos negativos, sejam eles urbanos ou rurais.

É comum, segundo Meneguzzo e Chaicouski (2010), encontrar conceitos em trabalhos técnico-científicos que divulgam de forma errônea os termos acima descritos, principalmente em documentos e noticiários jornalísticos, que visam primordialmente o linguajar popular ou linguagem coloquial na difusão de suas informações, que de forma simplista transmitem com uma conotação preservacionista e não a racional.

3 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ

O córrego Mauá localiza-se na porção Sul do Brasil, estado do Paraná, na Mesorregião Norte Central Paranaense, Microrregião de Maringá, Município de Sarandi. Este curso da água é compreendido pelo limite territorial demarcado pela bacia do Córrego Mauá devido ao seu corpo hídrico apresentar a mesma nomenclatura, da qual é afluente de primeira ordem do ribeirão Pinguim, sendo os mesmos pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ivaí. Devido à conjuntura ocupacional urbana, a bacia do córrego Mauá tem forte influência na morfologia da porção sul da cidade de Sarandi, vide Figura 2.

A bacia do córrego Mauá está situada na porção oeste do município de Sarandi e possui uma área de 3,21km², enquadrada entre as coordenadas UTM e Geográficas long.1 – 408500m (51°53'9.14"O) e lat.1 – 7407250m (23°27'2.17"S); long.2 – 411200m (51°52'10.08"O) e Y2 – 7405000m (23°27'45.39"S), tendo o curso do leito do córrego o sentido Leste – Oeste.



Hidrografia

-  Córrego Mauá
-  Ribeirão Pinguim
-  Bacia do Cór. Mauá
-  Erosão Urbana por Voçorocamento
-  Quadras
-  Sede - Sarandi
-  Rodovias

Base cartográfica: IBGE, 2007
ITCG, 2006
PMS, 2008

Sistema de Projeção
UTM SAD 69 fuso 22 S

Elaboração: Do autor (2011)

Figura 2 - Mapa de localização da bacia do córrego Mauá, Sarandi/PR

3.1 BREVE HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SARANDI

O processo de ocupação do município de Sarandi, Paraná, está vinculado à frente de ocupação norte pioneira paranaense que ocorreu do final do séc. XIX do meado do séc. XX, com a vinda de colonizadores paulistas e mineiros. Tal fato ocorreu em função da política de colonização do norte paranaense, a qualidade das terras e a difusão destas informações em meio aos cafeicultores do estado de São Paulo.

O modelo de colonização da Companhia Melhoramento Norte do Paraná - CMNP adotada no norte paranaense constituído de solo do tipo “terra roxa” e igualmente implantado no noroeste paranaense constituído de solo arenoso, levou à destruição acelerada das florestas naturais. Esse modelo, o qual predominava a implantação de pequenas propriedades e que utilizava todos os espaços produtivos, inclusive aqueles que deveriam ser de proteção permanente conduziu à redução da flora e fauna, gerando degradação dos solos e dos recursos hídricos (BATALIOTI, 2004).

Recentemente este processo vem sendo agravado pelo desenfreado crescimento urbano e rural, favorecido pela mecanização da agricultura, baseada na produção de grãos (soja, milho e trigo) e pastagens. A utilização indevida de agrotóxicos neste tipo de atividade vem prejudicando a qualidade de vida da população local e levando essas áreas a sofrerem intensos processos de degradação ambiental.

Segundo a CMNP (1977), a chegada do café na região Norte do Paraná se deve a alta produtividade alcançada pelo produto em contato com a “terra roxa” na região de Campinas – SP e a queda de produtividade devido ao esgotamento do solo na maioria das regiões de São Paulo e Minas Gerais. Segundo Cancian (1981), a frente cafeeira avançou para o Paraná no final do século XIX e início do século XX, primeiramente pelo Norte Pioneiro (ou Norte Velho) desde os limites com São Paulo até o rio Tibagi, seguindo na década de 1930 para o Norte Novo, desde o rio Tibagi até o rio Ivaí, desenvolvendo-se em plena crise de 1929, com baixos preços e

grande produção nacional do produto. Chega ao Norte Novíssimo e parte do extremo oeste, entre as décadas de 1940 e 1960 quando finalizava a expansão cafeeira no norte paranaense.

Segundo Fresca (2004), o processo de gênese das cidades no Norte do Paraná é dividido em três etapas. A primeira etapa (1850 a 1899) é caracterizada pela ocupação da porção extrema do leste da região Norte Paranaense através das grandes posses lideradas por mineiros que praticavam a agricultura de subsistência e a criação de suínos. Neste período, a fundação de cidades estava vinculada a fazendeiros que cediam parte de suas terras ao futuro núcleo urbano, havendo também a presença do Governo Imperial através da fundação de núcleos estrategicamente localizados.

Com o declínio do modelo de produção cafeeira paulista, os baixos preços do café no mercado internacional, a proibição do plantio de café em São Paulo e a notícia da existência de terra boa e barata no Estado do Paraná, aliados aos valores de indenização da produção perdida e a venda das propriedades rurais paulistas fizeram com que os produtores de café transpusessem o rio Tibagi em direção ao oeste, desbastando a mata virgem, instalando suas propriedades e introduzindo nesta região o cultivo de café, sendo isto caracterizado como início da segunda etapa (FRESCA, op. cit).

A mesma autora analisa que a segunda etapa (1900 a 1929), com a ocupação avançando em direção ao oeste, é caracterizada pela cafeicultura, sendo este o elemento indutor da frente pioneira, constituindo-se na forma de colonato. Pode-se citar como cidades características deste período Sertanópolis, Alta Sorocaba, Primeiro de Maio, entre outras. Pertencem a este período também, as primeiras iniciativas de colonização e fundação de cidades através de loteamentos estruturados a partir da concessão de terras, em que a gênese das cidades está relacionada aos concessionários que previamente criaram a planta urbana e a divisão em lotes, tendo como exemplo, Faxinal, Manoel Ribas, entre outras.

A terceira etapa, que vai desde 1930 a meados da década de 1940, corresponde ao período de ocupação e fundação de cidades pelas companhias imobiliárias, tendo como principal exemplo, a Companhia de Terras Norte do Paraná - CTNP. Este período é caracterizado pelo predomínio absoluto e relativo das

pequenas e médias propriedades, sendo a fase de concretização da pequena produção mercantil no Norte do Paraná.

A última e atual etapa de ocupação se inicia em 1945, segundo Fresca (2004), sob a égide da iniciativa privada e da ação do estado. A Companhia Melhoramentos Norte do Paraná - CMNP, sucessora CTNP, se apresenta e lidera as ações loteadoras. Nesta época são fundadas as cidades de Umuarama, Cianorte, Maringá, entre outras. A pequena produção mercantil continua sendo a força socioeconômica deste período, porém, a ocupação começa a ter apoio da implantação de estradas de rodagens (FRESCA, op. cit).

Neste contexto o município de Sarandi surge como desmembramento dos municípios de Londrina, Apucarana, Mandaguari e por ultimo Marialva (TOY, 2010), onde segundo o IBGE (2001), foi elevado ao nível de município pela Lei Estadual N° 7.502, de 14 de outubro de 1981, e está inserido na Mesorregião Norte Central Paranaense e Microrregião de Maringá, tendo seus limites confrontados com os municípios de Maringá (Oeste) e Marialva (Norte, Sul e Leste), como pode ser verificado na Figura 3.

Segundo levantamento dos limites urbanos do município de Sarandi, conforme o Plano de Diretor do Município de Sarandi (SARANDI, 2009), todos os seus 103,68km² de extensão municipal estão divididos em 23,77km² de área urbana e 79,91km² de área rural. A área urbana é subdividida em três núcleos (Figura 3), sendo eles a i) Sede Municipal (art. 2° da Lei Complementar N° 214/09) com 19,65km² divididos em aproximadamente 85 bairros e quase a totalidade de equipamentos, mobiliários e infraestrutura urbana; ii) Distrito do Vale Azul (art. 3° da Lei Complementar N° 214/09) com 2,04km² e; iii) Condomínio de Chácaras Zauna (art. 4° da Lei Complementar N° 214/09) com 2,08km².

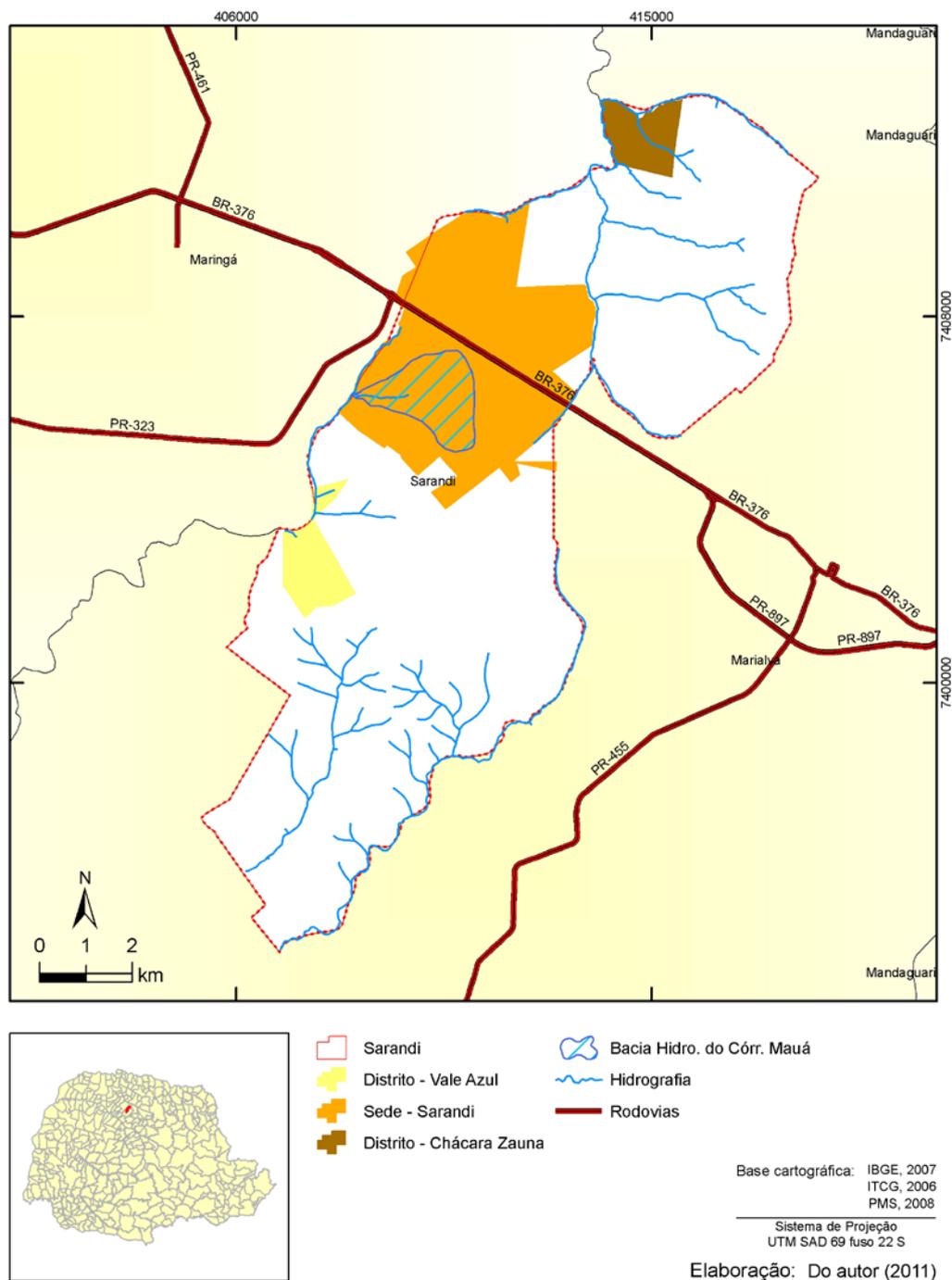


Figura 3 - Limite administrativo do município de Sarandi com as áreas da Sede e Distritos

Conforme constatado no Plano de Recursos Hídricos do Município de Sarandi (SARANDI, 2008), o planejamento urbano que devia incidir em todo território de Marialva, quando o município de Sarandi ainda era um distrito de Marialva, decorrentes das diretrizes de usos e ocupação do solo aplicado, de fato, não foi exercido no processo de controle e planejamento da expansão territorial

sarandiense. A carência de controle facilitou a implantação de uma malha urbana tipificada por um padrão de ocupação desarticulado, sem definição da hierarquia das vias de circulação e sem coesão territorial (SARANDI, 2009). Esta situação tem se agravado pelo dinamismo das empresas loteadoras e pela própria proximidade com a cidade de Maringá, com alto índice de polarização e apontada, na hierarquia de centros da rede urbana brasileira, como Centro Sub-Regional.

Nos anos de 1970, o distrito de Sarandi cresceu mais do que a média do Estado, situação essa acompanhada pela expansão territorial dos novos empreendimentos imobiliários, mantendo um baixo índice de ocupação, fato que pode ser verificado quando, em 2005, somente 55% do território urbano estava efetivamente ocupado (SARANDI, op. cit).

A distribuição dos equipamentos urbanos e a expansão da infraestrutura urbana, seja de redes de saneamento básico, como água tratada, esgotamento sanitário e galerias de águas pluviais, bem como a pavimentação das vias de circulação, tem contribuído com novas condições de qualidade ambiental.

3.2 MALHA URBANA DO MUNICÍPIO DE SARANDI

Segundo Sarandi (op. cit) o sistema rodoviário da mesorregião Norte Central é formado por dois grandes eixos (Figura 3). O primeiro constituído pela BR-376 cruza diagonalmente o estado do Paraná em direção a noroeste na fronteira com o Mato Grosso do Sul e é a principal ligação da mesorregião com a capital do Estado e com o litoral. O segundo eixo é representado pela junção das rodovias BR-369, PR-317 e BR-158, que fazem a ligação entre a mesorregião a norte com o Estado de São Paulo e a sudoeste com Cascavel, no oeste paranaense. Anteriormente conhecida como Rodovia dos Cereais, a BR-369 também faz parte do sistema concessionário. Inicia-se no território paranaense, no entroncamento com a BR-153,

na divisa entre Paraná e São Paulo, proveniente de Ourinhos-SP até São Pedro do Ivaí-PR, numa extensão total de aproximadamente 294km.

De modo geral, pode-se constatar que a qualidade das rodovias vem permitindo condições satisfatórias de tráfego, asseguradas, sobretudo, pelos compromissos das empresas concessionárias. Contudo, é particularmente elevado o ônus do pedágio, que representa um custo adicional e, em alguns casos, tende a se configurar em fator de desvantagem competitiva.

Já o sistema viário do município foi resumido satisfatoriamente em Sarandi (2009), no qual os principais problemas viários encontrados em Sarandi foram: 1) ausência de lei do sistema viário que determine a hierarquização e as seções para todo o sistema de arruamento do município; 2) irregularidade nas caixas de rolamento ou leito carroçável das vias; 3) descontinuidade ou ausência de calçadas em toda a malha urbana; 4) precariedade ou inexistência de pavimentação em várias vias urbanas; 5) ausência de sinalização horizontal e vertical adequadas nas vias urbanas.

O sistema viário da área rural encontra-se parcialmente cascalhado e em alguns trechos, a situação de conservação é crítica, pois o cascalho é apenas lançado sobre o solo não havendo nenhum tratamento da base ou compactação do cascalho, que com o fluxo de veículos acumulam-se nas laterais das estradas. Consequentemente, em dias chuvosos estes trechos e os trechos desprovidos de cascalho impedem ou dificultam o deslocamento dos moradores das comunidades rurais para outras partes do território municipal, não apresentando, ainda, quaisquer tipos de sinalização nas estradas rurais.

3.3 ASPECTOS FÍSICO, NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS

A caracterização dos aspectos físicos, sociais e econômicos é muito importante para o planejamento urbano, pois demonstra a evolução da paisagem e o perfil socioeconômico. Foram utilizados para tanto, como fonte de informações locais, os Planos Diretores já realizados, específicos em suas áreas, tais como, o Plano Diretor (SARANDI, 2009), o Plano de Recursos Hídricos do Município de Sarandi (SARANDI, 2008) e o Plano Municipal de Saneamento Básico (SARANDI, 2009), que descreveram os dados com muita clareza e coesão, podendo os mesmos ser encontrados na íntegra no texto original, arquivados na Prefeitura do Município de Sarandi, Paraná.

3.3.1 Aspectos físicos

3.3.1.1 *Substrato rochoso*

O município de Sarandi está localizado na porção norte do estado do Paraná pertencente ao Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1968), inserido nos domínios da Formação Serra Geral, da era Jurássico-Cretácea e representada por uma sequência vulcânica formada principalmente por derrames basálticos, de natureza toleítica e, subordinadamente, por riolitos, dacitos e riodacitos. As principais manifestações do vulcanismo Serra Geral, que são os derrames basálticos, possuem idades situadas entre 130 a 150m.a. (MARQUES, 1983; PICCIRILLO, et. al. 1988). Segundo Sarandi (2008), localmente, as rochas, apresentam-se recoberta

com o solo residual (alteração do basalto) com uma espessura máxima de 30 metros e manto de alteração da rocha entorno de 2 metros, conforme dados litológicos dos poços tubulares profundos do município, porém, em diferentes pontos, essa profundidade dos materiais inconsolidados é menor, podendo inclusive apresentar afloramento rochoso.

3.3.1.2 Solos

Os levantamentos, realizados por Sarandi (2008) e pela Embrapa (2006), registram como solos predominantes no município de Sarandi o Latossolo Vermelho Eutroférico, o Neossolo Litólico Eutroférico, o Nitossolo Vermelho Eutroférico, o Solo Coluvial de Fundo de Vale e por fim o Solo Hidromórfico Gleissolo. Estes solos, conforme classificação da EMBRAPA (2006), se apresentam com as seguintes características:

- ✓ Latossolo Vermelho Eutroférico é caracterizado por ser um solo em avançado estágio de intemperização, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Apresentam textura argilosa de fase floresta tropical perenifólia, em relevo suave ondulado.
- ✓ Neossolo Litólico Eutroférico, é um solo constituído por material mineral ou por material orgânico com menos de 30cm de espessura sobrejacente à rocha e está presente no relevo forte ondulado.
- ✓ Nitossolo Vermelho Eutroférico, compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítrico (reluzente) de argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa, presentes em relevo suave ondulado e ondulado.
- ✓ Coluvial de Fundo de Vale são solos desenvolvidos como resultado do modelado das vertentes da bacia hidrográfica incidente.

- ✓ Hidromórfico Gleissolo é um solo permanente ou periodicamente saturado por água. O processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido a compostos ferrosos resultantes da escassez de oxigênio causada pelo encharcamento, presentes no relevo plano de várzea.

3.3.1.3 *Clima*

A área está localizada na porção setentrional da região sul do país, apresentando certas dificuldades no que se refere à classificação do seu tipo climático. Devido sua latitude e altimetria a região se encontra em uma faixa de transição de clima tropical e subtropical, dominado por massa de ar equatorial, tropical e polar, sendo que a última interfere notavelmente na mobilidade do clima (SILVEIRA, 2003; MONTEIRO, 1968).

Segundo a classificação climática de Koeppen e Handrichs (1948), e IAPAR (1994), o clima da região é o subtropical úmido, pertencente a uma zona climática do tipo Cfa (clima mesotérmico úmido com verões quentes) com chuvas concentradas no verão, apresentando temperaturas que variam entre os meses mais frios, abaixo dos 18°C, e nos mais quentes, superior a 22°C, com raras geadas noturnas. Ainda, segundo Silveira (op. cit), a área apresenta periodicamente variação do clima Cfa para o Cwa (clima mesotérmico chuvoso com verões quentes), zona marginal tropical, apresentado como área de transição dos planaltos tropicais e subtropicais, matas pluviais, com características de anos periodicamente secos no inverno e culturas tropicais.

Na análise climática apresentada em Sarandi (2008), ressalta-se a importância da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese climática regional e no ciclo hidrológico, que por sua vez são importantes no desencadeamento de processos erosivos nas vertentes. Ressalta-se ainda que os sistemas climáticos

predominantes que atuam em escala regional e determinam as condições no Município de Sarandi e região, caracterizados em diferentes escalas, são os de maior frequência o Sistema Tropical Atlântico (*STa*) e o Sistema Polar Atlântico (*SPa*).

Neste sentido os encontros das massas de ar dos Sistemas Tropical Atlântico e Polar Atlântico, de características distintas, originam os sistemas frontais, denominados como Frente Fria (*FPa*). Tais frentes percorrem a área em que situa o município de Sarandi com uma ciclicidade média de uma semana, trazendo chuvas que são fundamentais às atividades econômicas locais. Dependendo da época do ano e da intensidade desses sistemas frontais, o período entre uma frente fria e outra pode variar de quatro dias para até mais de 30 dias, originando os períodos de estiagem conhecidos nos meses de Junho, Julho e Agosto, podendo se converter em eventos de seca. Portanto, a maioria dos casos de precipitação na área de estudo, deve-se às incursões das Frentes Frias ou Polares, originadas pelo contato da massa fria (*SPa*) com a massa quente (*STa*), sendo essas frentes responsáveis por aproximadamente 70% das chuvas anuais (SARANDI, 2008).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (*CCM's*) são responsáveis, assim como as Zona de Convergência do Atlântico Sul (*ZCAS*), por eventos de chuvas abundantes, podendo promover precipitações de mais de 100mm em 24 horas, potencializando adversidades climáticas. As *CCM's* possuem uma atuação mais regional, ao contrário das *ZCAS* que possuem uma maior área de atuação. No entanto, a importância da atuação do Sistema Equatorial Continental e da Zona de Convergência do Atlântico Sul para as culturas agrícolas de verão e recursos hídricos regionais é muito grande, sendo esses sistemas responsáveis por significativas parcelas de precipitação regional principalmente de dezembro a fevereiro. No entanto, principalmente no período do verão, ocorrem precipitações decorrentes do grande calor e umidade da região, onde a convecção origina, principalmente no fim da tarde, a formação de nuvens de chuvas e possíveis eventos de tempestades regionais ou até locais. Essas chuvas, popularmente chamadas de “chuvas de verão”, são as Instabilidades Tropicais (*IT's*).

Em seu levantamento, Sarandi (2009) apresenta também outros dados fundamentais para a análise local do sistema hidrológico, sendo eles:

- ✓ Umidade relativa do ar, com valor médio anual de 66%;

- ✓ Faixa de precipitação nos meses menos chuvosos, ocorre no inverno, nos meses de junho, julho e agosto, com precipitação predominante no período variando de 225 a 250mm;
- ✓ Faixa de precipitação nos meses mais chuvosos, ocorre no verão, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com precipitação predominante no período variando de 500 a 600mm;
- ✓ Faixa de precipitação anual, variando de 1.400 a 1.600mm;
- ✓ Regime de ventos predominantes, sendo de Noroeste a Nordeste;
- ✓ Evapo-transpiração, variável de 1.100 a 1.200mm.

3.3.1.4 *Hidrografia*

O município de Sarandi é dividido por um espigão no sentido (E - W), formando assim um divisor de águas, sendo este um dos maiores lineamentos existente no município. Ao norte, encontra-se a bacia do Paranapanema na qual está inserida a bacia do rio Pirapó. Na porção sul, localiza-se a bacia Hidrográfica do rio Ivaí. Ambos os rios, Paranapanema e Ivaí, deságuam no rio Paraná, sendo, portanto, constituintes da bacia hidrográfica do rio Paraná.

O sistema de drenagem do município se caracteriza pela predominância de lineamentos e fraturamentos da rocha basáltica, com direção (N-S) nos cursos de águas principais e (E-W) nos seus afluentes. O sistema natural de drenagem foi alterado drasticamente pela ocupação que se desenvolveu à custa dos desmatamentos, em cujo lugar foram implantadas inicialmente as culturas do café e posteriormente as de soja, trigo, milho e cana-de-açúcar, que hoje são as principais culturas nos usos do solo rural. Nas áreas urbanas nas periferias ou franjas periféricas ainda são presentes plantações de subsistência como feijão, amendoim, mandioca e hortaliças. Carvalho et al. (2001), afirmaram que “o cultivo da soja se

constitui na principal atividade deste sistema”, referindo-se à agricultura moderna do norte paranaense.

Com a ocupação do solo o sistema de drenagem foi alterado e no processo de consolidação das atividades agrícolas, essa drenagem foi sendo recuada pela compactação e movimentação dos solos, modificando o escoamento natural do terreno. Conjuntamente com os escoamentos concentrados provenientes das galerias pluviais e as águas concentradas das margens das estradas rurais, estes são os responsáveis pela alteração no sistema de drenagem existente (SARANDI, 2008).

3.3.1.5 *Relevo*

Segundo Sarandi (op. cit), do ponto de vista físico o território municipal apresenta um relevo predominantemente suave, modelado durante o Neo-Terciário e Quaternário. A região se caracteriza pela presença de um relevo coxilhado com feições que variam de suave a abrupta e com altitudes de 450 a 600 metros. A bacia do córrego Mauá apresenta pequena a média amplitude na variação de sua altitude (Figura 4), marcando aproximadamente 96 metros de desnível, estando o ponto mais baixo em 496 metros e o mais alto em 592 metros. Nas partes mais altas, o interflúvio, está alocado em áreas urbanas, que em seu crescimento acompanham normalmente um crescimento radial, partindo do centro para a periferia.

Nota-se “espigões” com um alinhamento (E-W) que, juntamente com a presença de suaves colinas constituem os divisores das bacias hidrográficas do rio Ivaí e Paranapanema. Verifica-se que em determinados trechos de alguns rios do município, a quebra de relevo formando vales encaixados e caracterizando localmente zonas de relevo relativamente acidentado. Estas mudanças nas feições físicas do relevo ocorrem em função das falhas e fraturamentos existentes entre derrames distintos, que constituem zonas de maior grandeza e mais suscetíveis ao

intemperismo e à erosão, denominadas também de áreas de "fraqueza estrutural" (GUERRA, 2000).

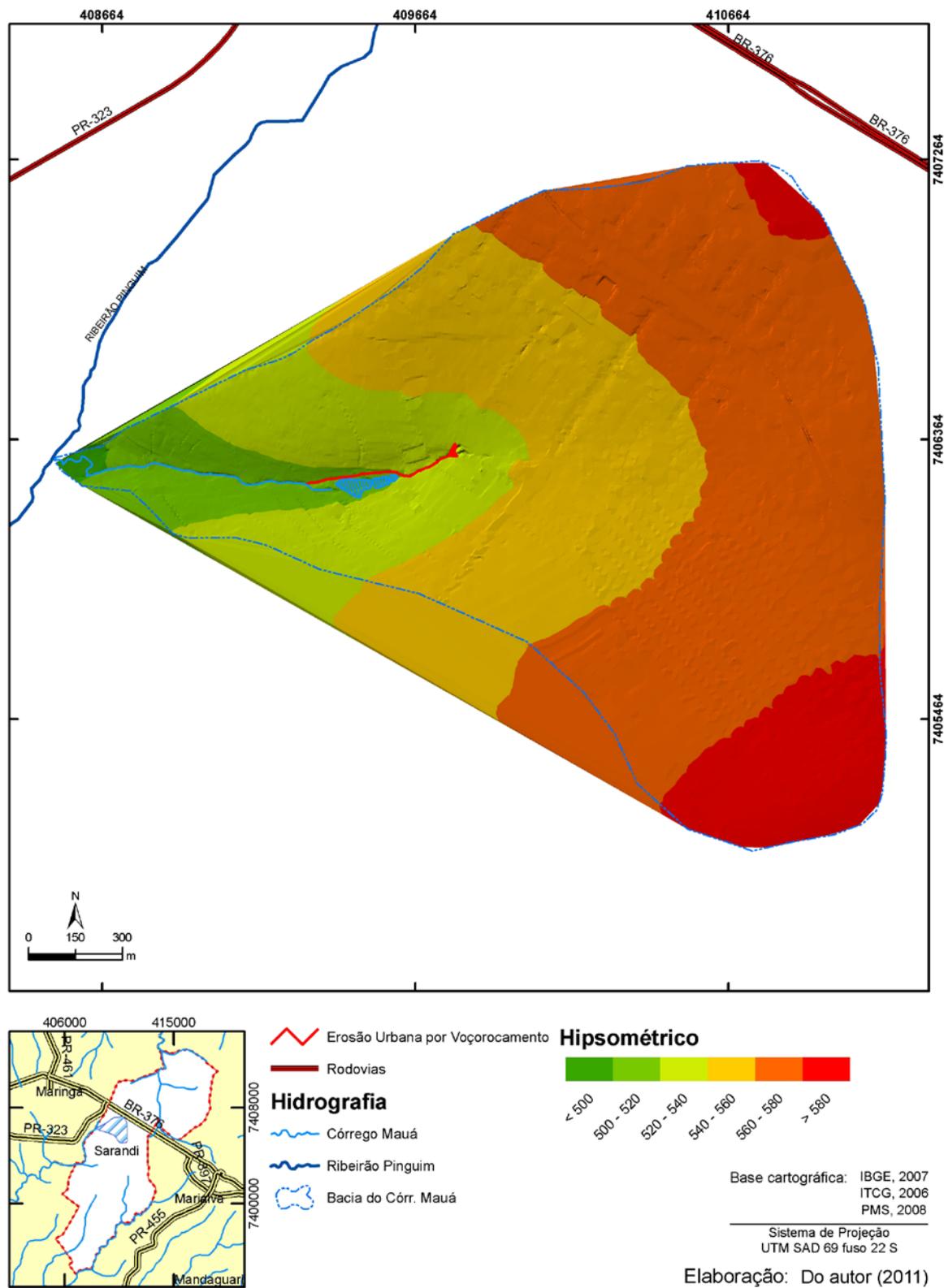


Figura 4 - Mapa hipsométrico da Bacia do Córrego Mauá

3.3.2 **Vegetação natural**

Segundo Maack (1968), a área do município de Sarandi era recoberta pela formação florestal do tipo Floresta Estacional Semidecidual. Este tipo de formação florestal ocupava boa parte do estado do Paraná, e deu lugar aos cultivos agrícolas e às pastagens (VELLOSO et al., 1991).

Segundo Sarandi (2009) atualmente no município restam poucos fragmentos da cobertura florestal original. Os fragmentos e matas ciliares, quando não suprimidos, encontram-se bastante descaracterizados, comprometendo a conectividade entre os fragmentos florestais e a manutenção da biodiversidade regional. A área com maior representação de formação florestal, com 28ha, no município de Sarandi localiza-se ao sul da sede, nas proximidades da nascente do Córrego Salmão (SARANDI, op. cit.).

3.3.3 **Aspectos Socioeconômicos**

De acordo com Sarandi (2009), a população do município de Sarandi em 1991 era constituída de 47.981 habitantes (IBGE, 1991). Já, em 2000, era de 71.422 habitantes correspondendo a 3,9% do total da população da mesorregião Norte Central Paranaense, sendo que 97,3% estavam na área urbana e, 2,7% na área rural, com 50,2% de mulheres (35.865) e 49,8% de homens (35.557), segundo IBGE (2001). A contagem de 2007 e a estimativa de 2009, realizadas pelo IBGE (2011), reconhecem uma população com 79.686 e 84.651 habitantes, respectivamente, portanto com um crescimento estimado de 6,2% nos dois últimos anos.

Segundo IBGE (2011), constantes dos dados do censo realizado em 2010, a população de Sarandi é de 82.847 habitantes apresentando crescimento populacional de 4% para o ano de 2007.

O município se caracteriza por ter uma população expressiva de crianças e jovens, concentrando 39,3% (28.033) na faixa de 0 a 19 anos (IBGE, 2001); SARANDI, 2009). Segundo Sarandi (op. cit), este aumento populacional de quase 49%, verificado no período de 1991 a 2000, pode ser atribuído à crise do café e também à estabilização de uma economia voltada à prestação de serviços da cidade de Maringá, caracterizando Sarandi como um município urbano do tipo dormitório. Entretanto, este crescimento ocorrido em pouco espaço de tempo, sobrecarregou os serviços públicos com uma demanda o qual não estava preparado para suportar, principalmente por não haver qualquer tipo de contrapartida financeira por parte dos governos estadual e federal (SARANDI, op. cit.).

Em Sarandi a densidade demográfica em 2000 era de 686,2 habitantes/km², com concentração, principalmente na área urbana, atualmente a densidade demográfica é de 801,79 habitantes/km² (IBGE, 2011). O município, no período de 1980 – 1991, apresentou taxa anual de crescimento populacional de 7,4%, já no período de 1991 – 2000, teve taxa anual de crescimento da população de 4,06% e no período de 2000 – 2009, taxa de 1,84%. Pode-se observar um contínuo crescimento populacional do município, percentualmente mais expressivo nas décadas de 1980 e 1990 e menos expressivo na década de 2000 (SARANDI, op. cit.).

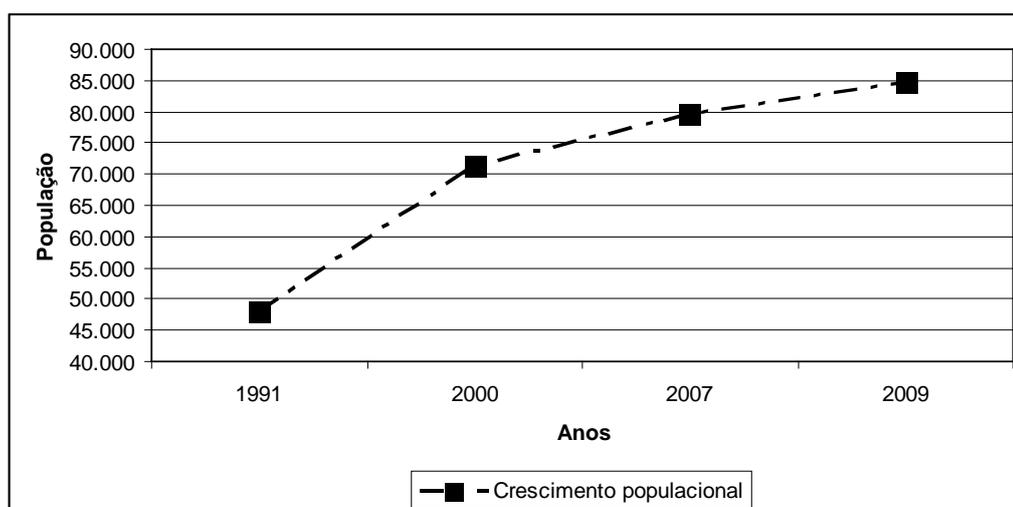


Figura 5 - Perfil de crescimento populacional do Município de Sarandi, para os anos de 1991 a 2009

Tomando-se como referência o Índice de Desenvolvimento Humano, IDH-M, que sintetiza as condições sociais dos municípios brasileiros em termos de renda, escolaridade e mortalidade infantil, o município de Sarandi apresenta índice superior em relação à média obtida entre os municípios da mesorregião Norte Central Paranaense, porém inferior aos índices dos municípios limítrofes (IPARDES, 2010).

No entanto, apresenta problemas com moradia, pois segundo Sarandi (2009), a organização das camadas populares na luta por uma moradia digna compõe com vigor o cenário dos movimentos sociais brasileiros. São inúmeras as entidades organizadas de caráter nacional como União Nacional por Moradia Popular, Movimento Nacional de Luta por Moradia, entre outras. Conta também com 27 associações de moradores reunidas na União das associações de Moradores – UNISAN.

4 MATERIAL E MÉTODO

O objetivo desta dissertação é o de elaborar um mapa de vulnerabilidade ambiental em uma área de expansão urbana, no caso o da Bacia do Córrego Mauá em Sarandi, Paraná. Faz parte também deste objetivo uma breve abordagem da aplicabilidade de mapa de vulnerabilidade ambiental no planejamento urbano. Tal abordagem toma como base a análise integrada dos elementos da paisagem que são geralmente utilizados na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental, sendo eles, o clima, o substrato rochoso, o relevo, o solo e, por fim, o uso e ocupação do solo.

A elaboração desta dissertação tem seu norte no estudo da vulnerabilidade natural, sobretudo com relação à erosão dos solos, e se fundamenta no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), aplicado por meio da metodologia proposta por Crepani et al. (2001), com a utilização inclusive dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na elaboração dos respectivos mapas de vulnerabilidade. Atrelados à preocupação crescente com a expansão urbana, a metodologia de Crepani et al. (op. cit.), que procura avaliar e determinar em um espaço geográfico áreas de vulnerabilidade ambiental, se constituindo em ferramenta importante a ser utilizada no planejamento urbano.

Na elaboração dos mapas temáticos, necessários para a elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental, se faz necessária a elaboração de uma base cartográfica, contendo curvas de nível, malha municipal de arruamentos e de sistemas de saneamento básico e, por fim, dados oriundos de levantamentos em campo. Incluem-se no levantamento de campo a realização de ensaios para a determinação das principais características físicas dos solos.

4.1 PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Para a realização dos procedimentos técnicos desta dissertação, numa forma geral, foram adotados os quatro níveis, propostos e utilizados por Nakashima (1999) na elaboração de sua tese de doutorado. Estes quatros níveis, com as devidas alterações, são apresentados no Quadro 1 e detalhados na sequência.

O primeiro nível de caráter compilatório é composto por:

- ✓ Produção do mapa base;
- ✓ Levantamento de referencial teórico, de dados secundários e por fim da área de estudo em si;
- ✓ Produção de dados primários, consistindo de:
 - Base cartográfica composta pela aquisição de informação do substrato rochoso, clima, declividade, solo, uso e ocupação do solo e, por fim, de processos erosivos existentes;
 - Levantamento de campo com observações, descrições e a coleta em pontos pré-determinados de amostras indeformadas e deformadas;
 - Análise em laboratório, contemplada com os ensaios de granulometria, massa específica dos grãos do solo, determinação dos limites de plasticidade e liquidez e, por fim, também em laboratório a determinação do índice de erodibilidade.

O segundo nível de caráter de correlação trabalha com os dados obtidos no primeiro nível, relacionando as informações analíticas da vulnerabilidade e do meio físico, relativas ao substrato rochoso, clima, declividade, solo, uso e ocupação do solo, expansão urbana e, por fim, relativas também aos resultados dos levantamentos de campo e dos ensaios de laboratório.

O terceiro nível ou nível interpretativo é composto pela elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental da Bacia do Córrego Mauá.

O quarto nível se caracteriza pela análise e aplicação dos resultados. É neste último nível que se relacionam os dados detalhados no segundo nível com os resultados obtidos no terceiro nível, evidenciando-se desta maneira as possíveis aplicações na área de estudo.

ELABORAÇÃO DO MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL									
NÍVEIS	PROCEDIMENTOS ADOTADOS								
PRIMEIRO DA COMPILAÇÃO (4.2)	PRODUÇÃO DA CARTA BASE (4.2.1)	LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO E DA ÁREA DE ESTUDO (4.2.2)	PRODUÇÃO DE DADOS PRIMÁRIOS (4.2.3)						
			BASE CARTOGRÁFICA (4.2.3.1)	LEVANTAMENTO EM CAMPO (4.2.3.2)		ANÁLISE EM LABORATÓRIO (4.2.3.3)			
			SUBSTRATO ROCHOSO	OBSERVAÇÕES E DESCRIÇÕES		ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO (GRANULOMETRIA, MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS DE SOLO E DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE PLASTICIDADE E LIQUIDEZ)			
			CLIMA						
			DECLIVIDADE						
			SOLOS	COLETAS DE AMOSTRAS INDEFORMADAS E DEFORMADAS		ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ERODIBILIDADE (ABSORÇÃO DE ÁGUA E PERDA DE MASSA POR IMERSÃO)			
			USO E OCUPAÇÃO DO SOLO						
			PROCESSOS EROSIVOS						
SEGUNDO DA CORRELAÇÃO (4.3)	CORRELAÇÕES DAS INFORMAÇÕES ANALÍTICAS DA VULNERABILIDADE E DO MEIO FÍSICO								
	SUBSTRATO ROCHOSO (4.3.1)	CLIMA (4.3.2)	DECLIVIDADE (4.3.3)	SOLO (4.3.4)	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (4.3.5)	EXPANSÃO URBANA (4.3.6)	ANÁLISE DOS RESULTADOS DE LABORATÓRIO (4.3.7)		
TERCEIRO DA INTERPRETAÇÃO (4.4)	ELABORAÇÃO DO MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL (4.4.1)								
QUARTO DOS RESULTADOS (5)	APLICAÇÃO E OBTENÇÃO DOS RESULTADOS								

Quadro 1 - Procedimentos adotados na elaboração da pesquisa
Fonte: Modificado de Nakashima (1999), organizado pelo autor

4.2 RIMEIRO NÍVEL – DA COMPILAÇÃO

4.2.1 Produção do mapa base

Para a definição da área de trabalho foram demarcados os limites físicos e territoriais da Bacia do Córrego Mauá, localizada no Município de Sarandi, Paraná.

O material disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Sarandi foi organizado em folhas, conforme articulação constante na Figura 6, elaboradas através de restituição aerofotogramétrica de fotografias aéreas na escala de 1:8.000, com ampliação para 1:2.000, com curvas de níveis equidistantes de 1 metro.

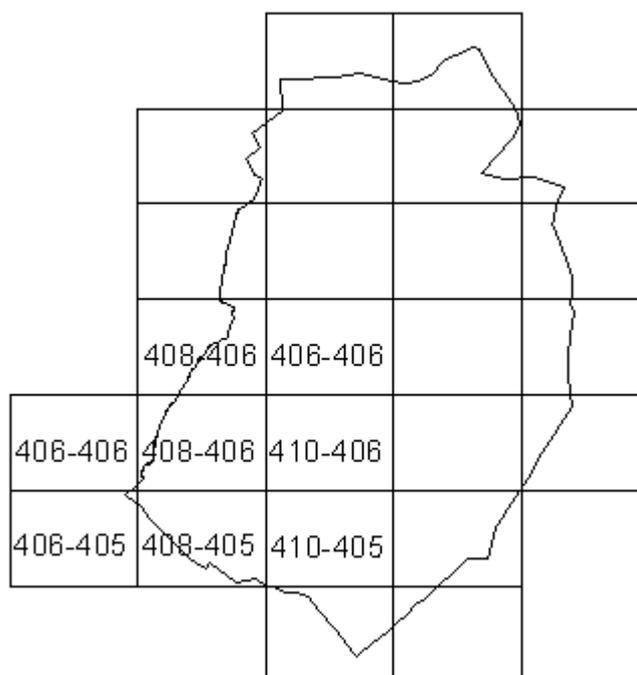


Figura 6 - Articulação das folhas utilizadas para elaboração da base topográfica da Bacia do Córrego Mauá

Com auxílio do *software* AutoCad® 2007 as folhas foram agrupadas, seus *layers* conectados e inseridos os valores do eixo Z (altitude), cotas variando de 494 a 592m. Desta forma, foi elaborado o mapa base, apresentado na Folha 01/07 do Apêndice A. Este mapa base é utilizado na elaboração posterior dos mapas temáticos da área de estudo, necessários na avaliação da vulnerabilidade.

Para esta dissertação, adotou-se o termo mapa na apresentação dos produtos e subprodutos das representações cartográficas, tal decisão é embasada nos conceitos apresentados por Santos (1989), detalhados na fundamentação teórica.

4.2.2 Levantamento de dados secundários, do referencial teórico-metodológico e da área de estudo

Para o desenvolvimento desta pesquisa, visando o planejamento e a execução dos trabalhos, foram adotados os seguintes recursos e procedimentos, a seguir relacionados:

- ✓ Fundamentação teórica que compreende a revisão de publicações técnicas em periódicos e livros e, também em *sites* tais como EMBRAPA, EMATER, ITCG, IBGE, IPARDES, entre outros que se fizerem necessários para o atendimento da temática pressuposta;
- ✓ Levantamento documental em arquivos públicos, jornais e noticiários;
- ✓ Utilização de imagens de sensor remoto (*Quick Bird e Landsat 5 – TM*) para classificar o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Córrego Mauá, o avanço do crescimento urbano e do aumento da drenagem urbana da cabeceira do Córrego, e também a elaboração dos mapas temáticos;
- ✓ Aquisição de planta planialtimétrica com curvas equidistantes em um metro, disponibilizadas pela Prefeitura do Município de Sarandi no formato DXF;
- ✓ Utilização de *softwares* para desenho e para criação de banco de dados geográfico através dos softwares, a) Auto Cad® 2007; b) ArcGis 9.3 (ENRIS®); c) Global Mapper® 11.0 e; d) CorelDraw® X4, os quais

permitiram a elaboração e geração de documentos cartográficos. E o uso de ferramentas de texto e de armazenamento de dados da Microsoft® (Word e Excel);

- ✓ Utilização do Sistema Unificado de Classificação do Solo, proposto pela norma D2487-00 da ASTM - American Society for Testing and Materials (2000);
- ✓ Adoção dos Modelos 1 e 2, propostos por Spelin (2005) e IBGE (2001), na estimativa populacional da cidade de Sarandi para os próximos 30 anos.

O Modelo 1, denominado de “Crescimento Logístico”, considera que a população tende assintoticamente a um valor de saturação. A estimativa populacional para um determinado ano é calculada pelas equações de 1 a 4, sendo os cálculos executados na respectiva ordem de apresentação destas equações. No cálculo da estimativa populacional para um determinado ano de interesse, conforme a metodologia apresentada por Sperlin (2005), é necessário o conhecimento da população de três datas, preferencialmente referenciadas a períodos de igual espaçamento.

$$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

1)

$$c = \frac{(P_s - P_0)}{P_0} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$k_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right] \quad (\text{Eq. 3})$$

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{k_1 \cdot (t - t_0)}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo:

P_s - população de saturação

P_t - população no ano desejado

P_0 - população no ano t_0 , inicial de referência

P_1 - população no ano t_1

P_2 - população no ano t_2

O Modelo 2, parte da premissa da existência de uma taxa de crescimento populacional anual, constante para um determinado período. A estimativa da população se faz pela utilização da equação 5. Este modelo, pela dificuldade de se estimar uma taxa de crescimento populacional, é utilizado em estimativas de curto prazo.

$$P_e = P_a \cdot (1 + i)^{(t - t_0)} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

P_e - população estimada para o tempo desejado (t);

P_a - população atual, no tempo (t_a);

i - taxa anual de crescimento populacional.

t - tempo desejado;

t_0 – tempo inicial, de referência.

4.2.3 Produção de dados primários

Para a realização desta etapa, inicialmente, foram obtidos e organizados os dados denominados de primários, compreendendo aqueles referenciados à base cartográfica, ao levantamento de campo e, por fim, aqueles provenientes da análise em laboratório.

4.2.3.1 Base cartográfica

A base cartográfica contempla ordenadamente as informações sobre o substrato rochoso, clima, declividade, solo, uso e ocupação do solo e, também informações relativas aos processos erosivos. As informações constantes da base cartográfica foram obtidas para serem utilizadas na forma de subsídio tanto na compreensão dos aspectos físicos, quanto nos trabalhos de levantamento de campo.

Para a elaboração da base cartográfica foram utilizados os seguintes recursos e dados:

- ✓ Com a imagem *Quick Bird*, adquirida pela Prefeitura Municipal de Sarandi no final de 2009, foi elaborada a base cartográfica do uso e ocupação solo, bem como a dos processos erosivos existentes na Bacia do Córrego Mauá. Estes dados contidos respectivamente em cada uma das bases cartográficas foram sistematicamente aferidos em campo;
- ✓ Com as bases cartográficas disponibilizadas pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências - ITCG (2011), foi possível elaborar as bases do substrato rochoso, do clima e do solo, com dados também aferidos em campo;
- ✓ Por fim, a base cartográfica da declividade foi elaborada a partir da planta planialtimétrica, disponibilizada pela Prefeitura do Município de Sarandi.

4.2.3.2 Levantamento em campo

Com os limites da bacia, demarcados com o auxílio das imagens do satélite *Quick Bird* e conhecimento prévio da área de estudo, foram definidos quatro transectos transversais, denominados de TA, TB, TC, TD (Tabela 7). Os transectos foram dispostos ao longo da bacia, em posição de alta (TA), média (TB e TC) e baixa (TD) vertente. Para cada um dos transectos foram estabelecidos três pontos de amostragem, sendo estes pontos identificados na Tabela 7 e registrados na Folha 02/07, Apêndice A.

Tabela 7 - Pontos de amostragem nos transectos

TRANSECTOS	PONTO DE COLETA	CORPO DE PROVA
TA	P01/Sar	23
	P02/Sar	18
	P03/Sar	19
TB	P04/Sar	26
	P05/Sar	20
	P06/Sar	16
TC	P07/Sar	12
	P08/Sar	01
	P09/Sar	05
TD	P10/Sar	08
	P11/Sar	10
	P12/Sar	17

* Sar: Sarandi

Na coleta das amostras de solo no campo e no preparo das mesmas em laboratório, foram adotados os seguintes procedimentos:

- ✓ Coleta de corpo de prova para ensaios para determinação do índice de erodibilidade, utilizando-se para isto a abertura de cavas com dimensões de 40 centímetros de largura e 30 centímetros de profundidade. Cada

corpo de prova cilíndrico nas dimensões de 5 centímetros de diâmetro e 2,5 centímetros de altura, foi retirado com o auxílio de um anel de PVC, necessário ao encaixe e proteção do corpo de prova. Para cada ponto de amostragem foram retiradas duas amostras. Após, a retirada dos corpos de prova no campo, além da proteção advinda da presença do anel de PVC, os mesmos foram envolvidos com plástico (filme de PVC) e colocados em caixa de isopor para a conservação da temperatura e preservação da umidade;

- ✓ A coleta e preparo das amostras de solos para ensaios de caracterização e de limites de consistência foram realizados em conformidade com a norma NBR 6457:1986 da ABNT. Em cada ponto foi coletado 1,5kg de material inconsolidado, por meio de trato manual helicoidal, na profundidade de um metro contado da superfície do terreno. Cada amostra coletada foi disposta em saco plástico para a manutenção da umidade natural do material, sendo a mesma identificada com etiqueta contendo letras e números. As amostras foram armazenadas em uma caixa de papelão, adequada à proteção e transporte até o laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Estadual de Maringá - UEM.

A localização dos pontos de coleta de amostra no campo foi feita com a utilização do *Global Positioning System* – GPS Garmin eTrex®.

4.2.3.3 *Ensaio de laboratório*

Nesta etapa foram executados ensaios de laboratório para a caracterização dos solos e para a determinação do índice de erodibilidade.

I. Ensaio de caracterização de solo

Os ensaios de caracterização foram realizados tomando como base as seguintes normas da ABNT: preparação de amostras, NBR 6457:1986, análise granulométrica, NBR 7181:1984, determinação da massa específica dos grãos de solo, NBR 6508:1984, determinação do limite de plasticidade, NBR 7180:1984, limite de liquidez, NBR 6459:1984.

Para os ensaios de caracterização, no laboratório as amostras de solo, do tipo deformada, foram deixadas à secagem prévia até a umidade higroscópica, sendo posteriormente destorroadas e homogeneizadas, na quantidade necessária à realização dos respectivos ensaios.

II. Ensaio para a determinação do índice de erodibilidade

A determinação do índice de erodibilidade foi feita com a utilização da metodologia proposta por Nogami e Villibor (1979), com as devidas adaptações feitas por Pejon (1992).

Esta metodologia tem sido desenvolvida para solos tropicais e utiliza amostra de solo do tipo indeformada, coletada em campo com o auxílio de cilindros de PVC. Cada corpo de prova coletado e devidamente acondicionado (ver detalhe nas Figuras 7, 8 e 9) é levado ao laboratório para a realização do ensaio de absorção de água e ensaio de perda de massa por imersão.



Figura 7 – Detalhe da abertura e preparo da cava para retirada de corpo de prova



Figura 8 – Detalhe da retirada de corpo de prova no campo, com auxílio da cravação de anel de PVC

Para ensaio de absorção de água e de perda de massa por imersão cada corpo de prova em seu respectivo anel de PVC é faceado e com o excesso de solo é feita a determinação do teor de umidade de campo, ver ilustração na Figura 10. O corpo de prova faceado em seu anel de PVC é pesado e, em seguida, deixado secar até a umidade higroscópica.



Figura 9 - Coleta do corpo de prova com excedente de material



Figura 10 - Anel de PVC com seu corpo de prova faceado e recipiente com a amostra excedente

Com os corpos de prova secos até a umidade higroscópica iniciaram-se os ensaios, colocando-se o corpo de prova sobre a pedra porosa saturada de mesmo diâmetro interno, ligado a um tubo de vidro de 6mm de diâmetro, graduado e disposto horizontalmente, conforme detalhe da Figura 11. O tubo de vidro e a pedra porosa são mantidos no mesmo nível, sendo os mesmos interligados na forma de vasos comunicantes. Este conjunto, preenchido e saturado com água destilada, permite a absorção de água pelo corpo de prova.

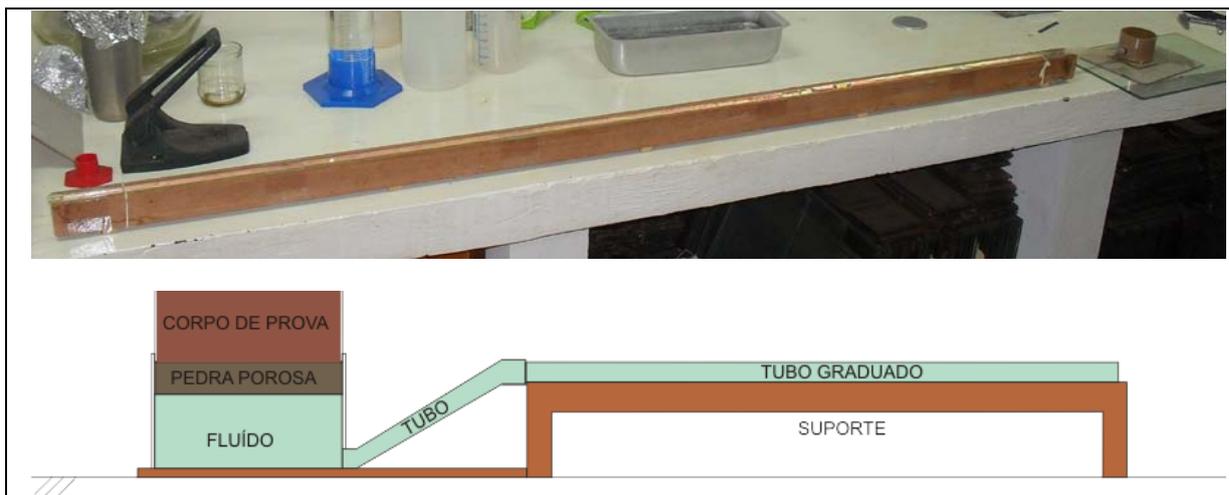


Figura 11 – Equipamento utilizado no ensaio de absorção de água

Com o corpo de prova devidamente colocado, as medições de absorção de água são realizadas inicialmente nos tempos, em segundos, de 5, 10, 20, 25, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180. Após o tempo de 180 segundos as medições são realizadas a cada minuto e até que ocorra a estabilização da água no tubo graduado e conseqüentemente a saturação da amostra de solo. Para cada tempo e leitura no tubo, calcula-se o volume total absorvido acumulado por unidade de área da base do corpo de prova $[q]$, na unidade de cm^3/cm^2 . Com estes dados pode-se montar o gráfico de absorção de água em função do tempo, tendo no eixo das ordenadas o volume $[q]$ em cm^3/cm^2 e no das abscissas a raiz quadrada do tempo em minutos ($\sqrt{t(\text{min})}$), sendo $[s]$ dado em $[(\text{cm}^3/\text{cm}^2)/\sqrt{t(\text{min})}]$.

A absorção de água, no ensaio de laboratório, se desenvolve em duas fases distintas, sendo identificadas como fase inicial e fase final. A fase inicial (Fase 1) se caracteriza pela franca absorção de água, enquanto que a fase final (Fase 2) se caracteriza pela fraca absorção, pois nesta fase final o corpo de prova tende à saturação. Estas duas fases são facilmente observadas no gráfico da Figura 12, sendo as mesmas identificadas respectivamente pelo número um e dois. Para a determinação do índice de absorção $[s]$ é ajustada uma reta na parte inicial da curva e determinado o respectivo coeficiente linear desta reta. O índice de absorção é, por definição, o coeficiente linear desta reta ajustada na parte inicial da curva que representa a absorção de água $[q]$ em cm^3/cm^2 em função da raiz quadrada do tempo em minutos, $\sqrt{t(\text{min})}$.

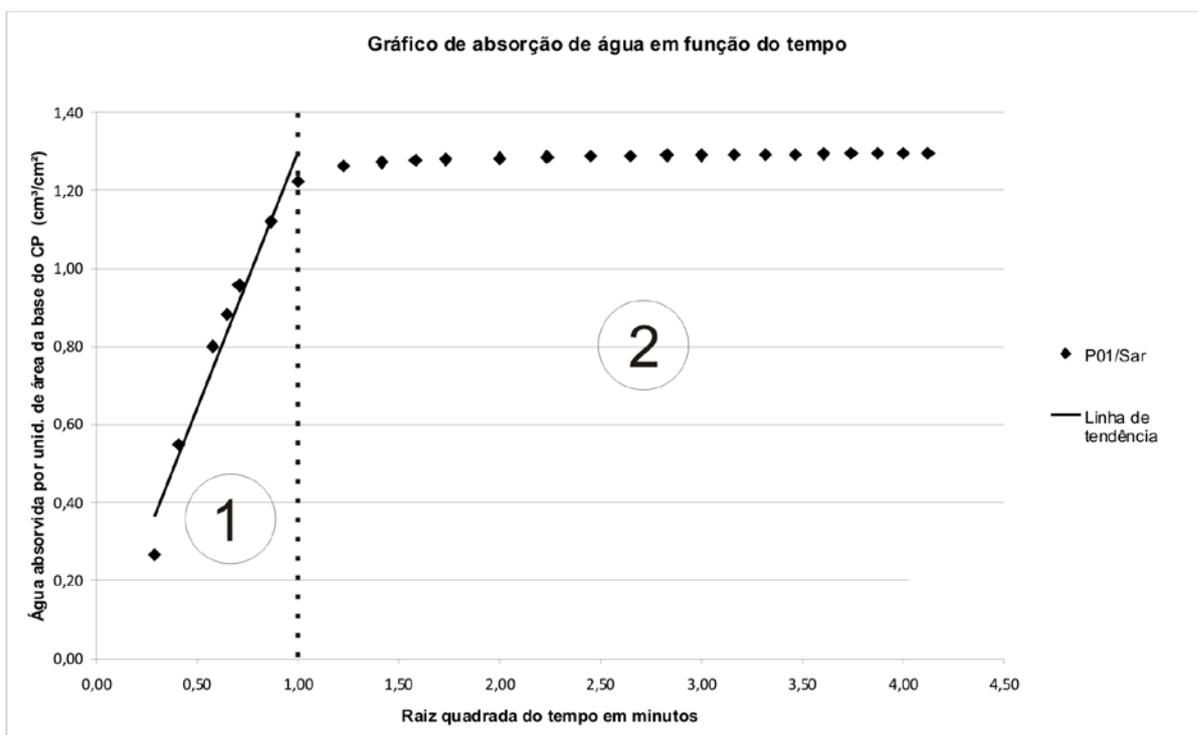


Figura 12 - Representação típica de volume de absorção de água [q] (cm^3/cm^2) em função da raiz quadrada do tempo em minutos, $\sqrt{t(\text{min})}$

Após o ensaio de absorção de água, com o corpo de prova ainda saturado (Figura 13), realiza-se o ensaio de perda de massa por imersão. Neste ensaio o corpo de prova é colocado em um suporte juntamente com uma recipiente de alumínio dentro de um tanque de forma que o mesmo fique imerso em água. O tanque deve ser preenchido com água até que envolva todo o bocal do corpo de prova e o seu suporte de forma que o solo desprendido da amostra possa ser coletado pelo recipiente de alumínio (Figura 14). O corpo de prova permanece neste sistema por um período de 24 horas.



Figura 13 – Corpo de prova saturado, ao final do ensaio de absorção de água



Figura 14 – Disposição do corpo de prova no ensaio de perda de massa por imersão, no detalhe o corpo de prova em seu suporte, disposto no recipiente de alumínio

Após este período, o recipiente é removido de forma a não permitir perdas de material depositado e levado a estufa para secagem. A massa seca desagregada é dividida pela massa inicial seca do corpo de prova, representando em percentual a perda de massa por imersão [P], ver a equação 6.

$$P = \frac{P_{ss}}{P_{ie}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

Sendo:

P = perda de massa seca por imersão, em %;

P_{ss} = peso do solo seco desagregado, em g_f;

P_{ie} = peso inicial do corpo de prova seco, em g_f.

Com os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água e perda de massa por imersão, determina-se o índice de erodibilidade, adotando-se para tanto a equação 7, proposta por Pejon (1992).

$$E = \frac{40 \cdot s}{P} \quad (\text{Eq. 7})$$

Sendo:

E – índice de erodibilidade;

s – índice de absorção $[(\text{cm}^3/\text{cm}^2)/\sqrt{t(\text{min})}]$;

P – percentual de perda de massa por imersão (%).

Conforme Pejon (op. cit), os solos que se apresentam com um índice de erodibilidade menor ou igual a um ($E \leq 1,0$) são considerados erodíveis, enquanto que os solos que se apresentam com índice de erodibilidade maior do que um ($E > 1,0$) são considerados não erodíveis. O gráfico da Figura 15 representa as condições propostas por Pejon (op. cit).

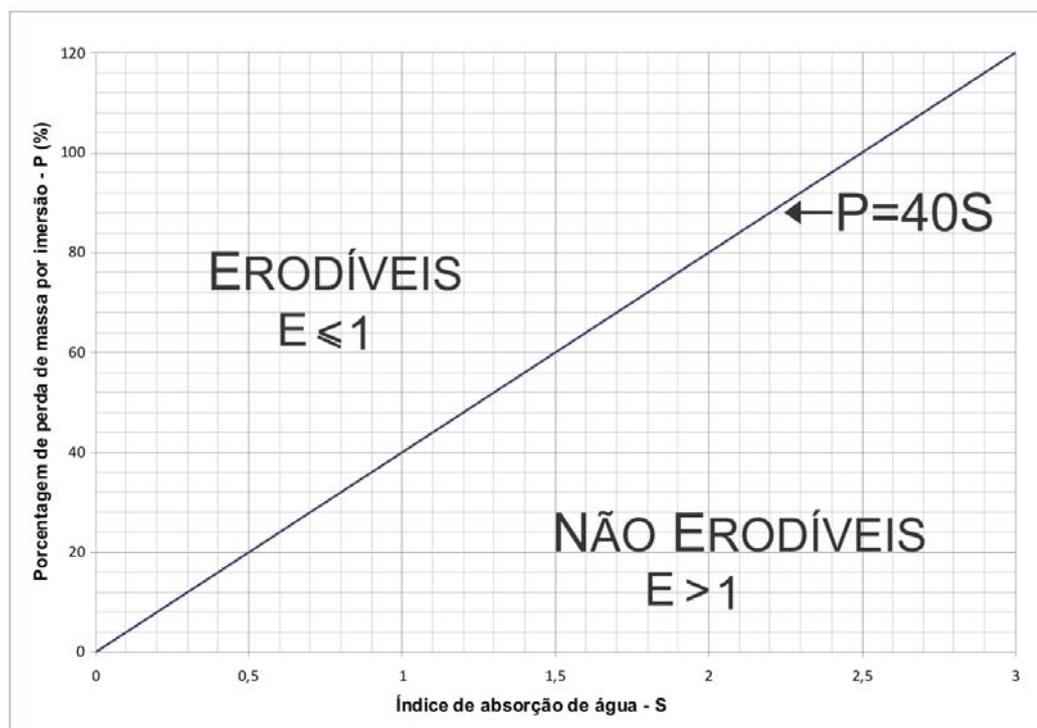


Figura 15 - Classificação do solo quanto à erodibilidade
Fonte: Pejon (1992)

4.3 SEGUNDO NÍVEL – DA CORRELAÇÃO

4.3.1 Substrato rochoso

O mapa de substrato rochoso foi elaborado com base no mapeamento geológico da MINEROPAR (2006), escala de 1:250.000, e trabalhos de campo. O substrato rochoso da Bacia do Córrego Mauá é constituído de rocha basáltica.

Na Tabela 8 são apresentados valores de coeficientes de vulnerabilidade em função do tipo de rocha, propostos por Crepani et al. (2001). Em conformidade com os dados constantes nesta tabela, para o basalto foi adotado o coeficiente igual a 1,5.

Tabela 8 - Coeficiente de vulnerabilidade referente ao substrato rochoso

SUBSTRATO ROCHOSO	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0
Riólito, Granito ou Dacito	1,1
Granodiorito, Quartzo Diorito ou Granulitos	1,2
Migmatitos ou Gnaisses	1,3
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito ou Sienito	1,4
Andesito, Diorito ou Basalto	1,5
Anortosito, Gabro ou Periodotito	1,6
Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita ou Clorita Xisto	1,7
Piroxenito, Anfibolito, Kimberlito ou Dunito	1,8
Hornblenda, Tremolita ou Actinolita xisto	1,9
Estauroлита xisto ou Xistos granatíferos	2,0
Filito ou Metassilito	2,1
Ardósia ou Metargilito	2,2
Mármores	2,3
Arenito quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Conglomerados ou Subgrauvacas	2,5
Grauvacas ou Arcózios	2,6
Siltitos ou Argilitos	2,7
Folhelhos	2,8
Calcários, Dolomitos, Margas ou Evaporitos	2,9
Sedimentos inconsolidados: aluviões, colúvios etc	3,0

Fonte: Crepani et. al. (2001)

4.3.2 Clima

Na determinação da vulnerabilidade ambiental são consideradas as condições climáticas, mesmo quando em maiores escalas, devido as precipitações pluviométricas que atuam diretamente na erosividade do solo, principalmente quando da existência de eventos torrenciais.

Na elaboração de mapas climáticos, tomando como base as precipitações médias mensais, inúmeros autores atribuem coeficientes, permitindo com isto a elaboração de material cartográfico constituído de isolinhas, quando a dimensão da área assim o permite.

Crepani et al. (2001) atribuem para a variável temática clima coeficientes de vulnerabilidade, sendo estes relacionados à pluviosidade. Estes coeficientes são apresentados na Tabela 9.

Para a Bacia do Córrego Mauá não é possível elaborar o mapa climático com isolinhas, devido a dimensão desta bacia. Neste sentido foi adotado um único coeficiente de vulnerabilidade para a bacia, no que se refere às condições climáticas, este por sua vez foi de 1,4.

Na determinação do coeficiente de vulnerabilidade para a Bacia do Córrego Mauá, além das precipitações médias mensais, registradas no período de 1976 a 2006, pela Estação Climatológica Principal de Maringá – ECPM, que se encontra a sete quilômetros da área de estudo, também foram considerados os coeficientes de vulnerabilidade propostos por Crepani et al. (op. cit), constantes na Tabela 9.

Tabela 9 - Coeficiente de vulnerabilidade referente à intensidade pluviométrica (mm/mês)

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/mês)	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/mês)	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE
< 50	1,0	300 -325	2,1
50 – 75	1,1	325 – 350	2,2
75 – 100	1,2	350 – 375	2,3
100 – 125	1,3	375 – 400	2,4
125 – 150	1,4	400 – 425	2,5
150 – 175	1,5	425 – 450	2,6
175 – 200	1,6	450 – 475	2,7
200 – 225	1,7	475 – 500	2,8
225 – 250	1,8	500 – 525	2,9
250 – 275	1,9	> 525	3,0
275 -300	2,0		

Fonte: Crepani et al. (op. cit)

4.3.3 Declividade

Para a elaboração do mapa de declividade da Bacia do Córrego Mauá foram utilizadas as curvas de nível com equidistância de um metro, constantes no mapa base do Apêndice A, Folha 01/07. Com o auxílio do *software* ArcGis 9.3 (ENRIS®), utilizando a ferramenta *3D Analyst* modo *Surface Analysis* no método *Slope*, foram inseridas as curvas de nível no formato *Raster* para gerar a interpolação dos dados de declividade para a bacia. Com os dados interpolados, foram feitos o fatiamento e a classificação, empregando-se para esta pesquisa as seguintes classes de declividade, propostas por Crepani et al. (2001), a saber: menores que 2%, de 2 a 6%, de 6 a 20%, de 20 a 50% e, por fim, maiores de 50%. Para cada uma das classes de declividade foi atribuído um coeficiente de vulnerabilidade, sendo estes coeficientes relacionados na Tabela 10.

Tabela 10 - Classes de declividades com os respectivos coeficientes de vulnerabilidade

DECLIVIDADE (%)	CLASSE MORFOMÉTRICA	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE
< 2	Muito baixa	1,0
2 – 6	Baixa	1,5
6 – 20	Média	2,0
20 – 50	Alta	2,5
> 50	Muito Alta	3,0

Fonte: Crepani et al. (op. cit)

4.3.4 Solos

Para a elaboração do mapa de solos foram utilizados como fonte o mapa de solos da EMBRAPA (1999), escala de 1:250.000, e as informações constantes no trabalho de Zaparoli (2006), realizado na Bacia do Ribeirão Pinguim, a qual pertence

a Bacia do Córrego Mauá. Os solos da cabeceira de drenagem da Bacia do Ribeirão Pinguim apresentam suas características voltadas para o Nitossolo, por sua vez em grande extensão, e também para o Latossolo, que se encontra em área reduzida, constituída de topos suaves e alongados.

Com estes dados, acima relatados, somados a levantamento de campo, coleta de amostra e ensaios de caracterização de laboratório, foi elaborado o mapa de solo da Bacia do Córrego Mauá.

Para a atribuição dos coeficientes de vulnerabilidade do solo da Bacia do Córrego Mauá, foram adotados os valores utilizados por Crepani et al. (2001), excetuando-se o caso do Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVe). Considerando o trabalho de Paiva (2010), voltado ao estudo de vulnerabilidade ambiental na Região do Norte do Paraná, e resultados de ensaios de laboratório, para o Nitossolo Vermelho eutroférico (NVe) foi adotado o coeficiente de 1,5, diferenciando-se desta maneira daquele proposto por Crepani et. al. (op. cit) que têm adotado o coeficiente de 2,0 para a Terra Rocha estruturada, que na nova classificação da EMBRAPA (2006) corresponde ao Nitossolo Vermelho eutroférico (NVe).

Na Tabela 10, são apresentados os coeficientes adotados para os solos constituintes da Bacia do Córrego Mauá.

Tabela 11 – Coeficientes de vulnerabilidade para o solo

CLASSE DE SOLO	LEGENDA	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE
Latossolo Vermelho eutroférico	LVe	1,0
Nitossolo Vermelho eutroférico	NVe	1,5
Gleissolo Háptico	GX	3,0

Fonte: Crepani et al. (op. cit), excetuando-se o coeficiente adotado para o NVe

4.3.5 Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado através da imagem de satélite *Quick bird* do ano de 2009, com detalhamento em escala de 1:15.000, considerando-se na área urbana: a existência de lotes com e sem asfalto, com e sem drenagem urbana, remanescentes florestais, e processos erosivos, e na área rural: cultura temporária hortifrutigranjeiro, pastagem, processos erosivos, solos expostos, áreas improdutivas e remanescentes florestais.

Para a identificação do solo quanto ao uso e ocupação foram utilizados critérios visuais tais como, textura e rugosidade, na imagem de satélite, associadas a informações obtidas em campo.

Para este trabalho, no que se refere ao uso e ocupação do solo, foram adotados os coeficientes de vulnerabilidade propostos por Crepani et al. (2001), constantes na Tabela 12.

Tabela 12 - Coeficientes de vulnerabilidade referente ao uso e ocupação do solo

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE
Mata galeria	1,4
Tanque para piscicultura	1,4
Pastagem	2,0
Área em recuperação e ou abandono	2,0
Cultura temporária – soja/milho	2,5
Cultura temporária – hortaliças	3,0
Urbano	3,0

Fonte: Crepani et al. (op. cit)

Neste trabalho de pesquisa, em que o objetivo é o de avaliar a vulnerabilidade de áreas lindeiras, possíveis de serem urbanizadas, para a área urbanizada foi atribuído um único coeficiente de vulnerabilidade, sendo o mesmo de valor três (3,0).

4.3.6 Expansão urbana

Para elaboração do mapa de expansão urbana foram utilizadas imagens de satélite LandSat 5, sensor TM, resolução espacial de 96km², dos anos de 1985, 1995, 2005 e 2010, onde foram utilizados as bandas 3 (0,63 – 0,69µm), 4 (0,76 – 0,90µm) e 5 (1,55 – 1,75µm). No emprego do *software* ArcGis 9.3 (ENRIS®) foi utilizada a combinação RGB para visualização e delimitação do perímetro urbano para cada ano proposto, sobrepondo os *layers* para a confecção do mapa de expansão urbana.

4.3.7 Análise dos resultados de laboratório

Os resultados obtidos pelos ensaios de laboratório: ensaios de absorção de água e de perda de massa por imersão, de granulometria, de massa específica dos grãos de solo e de limite de plasticidade e liquidez foram utilizados na identificação e na observação do potencial erosivo dos solos existentes na Bacia do Córrego Mauá.

Estes resultados permitiram a confirmação ou mesmo a diferenciação de coeficientes de vulnerabilidade consagrados pela literatura, como foi no caso do Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVe), em que foi adotado o coeficiente de 1,5 e não aquele proposto por Crepani et al. (2001).

4.4 TERCEIRO NÍVEL

4.4.1 Elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental

O mapa de vulnerabilidade ambiental é o resultado do cruzamento de informações contidas em mapas específicos, referenciados às seguintes variáveis temáticas: solo, substrato rochoso, clima, declividade e uso e ocupação do solo. A tais variáveis foram atribuídos valores na forma de coeficiente, variando de 1 a 3, que quando mais próximo de 1 menor é a vulnerabilidade apresentada.

A vulnerabilidade ambiental para cada ponto da área é relacionada a um índice, também variável de 1 a 3, sendo este índice determinado pela média aritmética dos coeficientes anteriormente atribuídos às variáveis temáticas (Equação 8).

$$v = \frac{G + R + S + V + C}{5} \quad (\text{Eq. 8})$$

Sendo:

v = índice de vulnerabilidade ambiental;

G = coeficiente de vulnerabilidade referente à geologia (Substrato rochoso);

R = coeficiente de vulnerabilidade referente à geomorfologia (Declividade);

S = coeficiente de vulnerabilidade referente ao solo;

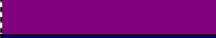
V = coeficiente de vulnerabilidade referente ao uso e ocupação do solo;

C = coeficiente de vulnerabilidade referente ao clima.

A vulnerabilidade ambiental em si é determinada tomando como base os índices de vulnerabilidade e as classes apresentadas na Tabela 13, sendo a vulnerabilidade ambiental apresentada na forma de mapa.

O mapa de vulnerabilidade ambiental foi gerado pelo *software* ArcGis 9.3 (ENRIS®), inclusive no que se refere aos cálculos intermediários necessários a determinação da vulnerabilidade ambiental para cada ponto da área de interesse da Bacia do Córrego Mauá.

Tabela 13 - Classes de vulnerabilidade ambiental para a Bacia do Córrego Mauá

CLASSE DE VULNERABILIDADE	INTERVALO DE ÍNDICES	CORES ATRIBUIDAS
Muito baixa	1,0 – 1,4	
Baixa	1,4 – 1,8	
Média	1,8 – 2,2	
Forte	2,2 – 2,6	
Muito forte	2,6 – 3,0	

Fonte: Spöl e Ross (2004), adaptado de Crepani et. al. (2001) e organizado pelo autor

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos nos trabalhos realizados com emprego da metodologia de Crepani et al. (2001) e procedimentos propostos por Nakashima (1999), com as devidas adaptações discutidas no item Material e Método, são apresentados e analisados na sequência.

5.1 VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ

Considerando a metodologia utilizada, com referência a área de interesse, para cada variável temática foi elaborado um mapa. Com os mapas temáticos, foi elaborado um mapa de vulnerabilidade ambiental para a Bacia do Córrego Mauá. Os referidos mapas são apresentados no Apêndice A.

5.1.1 Substrato rochoso

O substrato rochoso da Bacia do Córrego Mauá é constituído de basalto, proveniente de rocha vulcânica da Formação Serra Geral, Grupo São Bento, não sendo verificadas diferenças estruturais no substrato rochoso local. Para este substrato rochoso foi adotado o coeficiente de vulnerabilidade de 1,5, para toda a área da bacia. Não havendo, portanto, a necessidade de elaborar o mapa temático.

5.1.2 Clima

As precipitações mensais, registradas na ECPM no período de 1976 a 2006, são apresentadas no gráfico da Figura 16 na forma de média mensal. Estes dados foram coletados no Campus Sede da Universidade Estadual de Maringá, sete quilômetro (7km) distante da bacia, sendo os mesmos importantes para a caracterização climática da área de interesse.

Pode-se verificar, conforme dados contidos no gráfico da Figura 16, que dezembro, janeiro e fevereiro são os meses de maiores médias de precipitação mensal. Nestes meses, é comum na região, a ocorrência de chuvas concentradas e de elevada precipitação, sendo potencializada com isto a erosividade.

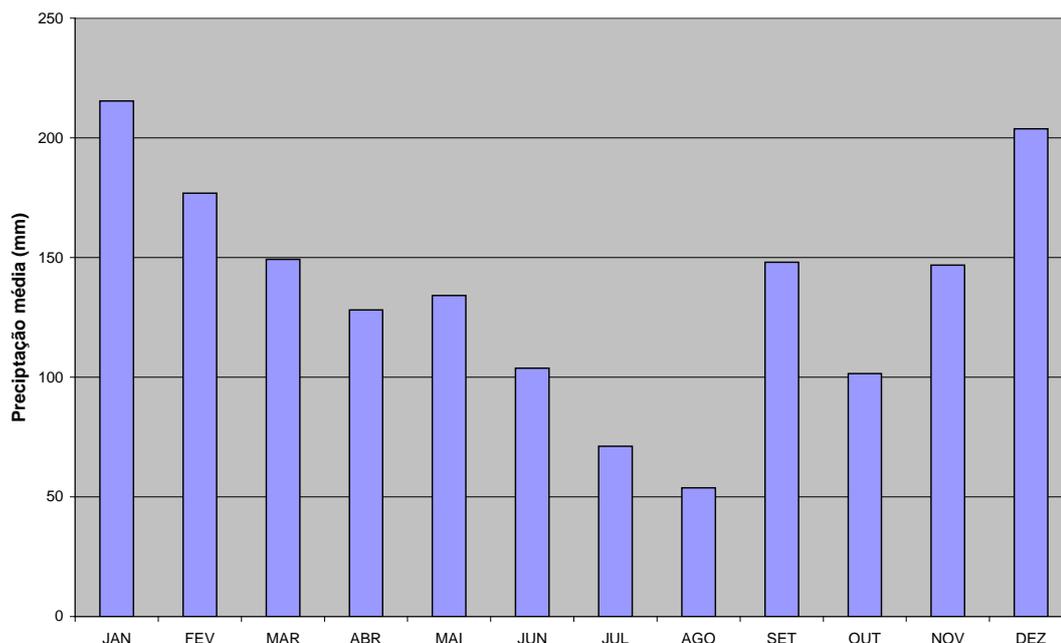


Figura 16 – Gráfico de precipitação média mensal adotada para a Bacia do Córrego Mauá, referente ao período de 1976 e 2006

O coeficiente de vulnerabilidade referente ao clima, para esta bacia, foi determinado considerando as precipitações médias mensais e os coeficientes de Crepani et al. (2001). Para esta área, em função da escala, foi adotado um único coeficiente de vulnerabilidade climática, sendo o mesmo determinado pela média geral dos coeficientes atribuídos às precipitações médias mensais, sendo este coeficiente igual a 1,4 (Tabela 14).

Tabela 14 – Coeficiente de vulnerabilidade da precipitação para a Bacia do Córrego Mauá (mm/mês)

MÊS	PRECIPTAÇÃO (mm)	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE
Janeiro	215,4	1,7
Fevereiro	176,9	1,6
Março	149,2	1,4
Abril	128,1	1,4
Maio	134,2	1,4
Junho	103,8	1,3
Julho	71,1	1,1
Agosto	53,8	1,1
Setembro	148,1	1,4
Outubro	101,5	1,3
Novembro	146,9	1,4
Dezembro	203,8	1,7
Média Geral		1,4

5.1.3 Solos

Com as informações obtidas no Mapa de Solo da EMBRAPA (1999), no trabalho de Zaparoli (2006), somados ao levantamento de campo e aos ensaios de caracterização de amostras coletadas em campo, foi elaborado o mapa de solo da Bacia do Córrego Mauá, sendo este mapa apresentado na Folha 04/07 - Apêndice A.

A Bacia do Córrego Mauá contempla três tipos de solo, com a seguinte ocorrência em porcentagem da área total da bacia: 68,8% para o Latossolo Vermelho (LV), 30,4% para o Nitossolo Vermelho (NV) e, por fim, 0,8% para o Gleissolo háplico (GX), sendo estes dados constantes na Tabela 15.

Tabela 15 – Ocorrência de solos na Bacia do Córrego Mauá

TIPO DE SOLO	LEGENDA	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE	OCORRÊNCIA NA BACIA (%)
Latossolo vermelho eutroférico	LV	1,0	68,8
Nitossolo vermelho eutroférico	NV	1,5	30,4
Gleissolo háplico	GX	3,0	0,8

Para que o estudo sobre o solo não fosse norteado apenas em dados empíricos, foram realizadas ensaios de laboratório tendo como objetivo o de classificar os solos e avaliar a erodibilidade dos solos de interesse, sendo estes detalhados nos itens a seguir.

5.1.3.1 Classificação do solo

Os solos foram classificados tomando como base os ensaios de granulometria e de limite de liquidez e de plasticidade, realizados pelo Laboratório

de Mecânica dos Solos da Universidade Estadual de Maringá – UEM, explicitados anteriormente.

Na classificação do tipo granulométrica, adotou-se para denominação dos solos o critério utilizado pelo Laboratório de Mecânica dos Solos da UEM, que toma como referência a fração principal constituinte do solo e também as frações secundárias. Segundo ainda o critério utilizado pelo laboratório da UEM as frações secundárias são utilizadas na denominação na forma que segue:

- ✓ Fração de até 5% → desprezar a fração;
- ✓ Fração de 6 a 15% → pouco + fração adjetivada;
- ✓ Fração de 16 a 30% → fração adjetivada;
- ✓ Fração de 31 a 49% → muito + fração adjetivada.

Na Tabela 16, com referência às amostras de solo coletadas a um metro de profundidade, é apresentado o resultado da classificação do tipo granulométrica. Nota-se que na área há a predominância de solo argiloso, com a fração argila variando de 38% a 85%, a de silte de 11% a 33% e por fim a de areia de 3% a 29%. Consta na denominação dos solos da bacia, segundo ainda as amostras coletadas, as denominações de Argila siltosa, pouco siltosa, pouco silto-arenosa, muito silto-arenosa e também argila siltosa pouco arenosa.

Tabela 16 - Classificação pela granulometria

Amostra	Argila	Silte	Areia Fina e Média	Argila + Silte	Nomenclatura
P01-Sar	77	18	5	95	Argila siltosa
P02-Sar	74	21	5	95	Argila siltosa
P03-Sar	77	19	5	96	Argila siltosa
P04-Sar	79	17	4	96	Argila siltosa
P05-Sar	80	15	5	95	Argila pouco siltosa
P06-Sar	79	15	6	94	Argila pouco silto-arenosa
P07-Sar	79	18	3	97	Argila siltosa
P08-Sar	85	11	4	96	Argila pouco siltosa
P09-Sar	82	14	4	96	Argila pouco siltosa
P10-Sar	38	33	29	71	Argila muito silto-arenosa
P11-Sar	62	27	11	89	Argila siltosa pouco arenosa
P12-Sar	79	14	7	93	Argila pouco silto-arenosa

Segundo o Sistema de Classificação Unificado (*Unified Soil Classification System* - ASTM D-2487/2000), que considera além da granulometria também os limites de liquidez e de plasticidade, o solo da bacia em interesse é classificado como Silte Elástico – MH, apesar do solo proveniente da amostra P07/Sar ter sido classificada como Argila de alta plasticidade – CH, ver dados contidos na Tabela 17.

Todos os solos analisados se posicionam próximos da Linha “A” da Carta de Plasticidade, Figura 17. Com exceção do solo da amostra P07/Sar, todos os demais se posicionam abaixo da Linha “A” e a direita da linha de LL=50, portanto se classificando como solo do tipo MH – Silte elástico. O solo da amostra P07/Sar se posiciona pouco acima da Linha “A” e também a direita da linha de LL=50, classificando-se como um solo do tipo CH – Argila de alta plasticidade. Considerando-se este fato, pode-se admitir que a Bacia do Córrego Mauá é constituída em seu conjunto por um único solo, do tipo MH – Silte elástico.

Tabela 17 – Classificação pelo Sistema Unificado (ASTM D-2487/2000)

Amostra	LL	LP	IP	%<#200	%<2 μ m	γ_s (gf/cm ³)	A* = IP/%<2 μ m	Identificação do solo (sistema unificado)
P01/Sar	56	37	19	96	77	2,98	0,25	MH - Silte Elástico
P02/Sar	58	36	22	96	74	2,96	0,30	MH - Silte Elástico
P03/Sar	58	37	21	97	77	2,92	0,27	MH - Silte Elástico
P04/Sar	54	37	17	96	79	2,96	0,22	MH - Silte Elástico
P05/Sar	63	32	31	95	80	2,88	0,39	MH - Silte Elástico
P06/Sar	64	39	25	95	79	2,90	0,32	MH - Silte Elástico
P07/Sar	61	30	31	98	79	2,96	0,39	CH - Argila de alta plasticidade
P08/Sar	69	37	32	96	85	2,85	0,38	MH - Silte Elástico
P09/Sar	69	36	33	97	82	2,93	0,40	MH - Silte Elástico
P10/Sar	54	33	21	77	38	2,93	0,55	MH - Silte Elástico com areia
P11/Sar	57	31	26	91	62	2,92	0,42	MH - Silte Elástico
P12/Sar	63	38	25	93	79	2,91	0,32	MH - Silte Elástico

* Atividade coloidal de Skempton.

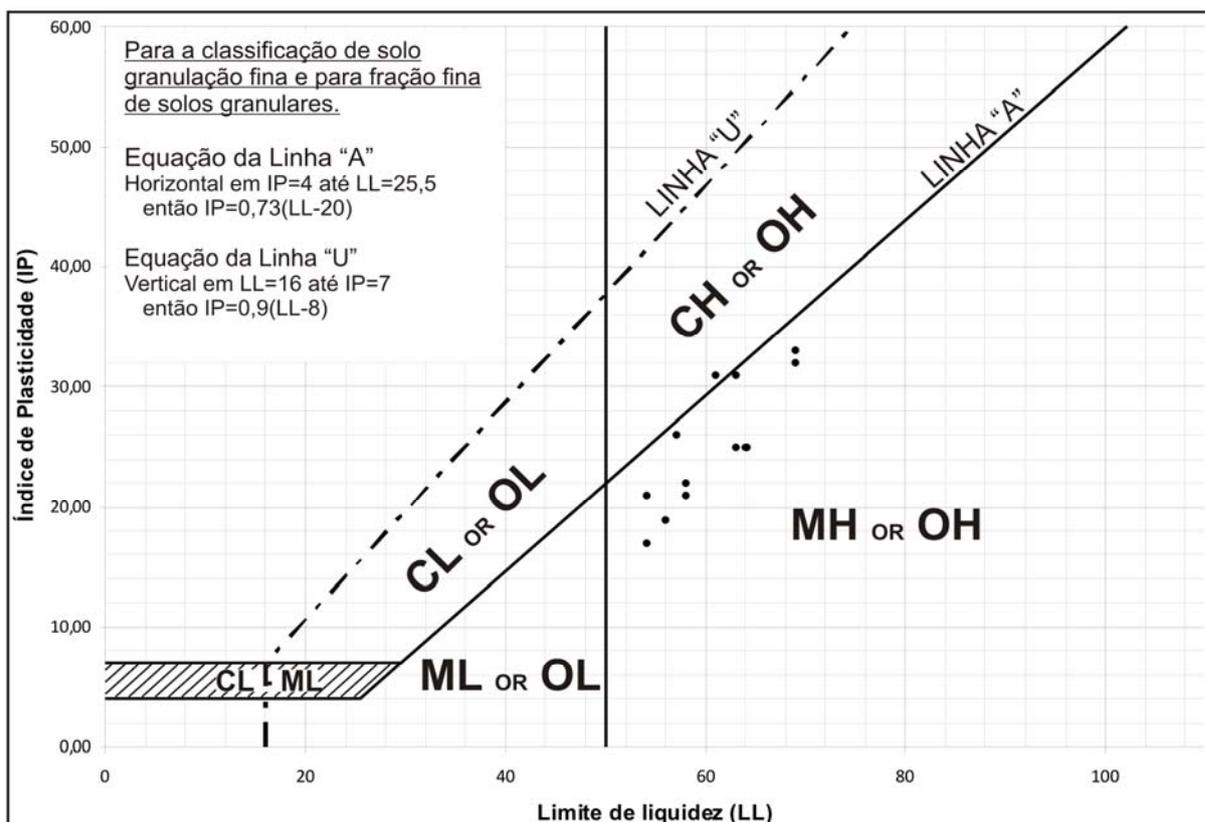


Figura 17 - Carta da plasticidade

Os solos constituintes da Bacia do Córrego Mauá se apresentam com parcela significativa de argila, portanto os mesmos possuem elevado grau de desenvolvimento, estabilidade da estrutura e certa coesão, resultados estes também evidenciados por Westphalen (2008) e Souza e Gasparetto (2010). A coesão dos solos contribui com a resistência dos mesmos ao desencadeamento de processos erosivos (CONCIANI, 2008).

Os solos argilosos do Norte Paranaense, principalmente os Latossolos e Nitossolos, pedologicamente evoluídos, porosos e permeáveis, tendem a um comportamento de material arenoso, comprometendo em parte a resistência à erosão. Conciani (op. cit) observou em seus estudos que os solos metaestáveis, mesmo com teores elevados de argila, são facilmente erodíveis.

5.1.3.2 Erodibilidade

O índice de absorção de água e a perda de massa por imersão, com referência a cada corpo de prova recolhido no campo, foram determinados com a metodologia proposta no capítulo de materiais e método. Absorção de água em função da raiz quadrada do tempo, com referência a cada corpo de prova, é apresentada no Apêndice B, enquanto que os índices de absorção de água e as perdas de massa por imersão são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Índice de absorção de água e de perda de massa por imersão

PONTO DE COLETA	CORPO DE PROVA	ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA [$(\text{cm}^3/\text{cm}^2)/\sqrt{t(\text{min})}$]	PERDA DE MASSA POR IMERSÃO (%)
P01/Sar	23	0,9899	18,80
P02/Sar	18	0,8999	1,54
P03/Sar	19	1,2384	9,83
P04/Sar	26	1,2685	4,79
P05/Sar	20	1,1515	0,47
P06/Sar	16	1,3157	3,02
P07/Sar	12	0,8919	3,74
P08/Sar	1	0,9094	10,45
P09/Sar	5	0,9992	18,50
P10/Sar	8	0,8685	1,05
P11/Sar	10	1,5783	5,72
P12/Sar	17	0,7137	7,19

A verificação da condição de erodibilidade do solo foi feita pelo índice de erodibilidade (Tabela 19) ou diretamente pelo uso do gráfico (Figura 18) proposto por Pejon (1992) em que se considera a perda de massa por imersão (P) e o índice de absorção de água (s).

Os solos da Bacia do Córrego Mauá, segundo resultado dos ensaios realizados nos corpos de prova recolhidos no campo, se apresentam com índice de erodibilidade variando de 1,5 a 69,2. Sendo estes valores maiores que um ($E > 1$), os solos desta bacia são considerados como não erodível (ver dados constantes na Tabela 19).

Tabela 19 - Índices de erodibilidade dos solos da Bacia do Córrego Mauá

PONTO DE COLETA	CORPO DE PROVA	RESULTADOS	
		E	Erodibilidade
P01/Sar	23	1,5	NÃO ERODÍVEL
P02/Sar	18	16,6	NÃO ERODÍVEL
P03/Sar	19	3,1	NÃO ERODÍVEL
P04/Sar	26	7,5	NÃO ERODÍVEL
P05/Sar	20	69,2	NÃO ERODÍVEL
P06/Sar	16	12,4	NÃO ERODÍVEL
P07/Sar	12	6,8	NÃO ERODÍVEL
P08/Sar	1	2,5	NÃO ERODÍVEL
P09/Sar	5	1,5	NÃO ERODÍVEL
P10/Sar	8	23,6	NÃO ERODÍVEL
P11/Sar	10	7,9	NÃO ERODÍVEL
P12/Sar	17	2,8	NÃO ERODÍVEL

A não erodibilidade dos solos da Bacia do Córrego Mauá pode também ser constatada no gráfico da Figura 18, pela distribuição dos solos quanto à perda de massa por imersão e o índice de absorção de água.

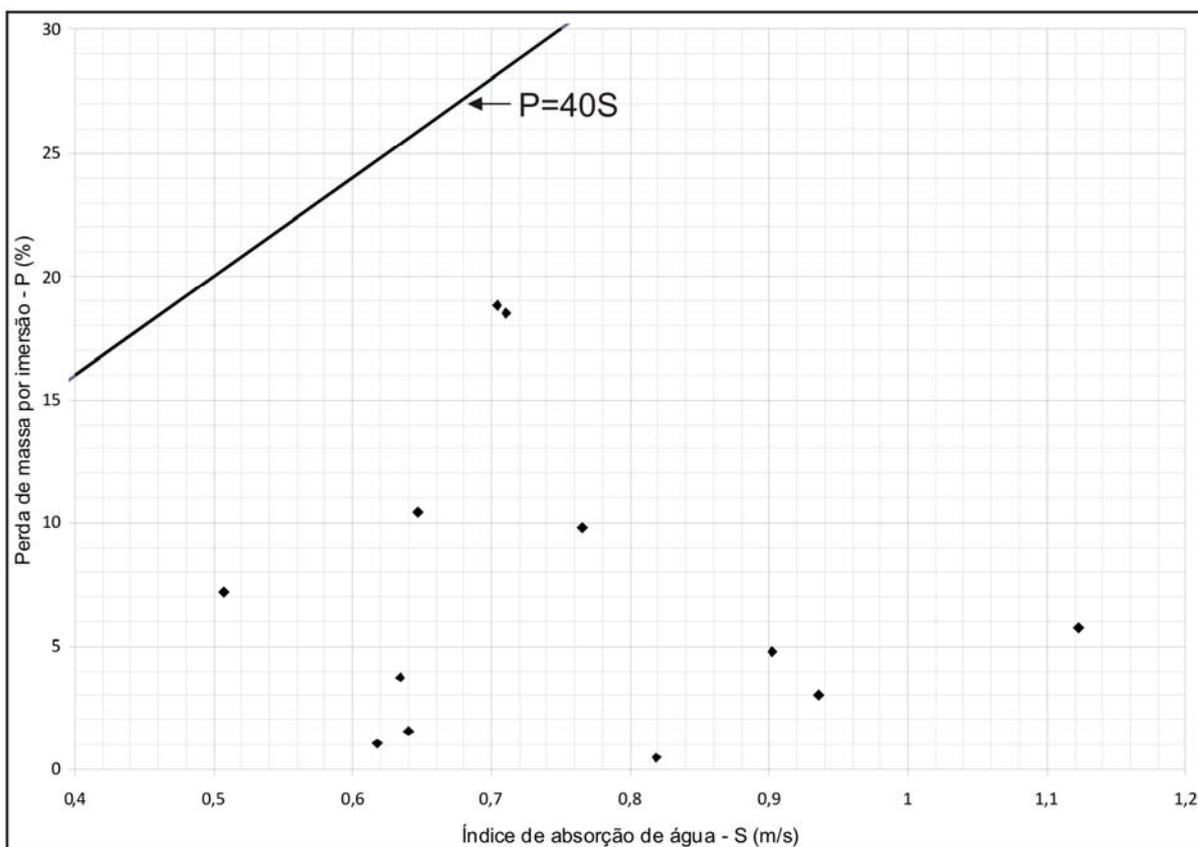


Figura 18 - Perda de massa por imersão P (%) x índice de absorção de água s $[(\text{cm}^3/\text{cm}^2)/\sqrt{t(\text{min})}]$

O fato das amostras de solos se apresentarem com baixa erodibilidade se justifica em parte pela concentração de argila existente nestes solos, em teores elevados e assemelhados (fração argila variando de 62 a 85%), com exceção da amostra P10/Sar (fração argila de 38%).

5.1.4 Declividade

A suscetibilidade dos solos à erosão se relaciona diretamente com as características de estrutura e textura dos solos, e se associa também com a declividade do terreno. Neste sentido Ross (1994) tem utilizado a declividade como uma variável temática, necessária à determinação do bom uso e aproveitamento do solo.

A elaboração do mapa de declividade é possível pela adoção de classes de declividade, sendo neste trabalho adotadas aquelas apresentadas no capítulo de Material e Método.

A declividade da área de interesse está apresentada na forma de mapa, constata na Folha 05/07 - Apêndice A.

A área de estudo se apresenta com vertente convexa a plano, e em sua grande maioria, com declividades baixas, variando de 2 a 6%, perfazendo 64,9% da área (Tabela 20).

Tabela 20 – Ocorrência de declividade na Bacia do Córrego Mauá

DECLIVIDADE (%)	ÍNDICES DE VULNERABILIDADE	CLASSE MORFOMÉTRICA	OCORRÊNCIA NA BACIA (%)
< 2	1.0	Muito baixa	15,2
2 – 6	1.5	Baixa	64,9
6 – 20	2.0	Média	19,4
20 – 50	2.5	Alta	0,40
> 50	3.0	Muito Alta	0,10

Devido ao processo erosivo desencadeado na região da cabeceira do Córrego Mauá, o mesmo se apresenta com seu canal encaixado na forma de “V” e de “U”, com declividade alta no sentido transversal, variando de 20 a 50%, apresentando em determinados locais, devido a esta configuração, escoamento superficial e subsuperficial.

Na região do baixo curso do Córrego Mauá, nas proximidades da confluência com o Ribeirão Pinguim, é perceptível a presença de uma planície, com sensível redução da velocidade de escoamento. Esta região se apresenta com declividade inferior a 6%, considerada do tipo baixa a muito baixa.

Na margem direita do Córrego Mauá, excetuando-se a região da confluência com o Ribeirão Pinguim, observa-se vertente do tipo convexa, com a presença de rupturas em média vertente. Nesta região, antes da ruptura de vertente, predominam as declividades baixas, variando de 2 a 6%, enquanto que abaixo da ruptura de vertente são verificadas declividades médias, correspondentes a classe de declividade de 6 e 20%.

Declividades muito altas, superiores a 50%, se encontram em áreas onde existe uma erosão urbana conforme especificado no mapa de declividade, Folha 05/07 – Apêndice A.

A Figura 19 ilustra a rápida evolução da erosão urbana presente na cabeceira de drenagem do Córrego Mauá. Neste local, em decorrência de chuvas intensas que ocorrem nos meses de novembro e dezembro, houve ruína de uma obra de engenharia executada para dissipar a energia da água despejada por um emissário final de galeria pluvial. Esta ruína ocorreu oito meses após a entrega da obra, evidenciando neste caso o poder erosivo da água, quando lançada inadequadamente sobre o solo, ainda que o mesmo seja considerado de baixa erodibilidade pelos ensaios de laboratório. Isto reafirma a importância do manejo eficaz e eficiente das águas pluviais por parte dos gestores públicos.



(A) Fotografia de abril de 2008, vista da montante da erosão.

(B) Fotografia de setembro de 2008, vista de um dos dissipadores de energia instalados no local.

(C) Fotografia de dezembro de 2008, vista de um dos dissipadores de energia após a ocorrência de fortes chuvas.

Figura 19 - Vista do ponto de descarga do emissário urbano, após ruína do dissipador de energia

Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Urbanismo (2008)

5.1.5 Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo contempla o levantamento espacial de áreas, no que se refere aos diversos destinos dado ao solo, existente na época do levantamento. A forma do uso e ocupação do solo influi diretamente na potencialização da vulnerabilidade do solo.

Para a Bacia do Córrego Mauá foi elaborado o mapa de uso e ocupação do solo, sendo o mesmo apresentado na Folha 06/07 do Apêndice A.

Conforme consta no mapa a maior parte da bacia é constituída de área urbana, perfazendo o total de 75,2% da área. A área urbanizada compreende principalmente o anfiteatro da cabeceira do Córrego Mauá, sendo que grande parte das águas pluviais são drenadas para um único local. Neste local tem-se instalado uma erosão urbana de grande proporção.

Diferenciando-se do padrão produtivo agrícola regional que tem como base a cultura da soja-milho-trigo, a área rural da bacia é ocupada pela cultura de hortaliça (11,7% da área), pecuária (9,9% da área), soja e milho (0,6% da área), e piscicultura (0,1% da área), totalizando portanto 22,3% da área da bacia.

A área ocupada por mata-galeria e a área em recuperação ou de abandono perfazem 2,5% da área da bacia.

Tabela 21- Ocorrência do uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Mauá

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	COEFICIENTE DE VULNERABILIDADE	OCORRÊNCIA NA BACIA (%)
Urbano	3,0	75,2
Cultura temporária – hortaliças	3,0	11,7
Pastagem	2,0	9,9
Mata galeria	1,4	2,2
Cultura temporária – soja/milho	2,5	0,6
Área em recuperação e ou abandono	2,0	0,3
Tanque para piscicultura	1,4	0,1

5.1.6 Mapa de vulnerabilidade ambiental

O mapa de vulnerabilidade ambiental foi elaborado tomando-se como base a metodologia constante no capítulo de Material e Método. Este mapa, por sua vez, é o produto final desta dissertação, sendo o mesmo apresentado na Folha 07/07 do Apêndice A. O mapa em si é o resultado da combinação das informações contidas nos produtos cartográficos elaborados (mapa de declividade, de solo e, por fim, de uso e ocupação do solo) com as informações referenciadas ao substrato rochoso e ao clima.

O mapa de vulnerabilidade ambiental, elaborado com a utilização de modelo matemático, com seus indicadores físicos, torna possível a identificação, simulação e quantificação de cenários. Desta forma, o mapa de vulnerabilidade ambiental é uma importante ferramenta a ser utilizada no planejamento urbano e regional, sendo esta importância observada por Martoni (1997), Sala (2006) e Paiva (2010).

Para a Bacia do Córrego Mauá a vulnerabilidade ambiental predominante é a do tipo baixa (índice de 1,4 a 1,8) perfazendo 87,8% da área da bacia. Para melhor entendimento foi elaborada a Tabela 22, na qual é apresentada a distribuição da vulnerabilidade na bacia, sendo a mesma apresentada na forma de porcentagem da área total.

Tabela 22 – Ocorrência de vulnerabilidade ambiental na Bacia do Córrego Mauá

VULNERABILIDADE AMBIENTAL	INTERVALO DE ÍNDICE	OCORRÊNCIA NA BACIA (%)
Muito baixa	1,0 – 1,4	2,2
Baixa	1,4 – 1,8	87,8
Média	1,8 – 2,2	9,7
Forte	2,2 – 2,6	0,3
Muito forte	2,6 – 3,0	0,0

Na análise da vulnerabilidade ambiental é importante se considerar a influência de cada uma das variáveis temáticas (substrato rochoso, clima, declividade, solo, uso e ocupação do solo) na determinação do índice de vulnerabilidade ambiental em si.

É evidente a marcante influência da declividade e do uso e ocupação do solo na vulnerabilidade ambiental, sendo este fato constatado pela análise conjunta do mapa de vulnerabilidade ambiental (Folha 07/07 – Apêndice A) com aqueles de declividade (Folha 05/07 – Apêndice A) e do uso e ocupação do solo (Folha 06/07 – Apêndice A).

Em decorrência da dimensão da bacia e da singularidade do substrato rochoso e do clima, os mesmos não conduzem a um diferencial de vulnerabilidade para as diferentes partes da bacia. Considerando ainda, que os coeficientes de vulnerabilidade adotados para o substrato rochoso (coeficiente 1,5) e para o clima (coeficiente 1,4) são valores baixos, os mesmos tendem a proporcionar valores baixos para o índice de vulnerabilidade ambiental da bacia como um todo.

As áreas constituídas de Latossolos (LVe) e os Nitossolos (NVe) perfazem quase que a totalidade da bacia e se apresentam com coeficiente de vulnerabilidade de valor muito baixo a baixo (coeficiente de 1,0 a 1,5), enquanto que os Gleissolos (Gx), que representam um percentual pequeno da bacia, se apresentam com coeficiente de vulnerabilidade de valor muito mais elevado (coeficiente de 3,0).

A área compreendida pelos Nitossolos (NVe), no mapa de vulnerabilidade ambiental, se apresenta com índices de vulnerabilidade ambiental de valor considerável e correspondente a vulnerabilidade média. Parte considerável desta área corresponde à área de declividade média a alta (Folha 05/07 – Apêndice A), sendo que esta declividade se acentua nas áreas próximas ao fundo de vale, principalmente no entorno da erosão urbana. É na área de Nitossolo (NVe) que se concentram as atividades do cultivo de hortaliças, em que tem sido atribuído o coeficiente de vulnerabilidade igual a 3,0.

A área constituída por solo do tipo Gleissolo (Gx), ao qual tem sido atribuído um valor alto para o coeficiente de vulnerabilidade (coeficiente igual a 3,0), se apresenta com vulnerabilidade ambiental de média a forte, apesar de esta ser uma área de baixa declividade. A área do Gleissolo (Gx) tem seu uso e ocupação do solo voltado para a pecuária (coeficiente de 2,0).

Conforme os dados apresentados na Tabela 22, no que se refere a vulnerabilidade ambiental, 87,8% da área da bacia se apresenta com vulnerabilidade ambiental do tipo baixa, sendo estas áreas relacionadas a solos de boa coesão (Latossolo e Nitossolo) e com declividade de baixa a média. Mesmo em área urbana, em que o coeficiente de uso e ocupação tem sido adotado na ordem de três, os Latossolos e Nitossolos se apresentam com baixa vulnerabilidade ambiental.

Ainda conforme os dados da Tabela 22, 9,7% da área da bacia é de vulnerabilidade ambiental média, esta área também se relaciona ao Nitossolo (NVe) e em pequena proporção ao Gleissolo (Gx). Esta área tem seu uso e ocupação relacionados ao cultivo de hortaliças e tem sua declividade dominante de 6 a 20%.

As áreas de vulnerabilidade ambiental do tipo muito forte a forte e muito baixa perfazem um montante 2,5% da área total da bacia.

5.2 EXPANSÃO URBANA NA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ

Segundo o ITCG (2011) e Sarandi (2009), o município de Sarandi se apresenta com 103,68km², sendo o menor município em extensão da região metropolitana de Maringá. Sua área urbana de 23,74km², em decorrência da conurbação com o município maringaense, é subdividida em três núcleos, sendo eles a Sede municipal, a Chácara Aeroporto conhecida também como Vale Azul e o Condomínio de chácaras da Estância Zaúna (ver detalhes na Tabela 23).

O município de Sarandi apresentou seu crescimento e expansão urbana de forma desorganizada e descontrolada em decorrência da forte pressão sofrida pelo desenvolvimento do município de Maringá. Na Figura 20 se apresenta o desenvolvimento de mancha urbana de Sarandi de 1950 a 2008, podendo-se notar a consolidação do crescimento urbano nas duas últimas décadas.

Tabela 23 - Solo urbanizado no Município de Sarandi - 2008

COMPONENTES DA ESTRUTURA URBANA	ÁREA (km²)	PERÍMETRO (km)	(%)
Sede	19,65	29,48	82,77
Chácaras aeroporto (Vale Azul)	2,01	6,02	8,47
Condomínio Estância Zaúna	2,08	6,65	8,76
Total	23,74	42,15	100

Fonte: Freire (2009)

No período de 1980 a 1990 o município de Sarandi apresentou taxa anual de crescimento populacional de 7,44%, tendo no ano de 1985 uma área de ocupação de 9,8km², apresentando uma ocupação com residências dispensas e um grande número de lotes vazios e de novos loteamentos. No período de 1991 a 2000, a taxa de crescimento da população foi de 4,56%, tendo no ano de 1995 uma área de ocupação de 11,12km², inclusive com a ocupação dos lotes já existentes.



O gráfico da Figura 21 ilustra a evolução dos loteamentos no município de Sarandi, tendo para a década de 1970 a aprovação de aproximadamente 40 loteamentos. Nota-se neste gráfico, com referência à década de 1990, um número significativo de aprovação de novos loteamentos.

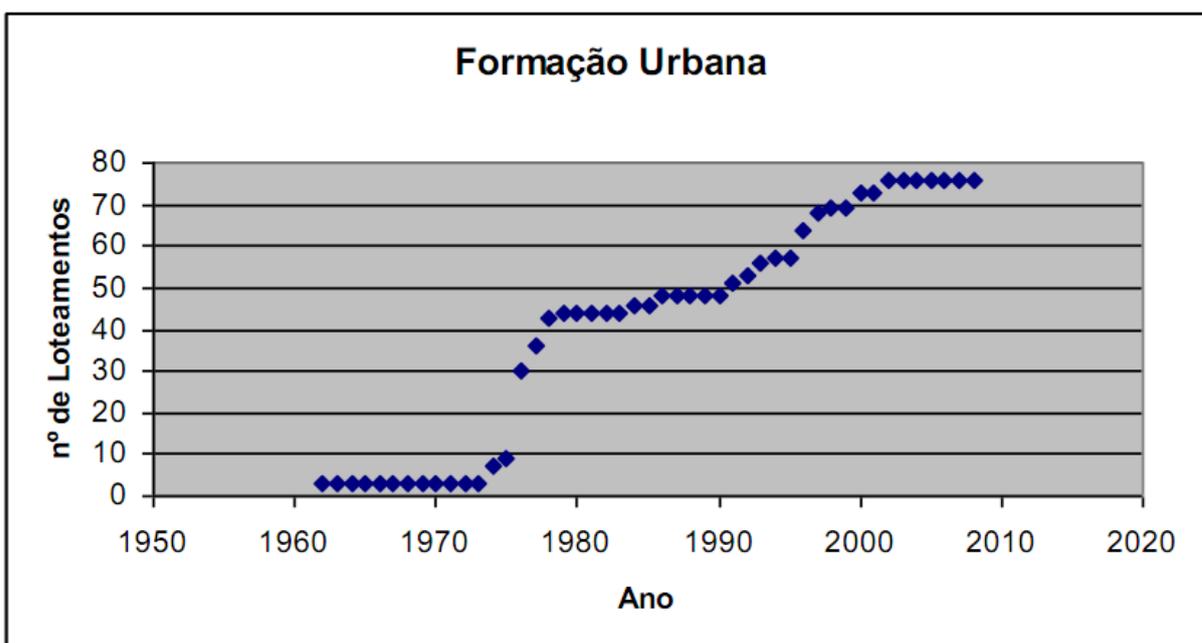


Figura 21 - Evolução dos loteamentos no município de Sarandi-PR
Fonte: Toy (2010)

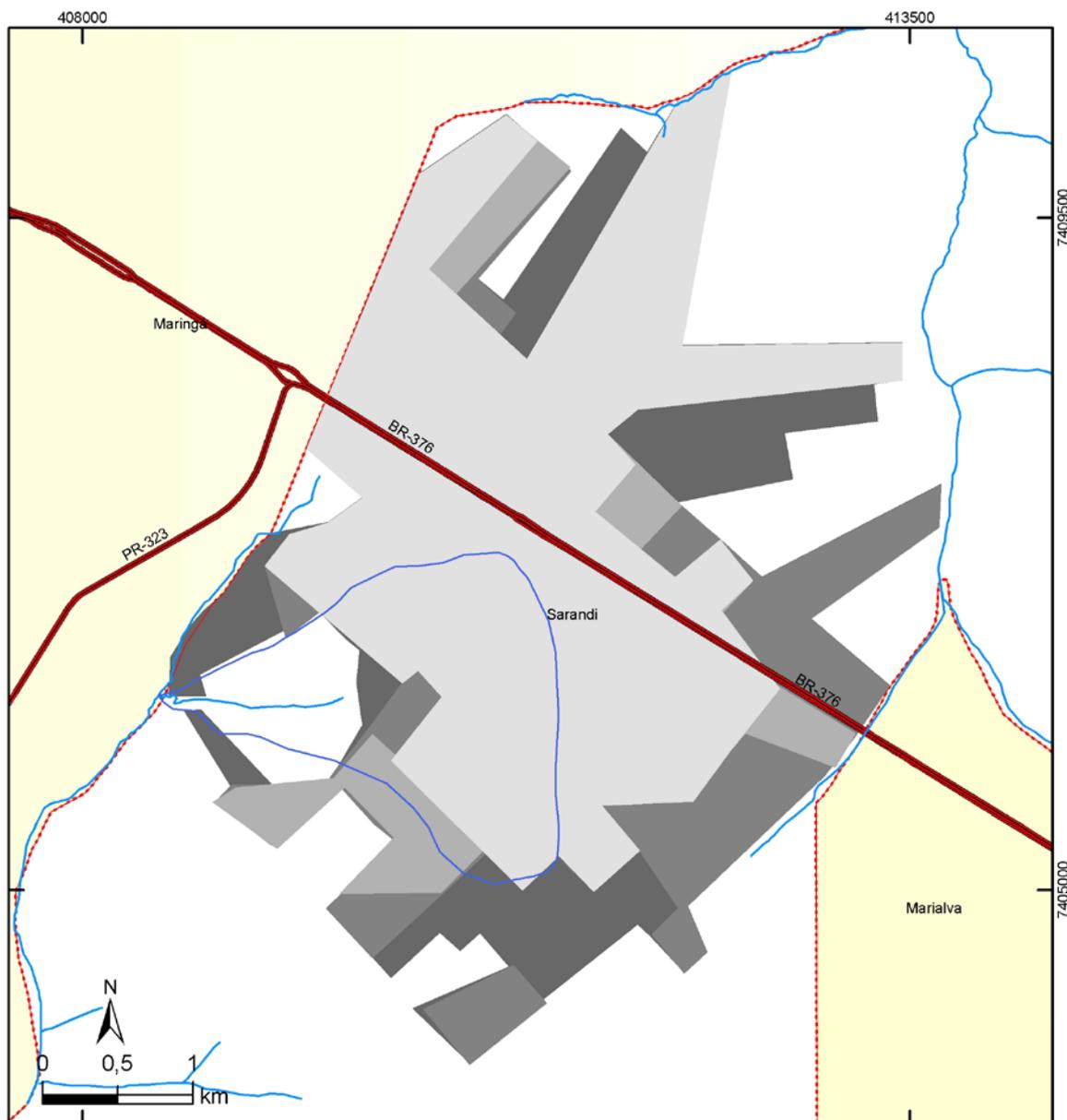
Segundo Toy (op. cit), no ano de 1992 foi elaborado em conjunto com os municípios de Maringá, Paiçandu e Marialva o Plano Diretor Integrado – PDI. Este autor ainda ressalta que tal medida não tem atendido às necessidades individuais das cidades.

Mesmo com a elaboração do PDI, que apresentava critérios para elaboração de loteamentos, e da existência da Lei 6.766/79 (Brasil, 1979), que dispõe sobre o

parcelamento do solo urbano, não foram impedidas a aprovação e a implantação de novos loteamentos, deficitários em termos de infraestrutura (TOY, 2010). O autor ainda informa que, em decorrência do não cumprimento das leis vigentes, existem na prefeitura do município de Sarandi 17 processos judiciais contestando empreendimentos imobiliários.

Na sede do município de Sarandi para o período de 2000 a 2009, a taxa de crescimento anual foi de 1,47%, tendo no ano de 2005 uma área de ocupação de 13,67km², sendo mantido o crescimento horizontal do município de aproximadamente 2km² de área agregada à sede. Observa-se um contínuo crescimento populacional e de áreas ocupadas no município, mais expressivo entre os as décadas de 1980 a 2000 e um pouco menos, de 2000 a 2009, em comparação com os períodos anteriores. Porém o crescimento horizontal urbano não acompanha o ritmo de crescimento populacional, pois, como é possível verificar a área urbana do município para o período de 2005 a 2010 apresentou crescimento de aproximadamente 20%, totalizando uma área urbana na sede de 16,48km², em 2010.

Na Figura 22, ilustra-se o crescimento da mancha urbana da Sede do município de Sarandi para o período de 1985 a 2010.



	Sarandi		Bacia Hidro. do Cór. Mauá
	1985 - 9,8Km ²		Hidrografia
	1995 - 11,12Km ²		Rodovias
	2005 - 13,67Km ²		
	2010 - 16,48Km ²		

Base cartográfica: IBGE, 2007
ITCG, 2006
PMS, 2008

Sistema de Projeção
UTM SAD 69 fuso 22 S

Elaboração: Do autor (2011)

Figura 22 - Mapa da mancha urbana da Sede para os anos de 1985 a 2010

Em conformidade com os dados apresentados na Tabela 24, verifica-se que a Bacia do Córrego Mauá não apresentou o mesmo nível de expansão da mancha urbana da Sede como um todo. Com exceção do período de 1985 a 1995 em que o crescimento urbano na bacia foi entorno de 19,66%, enquanto que a sede se apresentou com crescimento de 11,8%. Para o período de 1995 a 2005, o crescimento da mancha urbana foi de 7,04%, enquanto que, para o período de 2005 a 2010, o crescimento foi de 6,14%, enquanto que a sede como um todo para estes períodos cresceu, respectivamente, de 18,65% e 17,04%.

Tabela 24 - Crescimento da mancha urbana na Bacia do Córrego Mauá, Sarandi – PR

ANO	ÁREA URBANIZADA NA BACIA (km ²)	PERCENTUAL REFERENTE À ÁREA URBANIZADA DA SEDE	CRESCIMENTO DA MANCHA URBANA NA BACIA PARA OS PERÍODOS CORESPONDENTES AOS ANOS (%)
1985	1,78	18,16	-
1995	2,13	19,15	19,66
2005	2,28	16,68	7,04
2010	2,42	14,68	6,14

Fonte: elaborado pelo autor

É importante ser mencionado que o número de lotes vazios na área da bacia, contabilizados no ano de 2010, é de 1.727 lotes, sendo 885 procedentes de expansão urbana anterior a 1985, 526 lotes vazios procedentes do período de 1985 a 1995, 232 lotes vazios procedentes do período de 1995 a 2005 e, por fim, 81 lotes vazios procedentes do período de 2005 a 2010 (ver dados contidos na Tabela 25).

Tabela 25 - Procedência dos lotes vazios na Bacia do Córrego Mauá

PERÍODO DE PROCEDÊNCIA	LOTES VAZIOS	LOTES VAZIOS (%)
De 2005 a 2010	81	4,7
De 1995 a 2005	235	13,6
De 1985 a 1995	526	30,5
Anterior a 1985	885	51,2
TOTAL	1.727	100

Fonte: elaborado pelo autor

*Dados retirados do mapa de vazios urbanos, referentes à área da bacia de estudo, disponibilizado pela Prefeitura do Município de Sarandi, atualizado no início de 2010.

Na Figura 23, na forma de ilustração, apresenta-se um loteamento recente implantado na Bacia do Córrego Mauá no período de 2005 a 2010, podendo-se constatar a existência de lotes vazios.



Figura 23 – Vista de loteamento recente, implantado na Bacia do Córrego Mauá pertencente ao período de 2005 a 2010

5.3 PROJEÇÃO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE SARANDI

Tomando como base a população existente no município de Sarandi nos anos de 1990, 2000 e 2010 (ver dados constantes na Tabela 26) e a metodologia de cálculo do crescimento logístico (modelo 1), a população de saturação para este município é de 92.930 habitantes, o que ocorrerá por volta de 2040.

Tabela 26 – População do município de Sarandi

TEMPO (ano)		POPULAÇÃO (hab.)	
t_0	1990	P_0	47.981
t_1	2000	P_1	71.422
t_2	2010	P_2	84.847

Fonte: IBGE (2011)

No gráfico da Figura 24, apresenta-se a evolução do crescimento populacional do município de Sarandi até 2040, estimada pelo método do crescimento logístico.

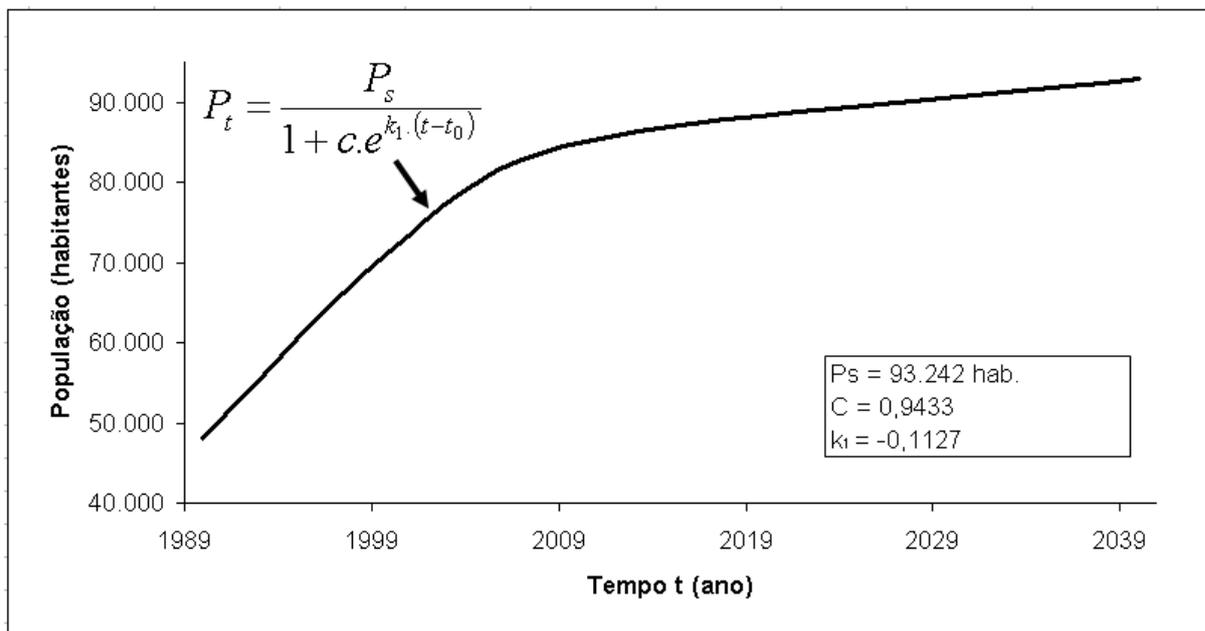


Figura 24 - Projeção populacional para o município de Sarandi, modelo 1 - "Crescimento Logístico"

Para a estimativa da evolução populacional do município de Sarandi, pelo modelo 2, tem-se adotado a taxa de crescimento anual de 0,51%, sendo este valor indicado pelo IBGE em 2001. Tomando como base a expressão matemática contida no capítulo de Material e Método (Eq. 6), a população estimada para o ano de 2040 é de 98.836 habitantes, sendo este número superior àquele estimado pelo crescimento logístico (modelo 1).

No gráfico da Figura 25, apresenta-se a evolução da população do município de Sarandi, quando da utilização de uma taxa de crescimento anual constante, no caso a taxa anual de 0,51%.

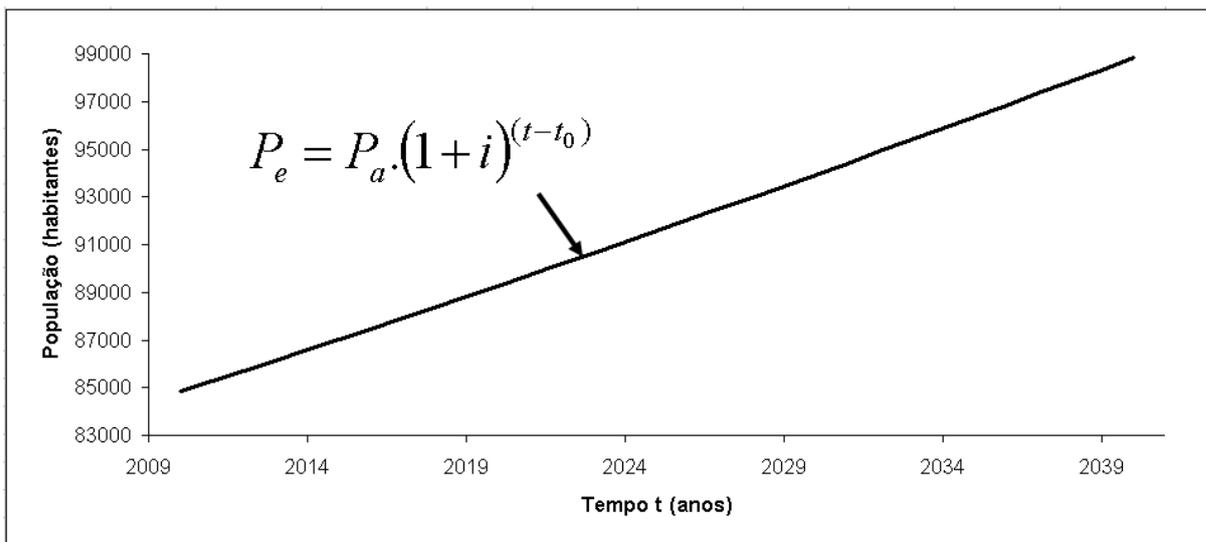


Figura 25 - Projeção Populacional para o município de Sarandi, modelo 2

6 CONCLUSÕES

É notável a expansão urbana do município de Sarandi, inclusive com a ocupação das cabeceiras de drenagem dos córregos adjacentes ao espigão principal constituído pela rodovia BR-376. A expansão tem sido comandada, até certo ponto, pelas necessidades da Região Metropolitana de Maringá, principalmente pelo fato da cornubação entre os dois municípios e o preço acessível dos lotes urbanos para a classe trabalhadora. Os baixos preços de venda praticados são possíveis pela inexistência da infraestrutura necessária que inclusive é exigida pela Lei Federal nº 6.766/79 (BRASIL, 1979), para implantação de qualquer loteamento urbano.

A população do município de Sarandi, que segundo censo do IBGE de 2010, é atualmente, em termo de população, um dos maiores do Estado do Paraná, tende à saturação nas próximas décadas. Já o aumento no número de aprovações e implantações de novos loteamentos no município de Sarandi exige dos gestores públicos deste município uma avaliação dos cenários futuros, com a devida estimativa populacional, possibilitando com isto medidas inclusive que favoreçam a ocupação dos inúmeros lotes vazios existentes no perímetro urbano, sem o comprometimento do erário público. Tais medidas devem anteceder a expansão urbana, favorecendo desta forma a implantação e adequação das infraestruturas em loteamentos já existentes em áreas centrais e periféricas do município.

Ainda sim, caso haja a necessidade de expansão urbana, é evidente a importância da utilização de mapa de vulnerabilidade ambiental para as áreas lindeiras aos núcleos urbanos do município de Sarandi, utilizando-se inclusive a bacia hidrográfica como unidade de planejamento urbano e rural, no sentido de orientar a expansão urbana em novas áreas. O mapa de vulnerabilidade ambiental é

um instrumento que deve ser utilizado no planejamento urbano em vista da preservação e o uso correto do manejo em áreas, principalmente no caso de áreas não favoráveis ao seu uso e ocupação.

A Bacia do Córrego Mauá em sua grande parte se apresenta com vulnerabilidade ambiental do tipo baixa, sendo estas áreas localizadas em região de baixa declividade, com solos evoluídos e de boa coesão do tipo Latossolo (LVe) e Nitossolo (NVe). Estas áreas, por sua vez já fazem parte da área urbana. As áreas restantes, passíveis de expansão urbana nesta bacia, são áreas com média vulnerabilidade ambiental.

Para a ocupação de áreas que apresentam média e alta vulnerabilidade ambiental, os gestores devem ter atenção redobrada, principalmente no que se refere à orientação e à ordenação do uso e ocupação do solo.

O mapa de vulnerabilidade ambiental, resultante da interação de variáveis temáticas de interesse, propicia recursos e informações importantes a serem usados no planejamento e gestão do território urbano, direcionando adequadamente a sua expansão de forma a se garantir a sustentabilidade ambiental. O mapa de vulnerabilidade ambiental permite as considerações das fragilidades potenciais do solo como evidenciado no mapa de vulnerabilidade ambiental da Bacia do Córrego Mauá.

Os resultados de ensaios de laboratório do tipo de perda de massa por imersão e absorção de água, bem como os próprios ensaios de caracterização, indicam que os solos superficiais existentes na Bacia do Córrego Mauá são do tipo não erodível. Os solos constituintes desta bacia contêm uma considerável fração de argila, que lhes empresta características coesivas. Pelo sistema de classificação unificada (ASTM) estes solos são do tipo silte-elástico.

Porém, tais solos se tornam susceptíveis a processos erosivos quando do inadequado uso e ocupação do mesmo, principalmente quando da inexistência de infraestrutura urbana nos antigos e novos loteamentos. A susceptibilidade dos solos se agrava com o clima da região, que se apresenta com elevado índice pluviométrico, principalmente no verão (dezembro, janeiro e fevereiro), proporcionando a concentração de volumes consideráveis de água em determinados locais. Esta concentração de água, proveniente do despejo de emissários finais, pela

inexistência de dissipadores de energia adequados, se torna na principal fonte de desagregação e de carreamento do solo na cabeceira do Córrego Mauá e, conseqüentemente, no principal agente responsável pela existência de uma erosão urbana no local.

Visto que são inúmeras as formas de manejo, que podem ser utilizadas tanto em área rural quanto em área urbana, com vista ao controle de processo erosivo, os processos erosivos não só se constituem em um problema ambiental, mas também em um problema de cunho político, econômico e social.

Ressalta-se por fim, a importância da continuidade dos trabalhos de pesquisa, inclusive utilizando outras bacias hidrográficas, utilizando-se para isto estudos voltados ao entendimento e determinação da erosividade do solo, inclusive no que se refere a metodologia da estimativa da vulnerabilidade ambiental e a adequação de valores de coeficientes de vulnerabilidade temática.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459: Solo – determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, 1984.

_____. *NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 1984.

_____. *NBR 7181: Solo – Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984.

_____. *NBR 6508: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm - determinação da massa específica*. Rio de Janeiro, 1984.

_____. *NBR 6457: Amostra de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaio de caracterização*. Rio de Janeiro, 1986.

_____. *NBR 14.001: Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e diretrizes para uso*. Rio de Janeiro, 2004

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *D 2487 - Standart Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, 2000.

ÁNGEL, J. D. R. *Los sedimentos Del rio Magdalena: Reflejo da La crisis ambiental*. Medellín – Colômbia. Editora EAFIT, 2005. 267p.

ANTUNES, P. B. *Direito Ambiental*. 4. ed. Rio de Janeiro : Lumen Juris, 2000. 940p.

BATALIOTI, T. *Cianorte: Ocupação Pioneira, modernização da agricultura e impactos sócio-espaciais*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 193p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 5 ed. São Paulo: Ícone Editora, 2005. 355p.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais* Vol. 3. 2. ed. Florianópolis : Ed. da UFSC, 2007. p. 883 - 1436.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. *Recursos hídricos e planejamento urbano e regional*. Rio Claro, SP : Deplan. IGC. UNESP, 2003. 103p.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. *Lei Federal n° 6.938/1981*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938.HTM>

_____. Estatuto da Cidade. *Lei Federal n° 10.257/2001*. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L10257.HTM>

_____. Política Nacional de Recursos Hídricos. *Lei Federal n° 9.433/1997*.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.HTM>

_____. Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza. *Lei Federal n° 9.985/2000*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9985.HTM>

_____. Código Florestal Brasileiro. *Lei Federal n° 4.771/1965*. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L4771.HTM>

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução n° 001/1986*. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>

_____. Ministério das Cidades. Conselho das Cidades - ConCidade. *Resolução n° 025/2005*. Disponível em:

[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/Legislacao/Plano Diretor Resolucao N 25.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/Legislacao/Plano_Diretor_Resolucao_N_25.pdf)

_____. Ministério do Meio Ambiente. Senado Federal, Subsecretaria de Informações. *Decreto n° 4.297/2002*. Disponível em:

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=222437&norma=235062>

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Decreto n° 6.288/2007*. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6288.htm

BÓLOS, M. *Manual de Ciência del Paisaje*. Barcelona, Masson, 1992. 273p.

CABRAL, E. *Tendência e Variabilidade do fenômeno pluvial na Região Metropolitana de São Paulo, e possível vinculação com o processo de urbanização*. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CANCIAN, N. A. *Cafeicultura paranaense – 1900/1970*. Curitiba. GRAFIPAR. 1981. 150p.

CANIL, K. *Indicadores para monitoramento de processos morfodinâmicos : aplicação na bacia do ribeirão Pirajuçara (SP)*. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 152 p.

CARVALHO, A. et al. *Sistema de produção familiares do Norte do Paraná*. Londrina : IAPAR/EMATER, 2001. 56p.

CASTELLS, M. O planeamento urbano. In: _____. *Problemas de Investigação em sociologia urbana*. Lisboa: Presença, 1984. 300p.

CHARLTON, R. O. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. Nova York, 2008. ed Routledge. 275p.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313p.

_____. *Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento*. In: *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. (Tauk, S.,org.), 104-106, São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. 206p.

CMNP - COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ. *Colonização e desenvolvimento do Norte do Paraná*. – 2ª ed. – São Paulo. 1977. 295p.

CONCIANI, W. *Processos Erosivos: Conceitos e Ações de Controle*. Editora CEFET/MT. Cuiabá, 2008. 148p.

COSTA, F. H. S. PETTA, R. A. LIMA, R. F. S. MEDEIROS, C. N. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia Potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistema de informações geográficas. *Revista Brasileira de Cartografia* n° 58/02, Agosto, 2006. 119-127p. (ISSN 1808-0936).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento Ecológico - Econômico. São José dos Campos. INPE, maio de 1996, 18p. (INPE-6145-PUD/028)*

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos : INPE, 2001. 124 p. (INPE-8454-RPQ/722)*

DELEUZE, G. *Lógica do Sentido. São Paulo: Editora Perspectiva, 1974. 360p.*

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/Londrina: IAPAR, 1991. 272p. (Sonderpublikation der GTZ,n.245)*

ÉDIS, M. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco. 2. ed. São Paulo : Revista dos Tribunais, 2001. 1648p.*

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, Rj). *Sistema Brasileiro de Classificação De Solos. Brasília: EMBRAPA produção de informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2006. 306p.*

_____. *Mapa de Solos do Paraná (1:250.000). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>. Acesso em 10 de nov. 2010.*

FRANÇA JUNIOR, P. *Análise do uso e ocupação da bacia do Córrego Pinhalzinho II utilizando geoindicadores, Umuarama-PR, 1970-2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, Programa de Pós - Graduação em Geografia. Maringá, 2010. 90p.*

FREIRE, F. *Planejamento urbano e regional e a simulação de cenários futuros para o crescimento urbano sustentável: o caso de Sarandi – Pr. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós - Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, 2009. 136p.*

FRENDRICH, R. Erosão urbana. In. Universidade Católica do Paraná, Instituto de Saneamento Ambiental; Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Departamento de edificações hidráulicas, estradas e obras de terra. *Curso sobre controle da erosão urbana*: 03 a 06 de setembro de 1984. Londrina, 1984?. p. 3-31

FRESCA, T. M. *A rede urbana do Norte do Paraná*. Londrina : Eduel, 2004. 416p.

GALBRAITH, J. K. *O Novo Estado Industrial*. São Paulo: Editora Pioneira, 1983, 7ª Edição. 298p.

GRIGIO, A. M. *Aplicação do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guamaré – RN: simulação de risco às atividades da indústria petrolífera*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2003. 232 p.

GUERRA, J. A; CUNHA, S. M. B. *Geomorfologia e meio ambiente*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2000. 372p.

GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2005. 340p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2000. Rio Janeiro : IBGE, 2011.

_____. Censo demográfico 2000. Rio Janeiro : IBGE, 2001.

_____. Censo demográfico 1990. Rio de Janeiro : IBGE, 1991.

IBRASA. *Drenagem e controle da erosão urbana*. 3ª ed. São Paulo : IBRASA. Curitiba : Champagnat, 1991. 442p.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Banco de dados do Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em 7 de jun. 2010.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. Governo do estado do Paraná, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Mapa de Solos do Paraná, 2011. Disponível em:

<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>. Acesso em 10 de nov. 2010.

KOEPPEN, W.; HENDRICHS PÉREZ, P. R. *Climatologia*: con un estudio de los climas de la tierra. México ; Buenos Aires : Fondo de Cultura Económica, 1948. 477p.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994. Londrina, IAPAR, 1994. 49 p.

KIRKBY, M. J. The problem. In: Kirkby, M, J. e Morgan, R. P. C. *Soil Erosion*. Brisbane: John Wiley e Sons, 1980. 1-16p.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: Lal, R. (ed). *Soil erosion research methods*. Ankeny, Iowa, 1988. p.140-160

LOJKINE, J. *O estado capitalista e a questão urbana*. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1981. 360p.

MAACK, R. *Geografia Física do Estado do Paraná*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio, 1968. 450p.

MARQUES, L. S. *Estudo do comportamento geoquímico de alguns elementos traços em rochas vulcânicas da Bacia do Paraná*. IAG-USP, Tese de Doutorado. São Paulo, 1983. 172p.

MARTONI, A. M. *Modelagem matemática em bacias hidrográficas*. Tese de doutorado. Maringá: NUPELIA, 1997.

MENEGUZZO, I.; CHAICOUSKI, A. *Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza*. Geografia (Londrina) v. 19 n. 1, 2010. p. 181 - 185

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico. *Geografia do Brasil: Grande Região Sul*, 2ª ed. Rio de Janeiro, 1968. V. 4, p. 114 – 166.

MOTA, S. *Urbanização e Meio Ambiente*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Abes, 2003. 356p.

MUSETTI, R. A. *Bacias hidrográficas no Brasil: aspectos jurídicos-ambientais*. Revista CEJ, Brasília, n.12 p.90-94, 2000.

NAKASHIMA, M. S. R. *Análise dos processos erosivos e da fragilidade ambiental na bacia do rio Keller – PR. VOLUME I. Tese de Doutorado. São Paulo, 1999. DGE/USP. 216p.*

NASCIMENTO, E. P. *Estado e Movimentos Sociais Urbanos no Nordeste. Recife: Sudene, 1985.*

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. *Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos. São Paulo : Vilibor, 1995. 240p.*

OTSUSCHI, C. *Poluição Hídrica e processos erosivos: Impactos ambientais da urbanização nas cabeceiras de drenagem na área urbana de Maringá/PR. Dissertação (Mestrado). DG/CFCH/UFSC, Florianópolis, 2000. 217p.*

PAIVA, R. G. *Estudo da paisagem do norte central e noroeste paranaense: compartimentação e vulnerabilidade ambiental. Dissertação (Mestrado). Maringá, 2010. PGE/UEM. 127p.*

PARANÁ. Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Decreto n° 387/99. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/DECRETOS/DECRETO_ESTADUAL_387_1999.pdf.*

PEJON, O. L. *Mapeamento Geotécnico de Piracicaba. (1992). “1:100.000: Estudo de Aspectos Metodológicos de Caracterização e de Apresentação dos Atributos”. Tese de Doutorado. São Carlos, 1992. EESC/USP.*

PELLOGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno : proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, Vol. 27, p. 257-268, setembro de 1997. São Paulo – SP.

PENTEADO, M. M. *Fundamentos de Geomorfologia. - 3ª ed. – Rio de Janeiro : IBGE, 1980. 141p.*

PICCIRILLO, E.M.; MELFI, A.J.; COMIN-CHIRAMONTI, J. BELLINI, G.; ERNESTO, M.; MARQUES, L.; NARDY, A.J.R.; PACCA, I.G.; ROISENBERG, A.; STOLFA, D. Continental flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil). In: McDougall, J.D. ed. *Continental flood basalts. 1ª ed, 356p. Kluwer Academic Publisher, 1988. p. 195-238.*

PONTES, A. B. *Um espaço para o controle da erosão em áreas urbanas da região noroeste do Paraná*. Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1976.

PORTO, F. M. S. Riscos, incertezas e vulnerabilidades: transgênicos e os desafios para a ciência e a governança. *Política & Sociedade*, Florianópolis. V. 4, n° 7, p 77 – 103, Outubro, 2005. (ISSN 2175-7984).

REZENDE, D. A.; ULTRAMARI, C. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. *Rev. Adm. Pública* [online]. 2007, vol.41, n.2, p. 255-271. ISSN 0034-7612.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*. N. 8, p.63-74, 1994.

_____. *Geomorfologia ambiente e planejamento*. 2ª ed. SP : Contexto, 1991. 96p.

SALA, M. G. *Indicadores de Fragilidade Ambiental da bacia do ribeirão Maringá – PR*. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Geografia, Maringá, 2005. 146p.

SANTA CATARINA. *Programa de capacitação técnica para o planejamento urbano*. Vol. 1. Diretoria de Desenvolvimento Urbano – DURB; Gerencia de Planos Diretores – Gepla; Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano/Meio Ambiente. 1º Edição. Florianópolis, 1999. 144p.

SANTOS, L. A.; CARDOSO, R. L. S. Avaliação de desempenho da ação governamental no Brasil: problemas e perspectivas. *XV Concurso de Ensayos del CLAD "Control y Evaluación del Desempeño Gubernamental"*. Caracas, 2001. p. 5 – 51.

SANTOS, M. C. S. R. *Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológico e geotécnicos*. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. Programa de Desenvolvimento de Recursos Naturais – Pró – Minério. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. São Paulo, 1989. 55p.

SANT' ANNA NETO, J. L. *As chuvas no Estado de São Paulo : contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise*

geográfica. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. 300p.

SARANDI. Secretaria Municipal de Saneamento e Meio Ambiente. *Plano de Recursos Hídricos do Município de Sarandi – PR*. Vol. 1, Sarandi : Prefeitura do Município de Sarandi – Paraná, 2008. 98p.

_____. *Plano Diretor Municipal de Sarandi*. Sarandi: Prefeitura do Município de Sarandi – Paraná, 2009.

_____. Serviço Municipal de Saneamento Ambiental. *Plano Municipal de Saneamento Básico de Sarandi*. Sarandi: Prefeitura do Município de Sarandi – Paraná, 2009. 584p.

_____. *Plano Local de Habitação de Interesse Social – PLHIS*. Etapa 02 – Perfil municipal e habitacional. Sarandi: Prefeitura do Município de Sarandi – Paraná, 2009. 158p.

SCHUMM, S. A; MOSLEY, M. P; WEAVER, W. *Experimental Fluvial Geomorphology*. New York, United States, 1987. John Wiley and Sons editor. 416 p.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. 2ª ed, Editora Rimo, São Carlos – SP, 2004. 153p.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Análise empírica da fragilidade potencial e emergente da bacia do rio Cubatãozinho, Estado do Paraná. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 8, n° 22, p. 1 – 17, Setembro, 2007.

SILVEIRA, L. M. *Análise rítmica dos tipos de tempo no norte do Paraná, aplicada ao clima local de Maringá; PR*. (Tese de Doutorado) Universidade de São Paulo, 2003. 504p.

SPERLING, M. V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ª ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005. 452p.

SPÖL, C. *Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais*. Tese de doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 2007. 183p.

SPÖRL, C. ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicações de três modelos. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, nº 15, pp.39-49, 2004.

SOUZA, M. L. *Mudar a cidade; uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos*. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2002. 560 p.

SOUZA, V. de; GASPARETTO, N. V. L.; SOUZA, M. L. Estudo comparativo da propriedade erodibilidade em Latossolos na região de Maringá -PR. In: *XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2005, São Paulo. Geografia, Tecnociência, Sociedade e Natureza. São Paulo : Tarik Rezende de Azevedo, 2005. p.1922-1927.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informação - 2002. *Anais XI SBSR*, Belo Horizonte, Brasil, INPE, 2003. p. 1657 - 1664.

TIZ, G. J.; CUNHA, J. E.; MAGALHÃES, V. L; BRAND, E. P. Influência da expansão urbana no desenvolvimento de processos erosivos no perímetro urbano de Marechal Cândido Rondon, Oeste do Estado do Paraná, Brasil. In: *Anais... IV Seminário Latino-americano de Geografia Física*. Maringá: UEM, 2006, CD rom.

TOY, E. E. *Análise dos processos erosivos no município de Sarandi*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá – Paraná. Maringá, 2010. 88p.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREM, 1977. 91p.

TUCCI, C. E. M. PORTO, R. L. BARROS, M. T. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre : Ed UFRGS : ABRH, 1995. 428p.

VELLOSO, R. B.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

WESTPHALEN, L. A. *Avaliação e hierarquização da erodibilidade dos solos do Noroeste do Estado do Paraná - Subsídios ao planejamento ambiental*. Dissertação de mestrado, programa de pós-graduação em geografia, setor de ciências da terra, Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2008. 111p.

WILHEIM, J. *Prometo São Paulo*. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1982, 2ª Edição.

ZAMUNER, L. D. *Erosão Urbana em Maringá- PR: o caso do parque florestal dos Pinheiros – Bosque II*. UEM/CCHLA/PGE. Dissertação (Mestrado) 2001, 197p.

ZAPAROLI, F. C. M. *A influência de horizonte de solo concrecionário na evolução e desenvolvimento de feições geomorfológicas em uma voçoroca na cabeceira do Ribeirão Pingüim (Maringá/PR)*. Monografia apresentada ao Departamento de Geografia, CCH/DGE/UEM, 2006. 74p.

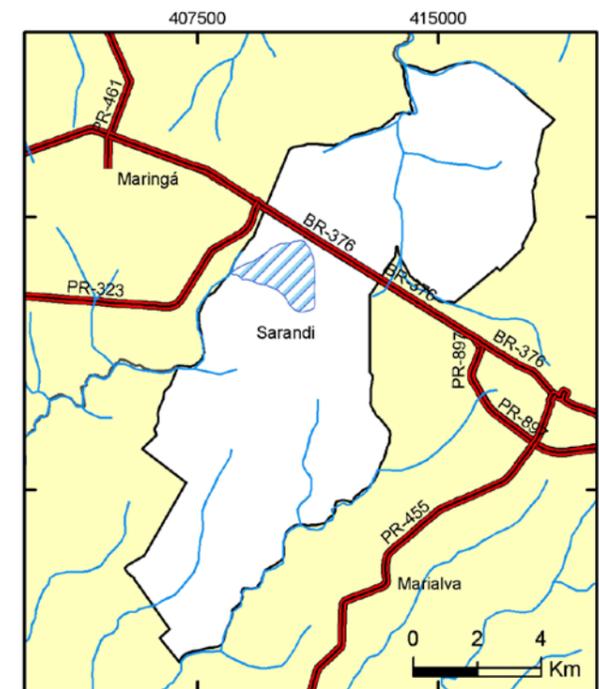
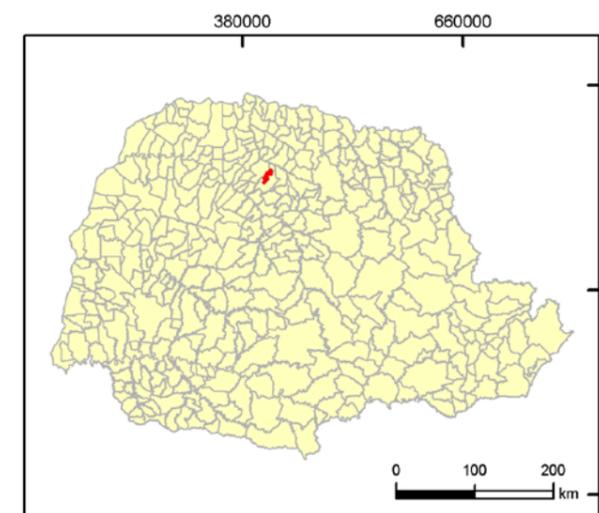
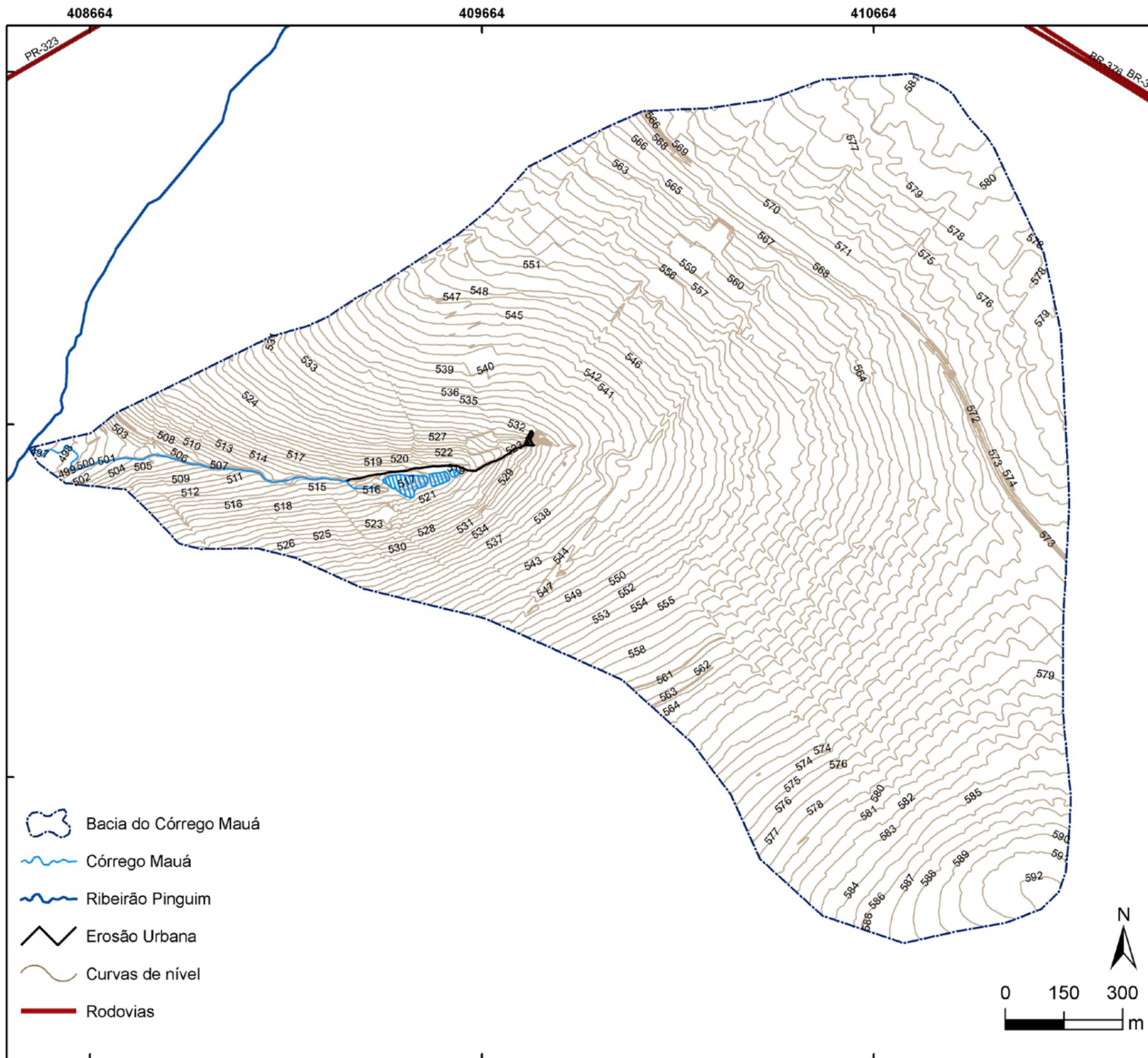
APÊNDICE

APÊNDICE A

No apêndice A são expostos os produtos cartográficos necessários para a realização desta dissertação, sendo os mapas divididos em base cartográfica, mapas de análise e, por fim, o mapa síntese.

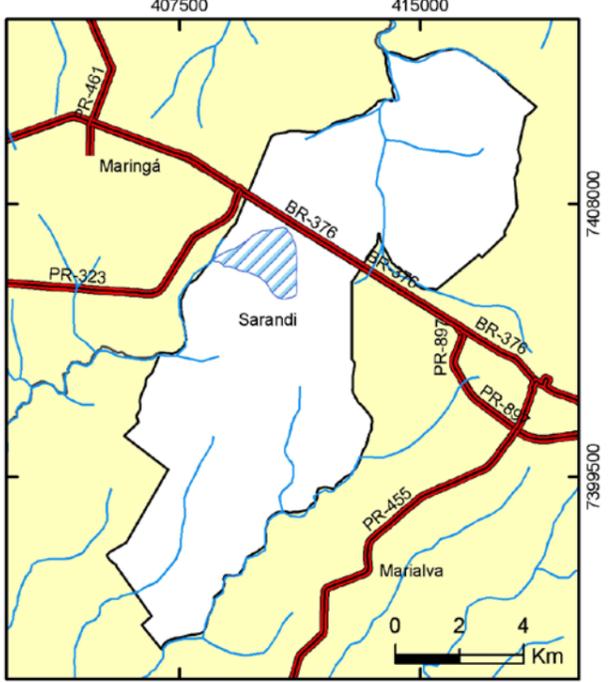
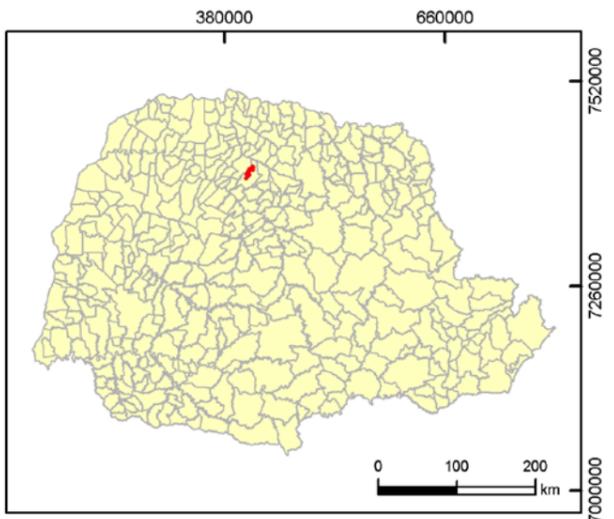
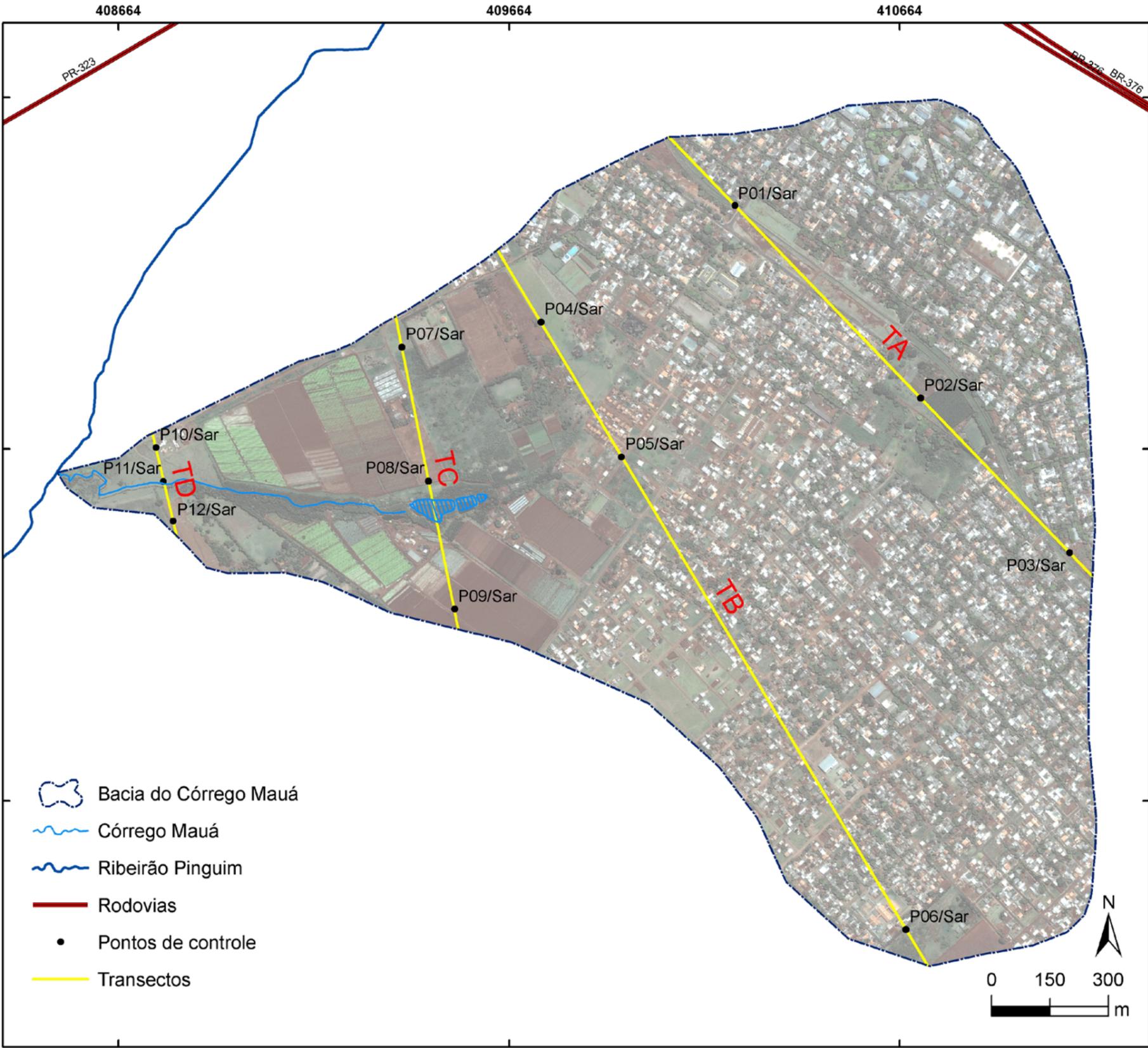
- ✓ Base cartográfica, compreendida pelo mapa de base da bacia (Folha 01/07) e também pelo mapa dos pontos de coleta de amostras de solo (Folha 02/07);
- ✓ Mapas de análise, compreendido pelos mapas de expansão urbana, de solo, de declividade, de uso e ocupação do solo (Folhas de 03 a 06);
- ✓ Mapa síntese, composto pelo mapa vulnerabilidade ambiental da Bacia do Córrego Mauá, sendo este o produto desta dissertação (Folha 07/07).

MAPA BASE DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ - SARANDI/PR



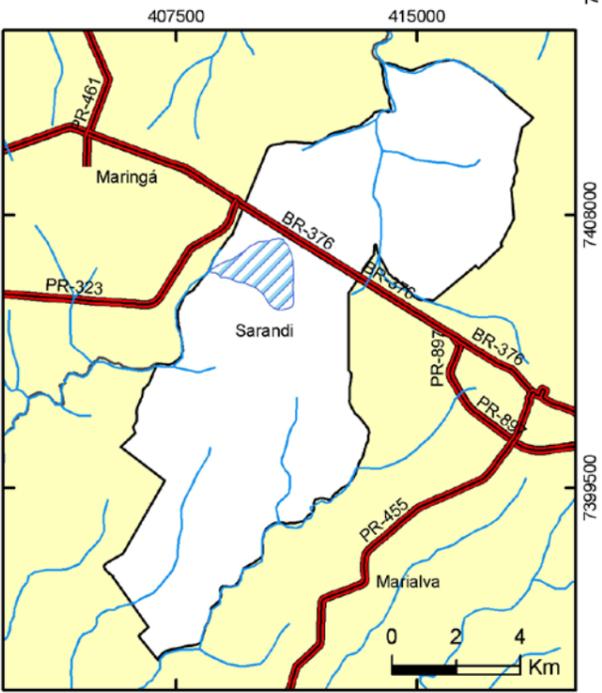
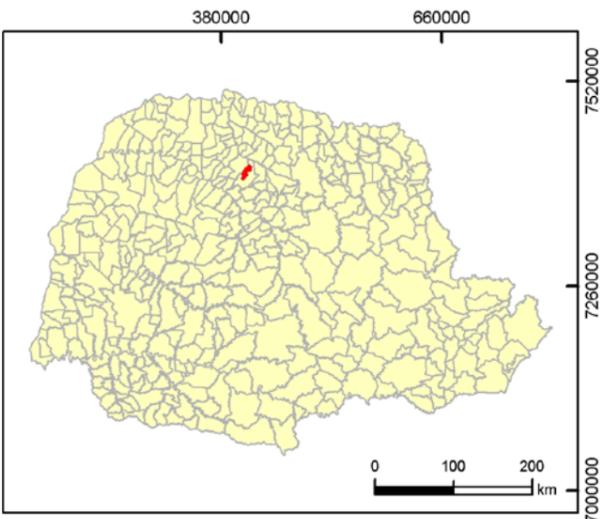
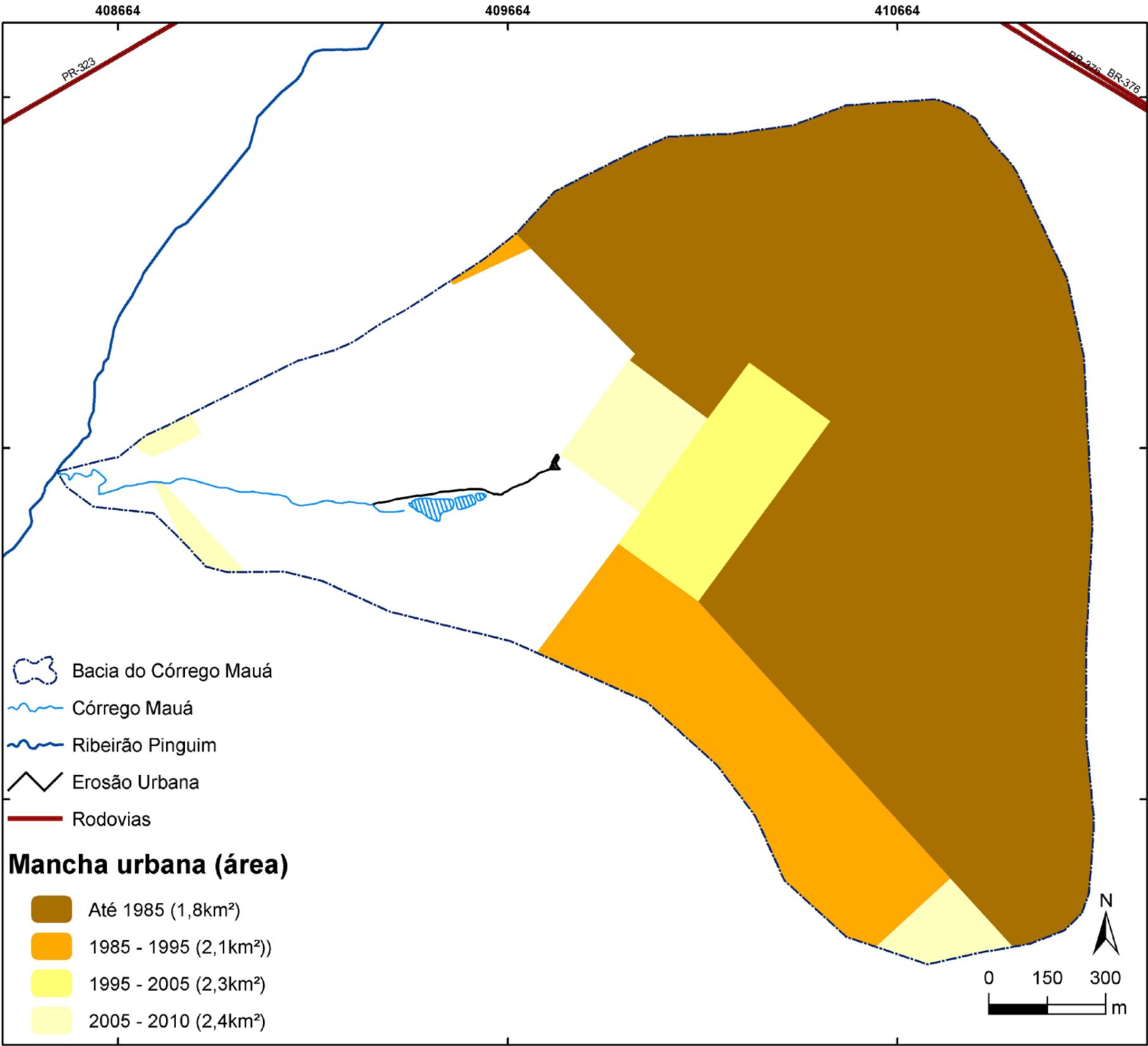
	Base cartográfica: IBGE (2007) ITCG (2006) PMS (2008)
	Sistema de Projeção UTM SAD 69 fuso 22 S
Elaboração: Serrano, D. G. (2011)	
Folha nº 01 / 07	

MAPA DOS PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DE SOLOS DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ - SARANDI/PR



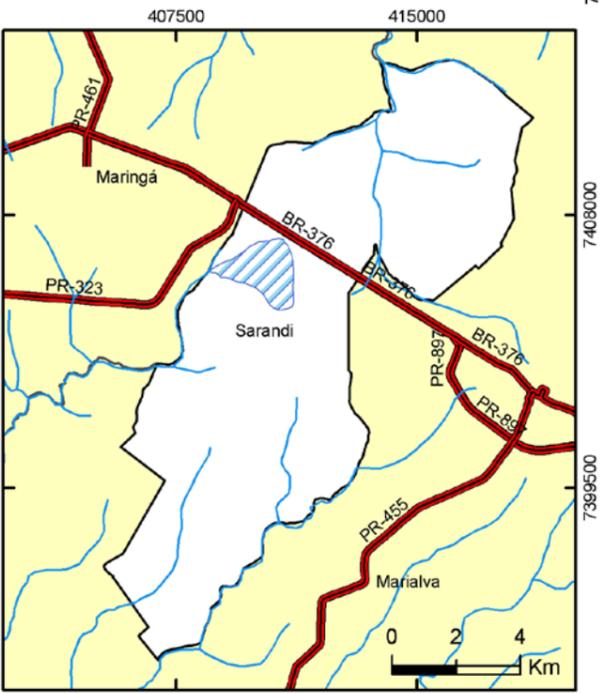
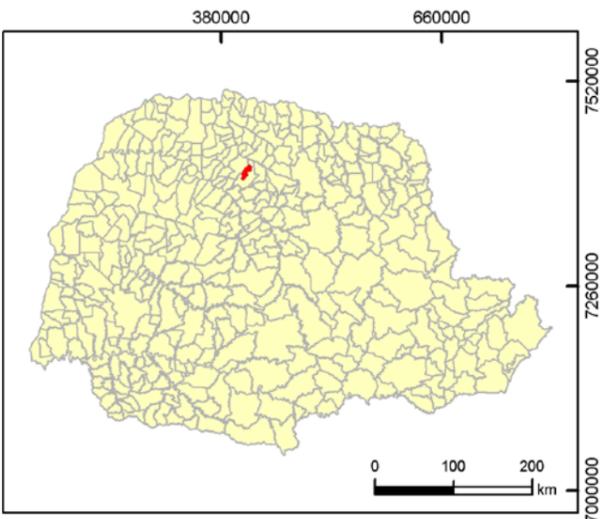
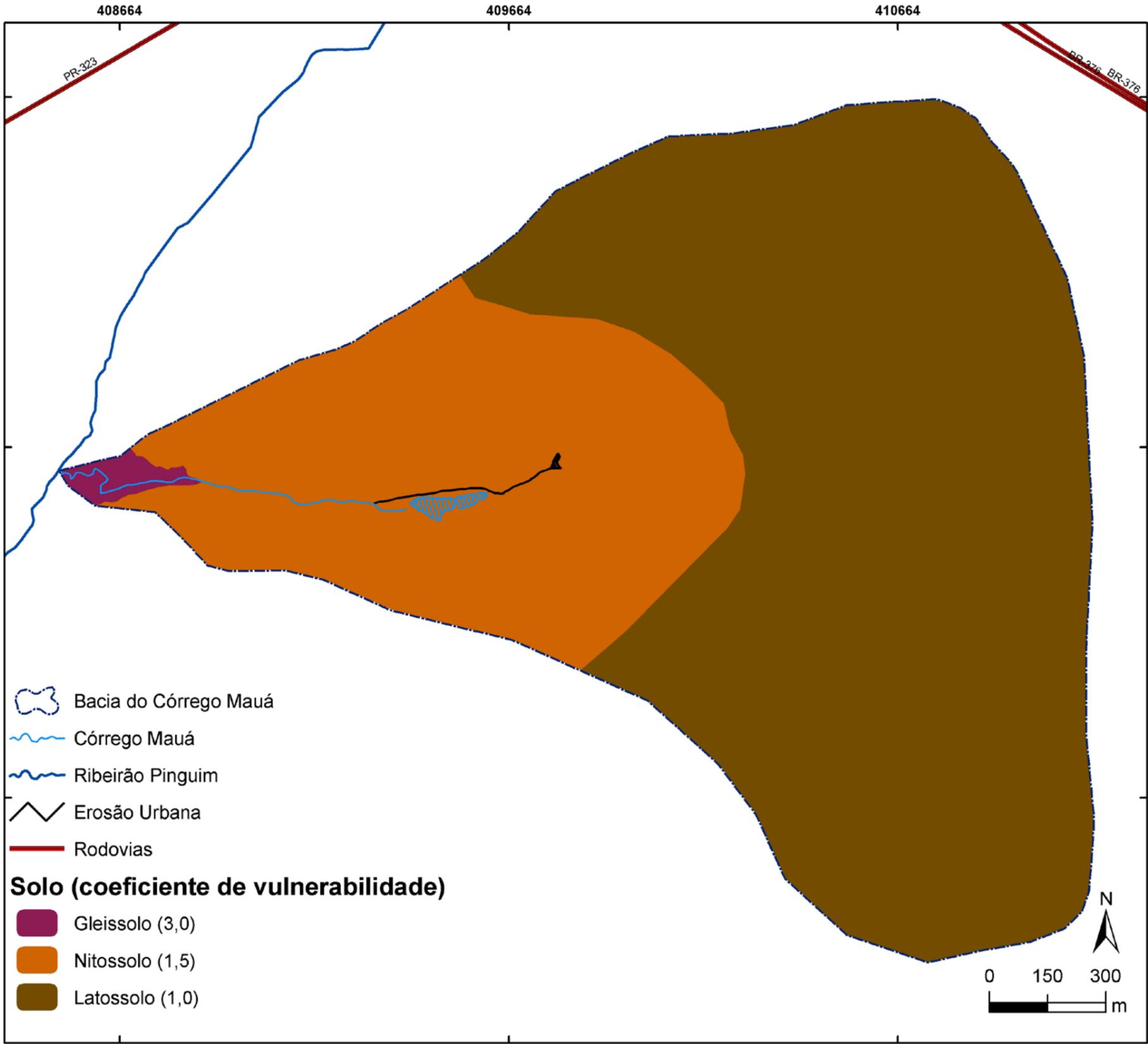
	Base cartográfica: IBGE (2007) ITCG (2006) PMS (2008)
	Sistema de Projeção UTM SAD 69 fuso 22 S
Elaboração: Serrano, D. G. (2011)	
Folha nº 02 / 07	

MAPA DE EXPANSÃO DA MANCHA URBANA NA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ - SARANDI/PR



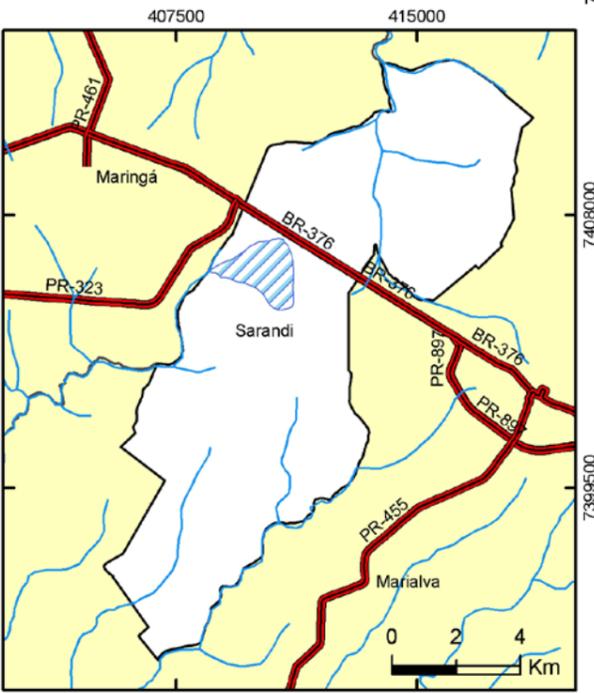
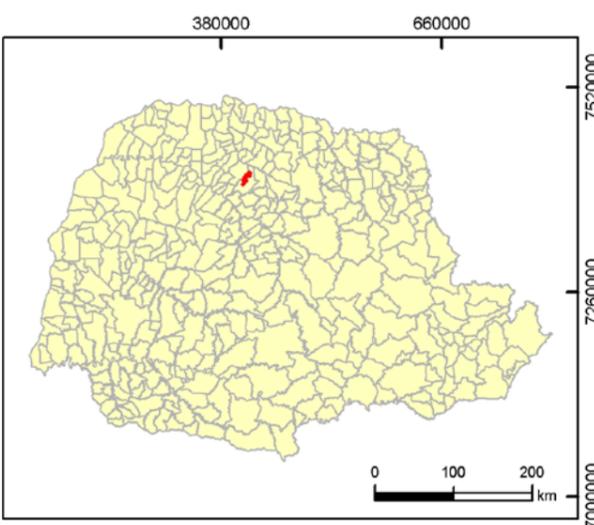
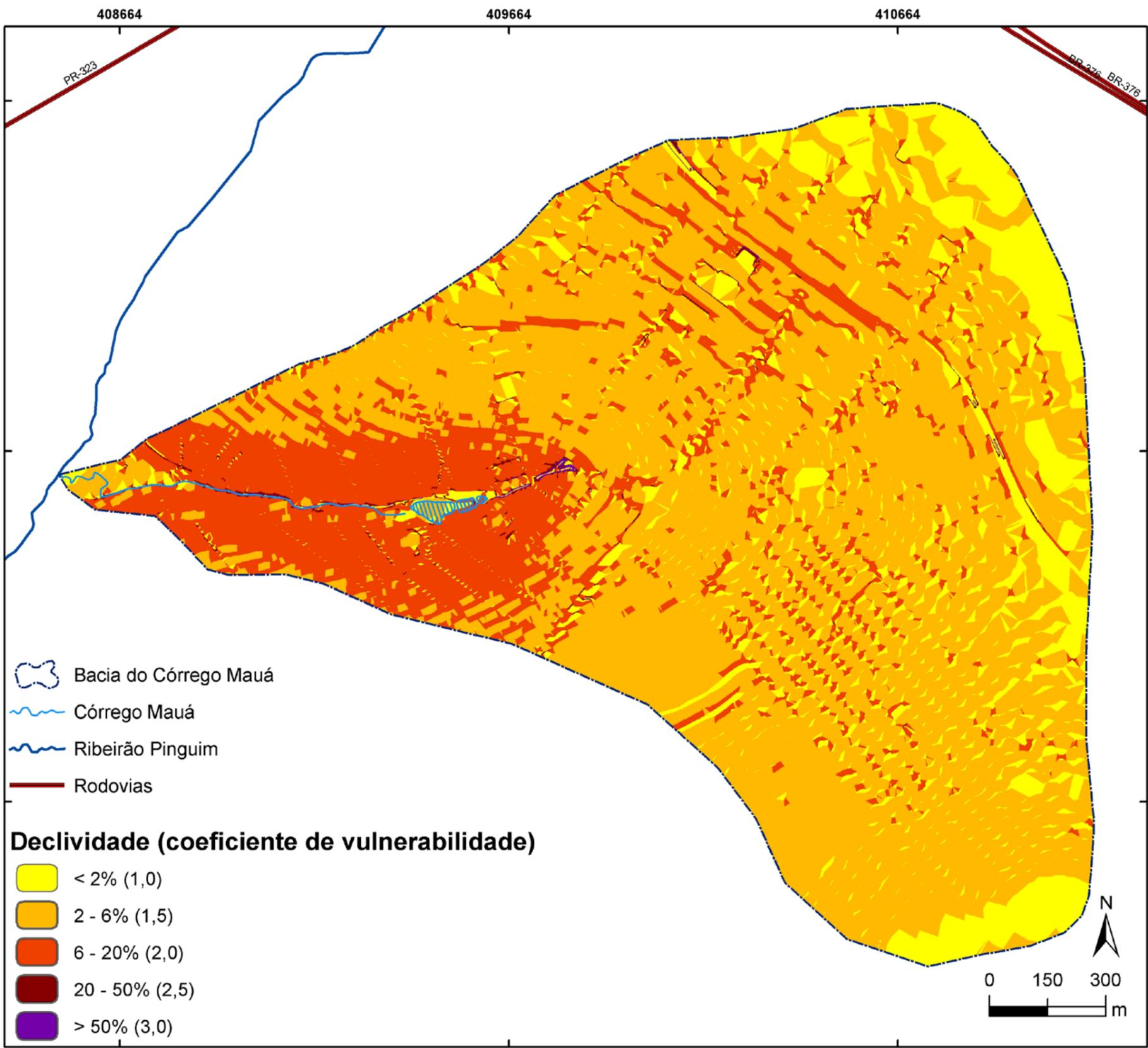
	Base cartográfica: IBGE (2007) ITCG (2006) PMS (2008)
	Sistema de Projeção UTM SAD 69 fuso 22 S
Elaboração: Serrano, D. G. (2011)	
Folha n° 03 / 07	

MAPA DE SOLO DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ - SARANDI/PR



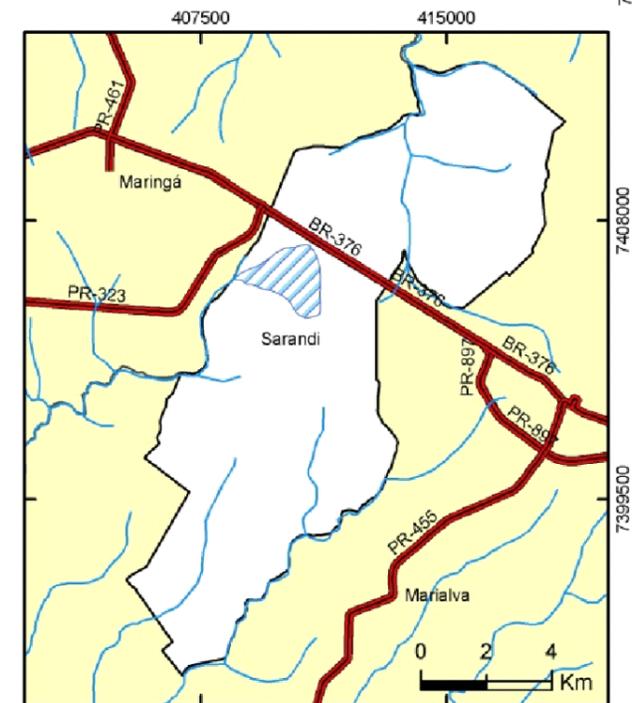
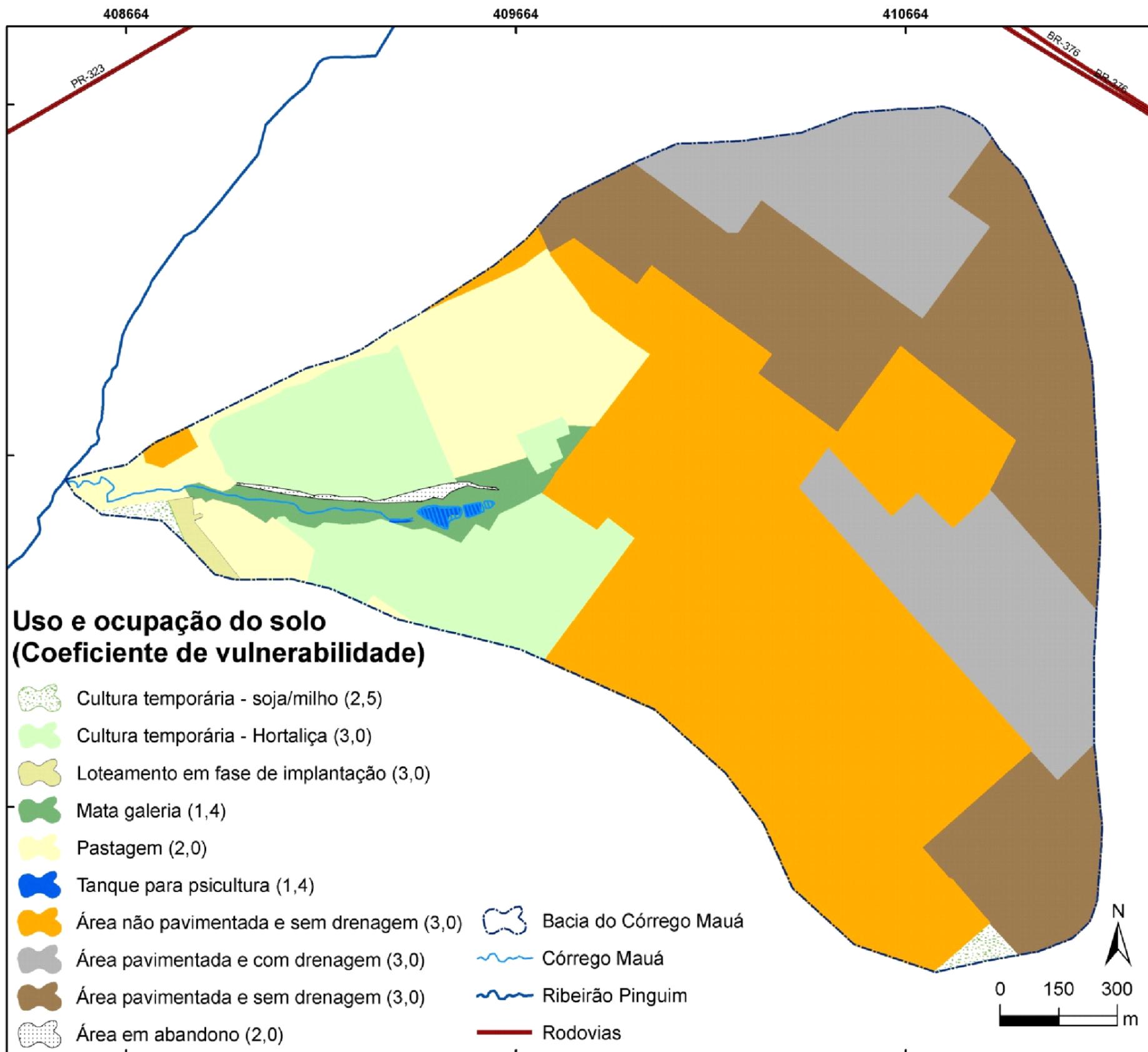
	Base cartográfica: IBGE (2007) ITCG (2006) PMS (2008)
	Sistema de Projeção UTM SAD 69 fuso 22 S
Elaboração: Serrano, D. G. (2011)	
Folha n° 04 / 07	

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ - SARANDI/PR



	Base cartográfica: IBGE (2007) ITCG (2006) PMS (2008)
Sistema de Projeção UTM SAD 69 fuso 22 S	
Elaboração:	
Serrano, D. G. (2011)	
Folha n°	
05 / 07	

MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ - SARANDI/PR (2010)



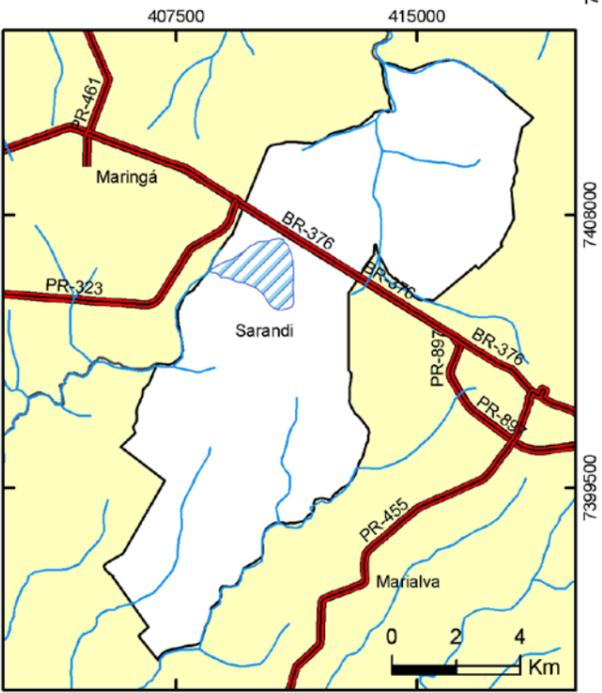
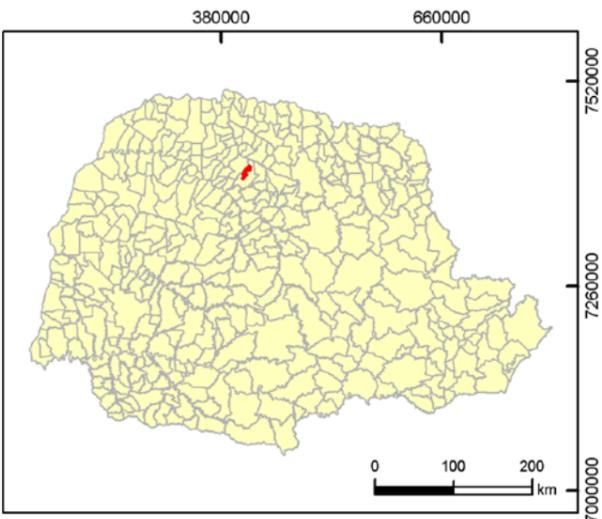
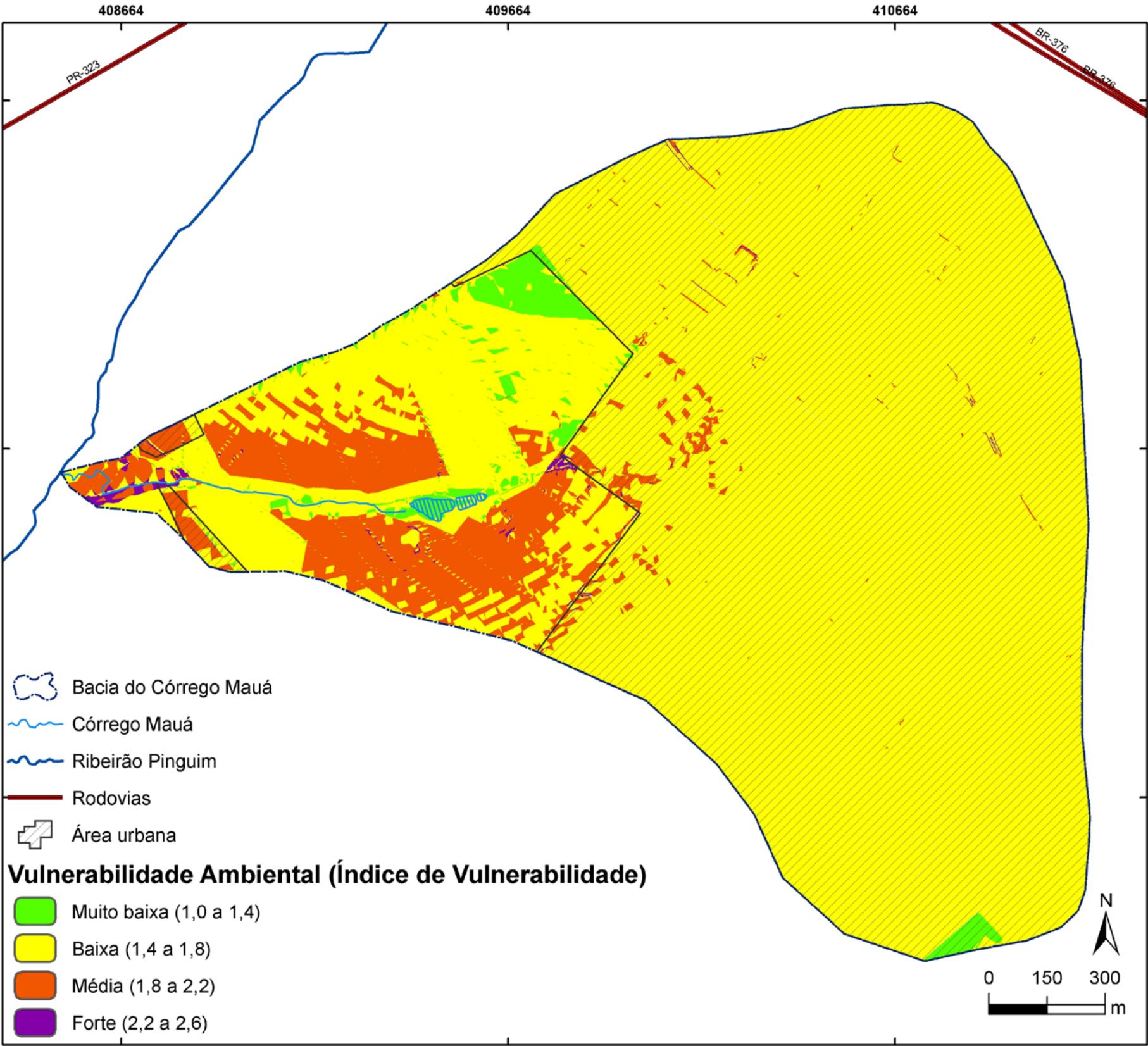
Base cartográfica: IBGE (2007)
 ITCG (2006)
 PMS (2008)

Sistema de Projeção
 UTM SAD 69 fuso 22 S

Elaboração:
Serrano, D. G. (2011)

Folha n°
06 / 07

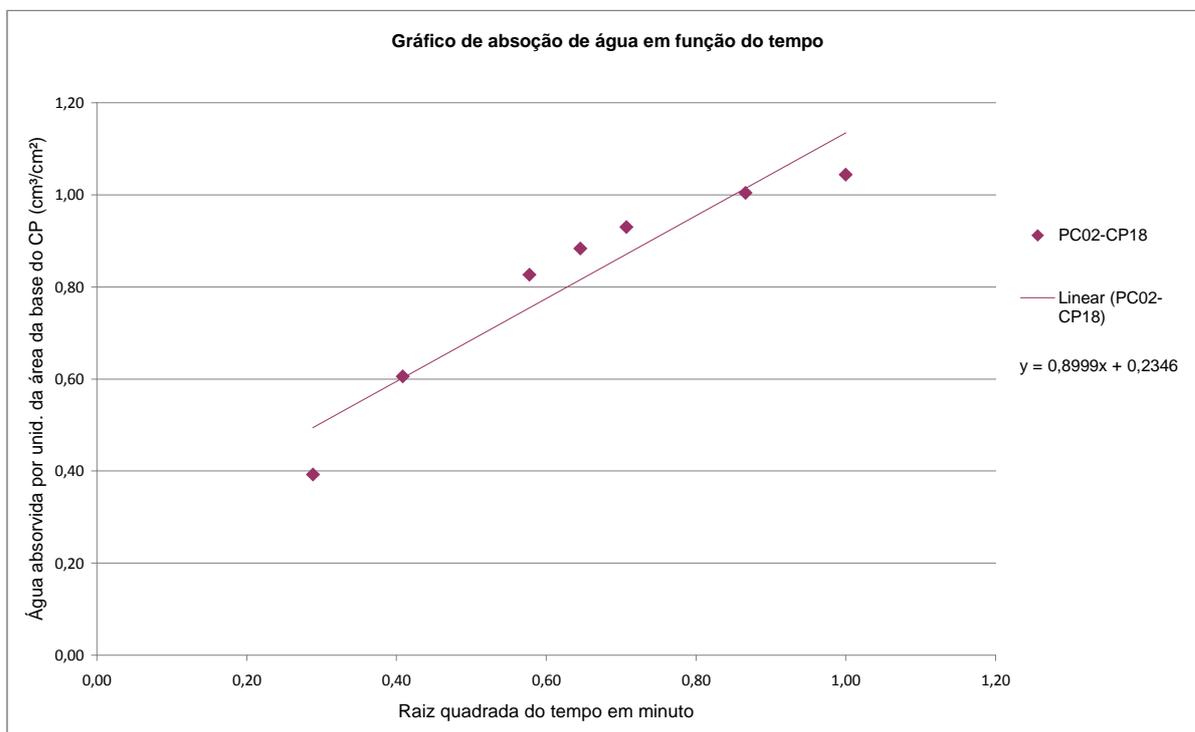
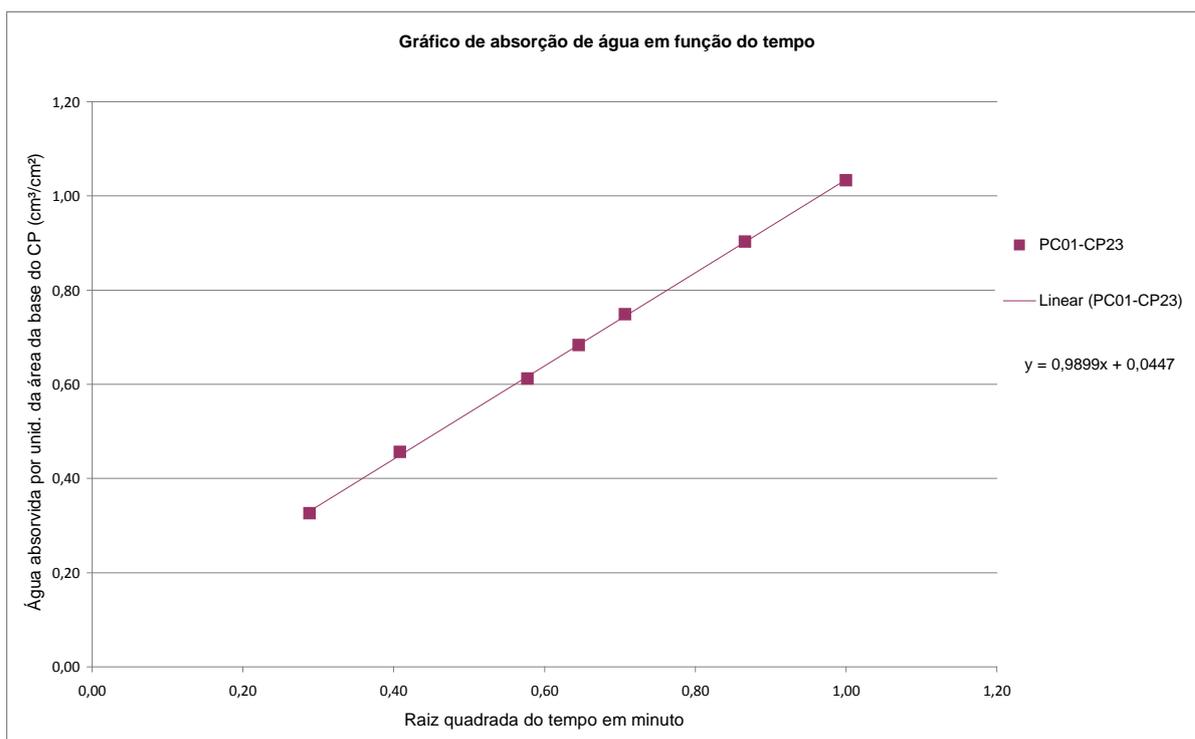
MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO CÓRREGO MAUÁ - SARANDI/PR

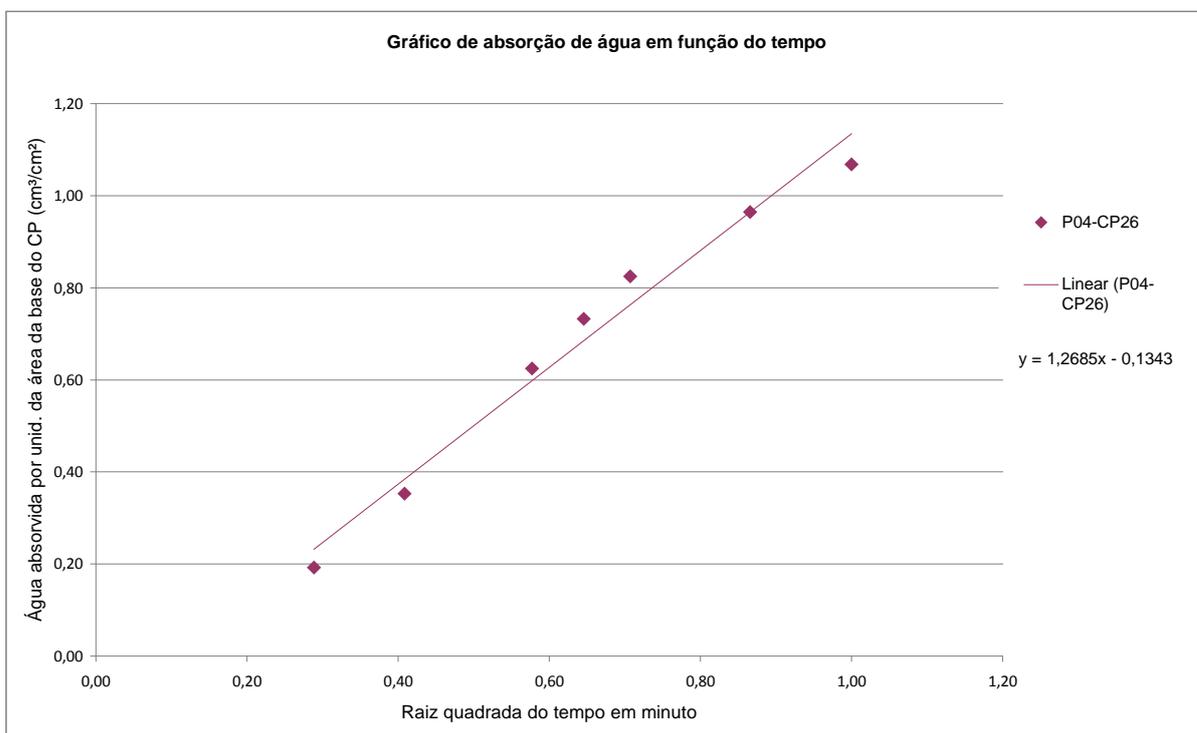
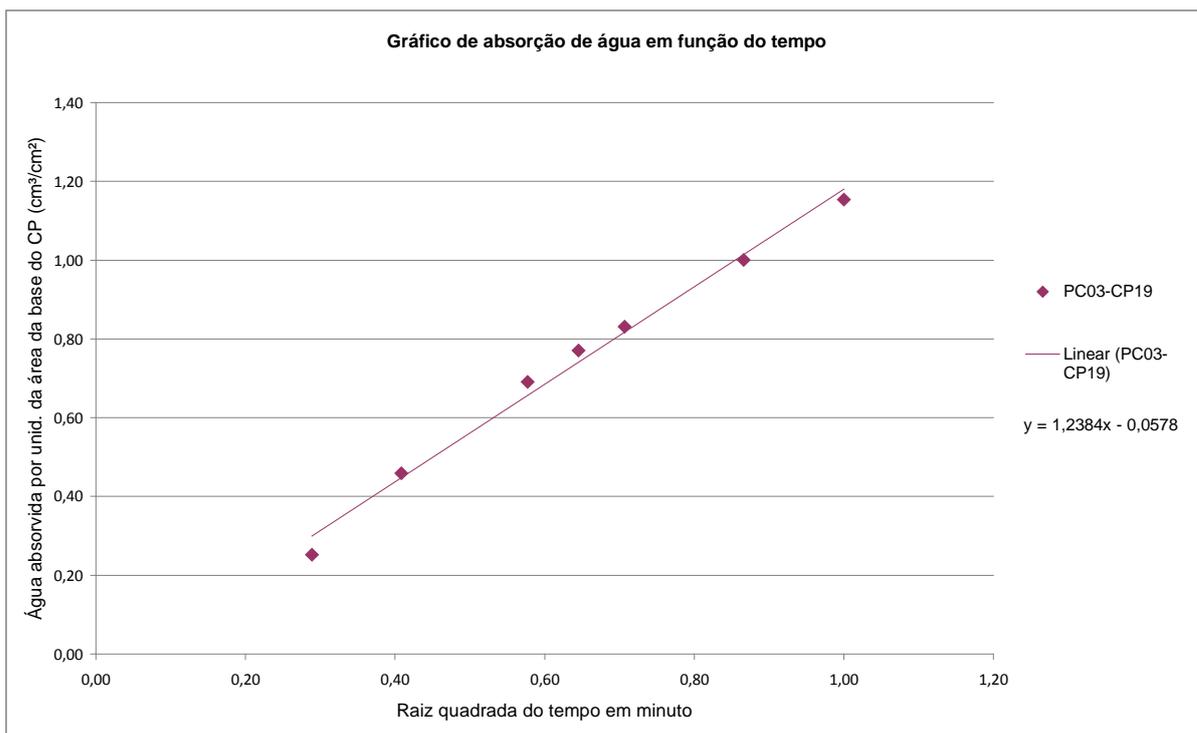


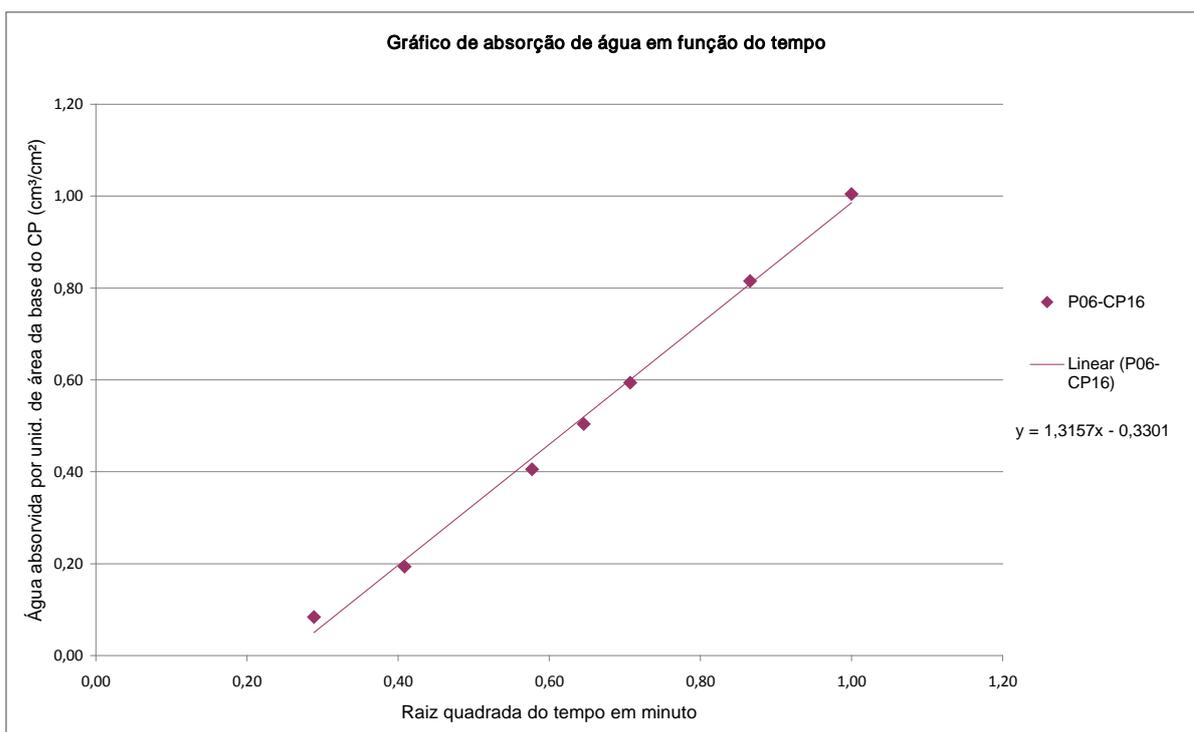
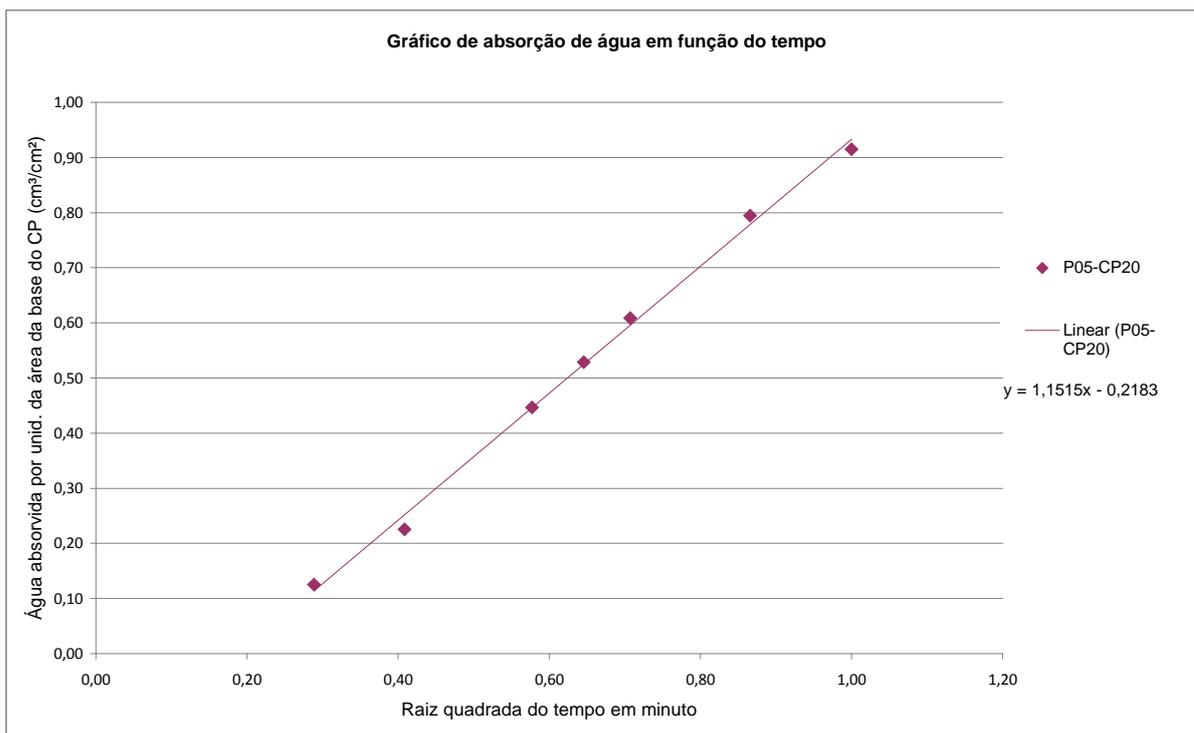
	Base cartográfica: IBGE (2007) ITCG (2006) PMS (2008)
	Sistema de Projeção UTM SAD 69 fuso 22 S
Elaboração: Serrano, D. G. (2011)	
Folha nº 07 / 07	

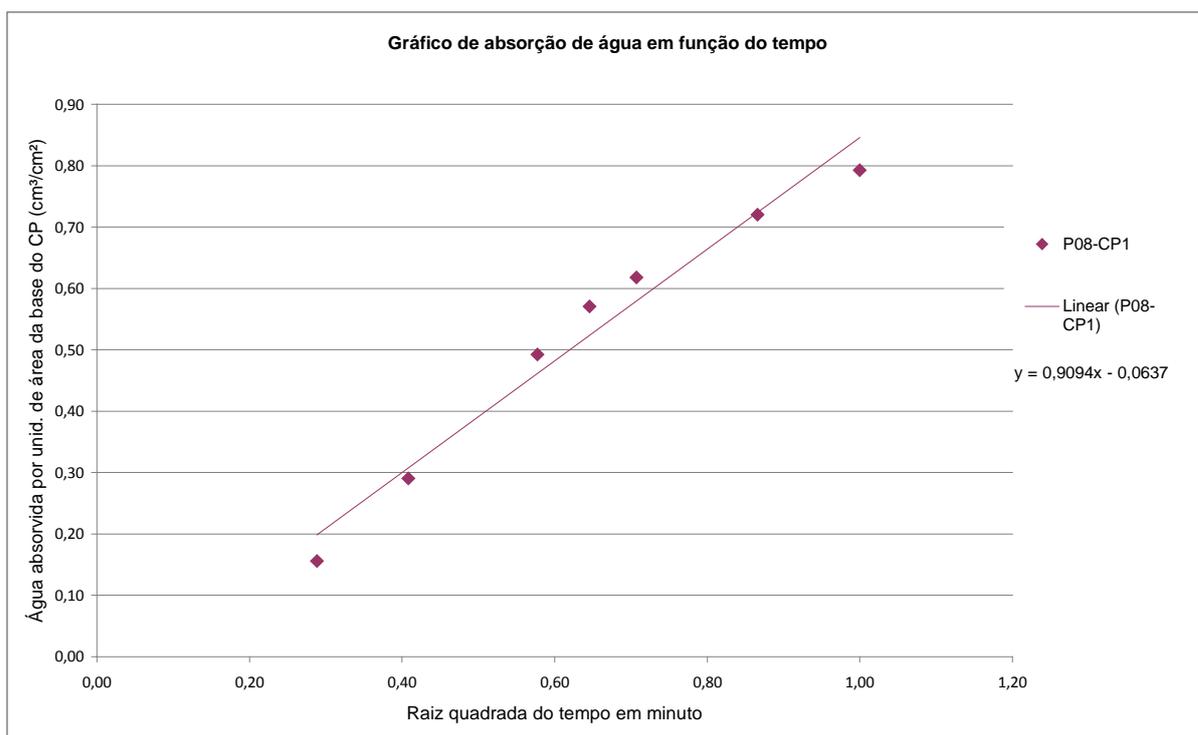
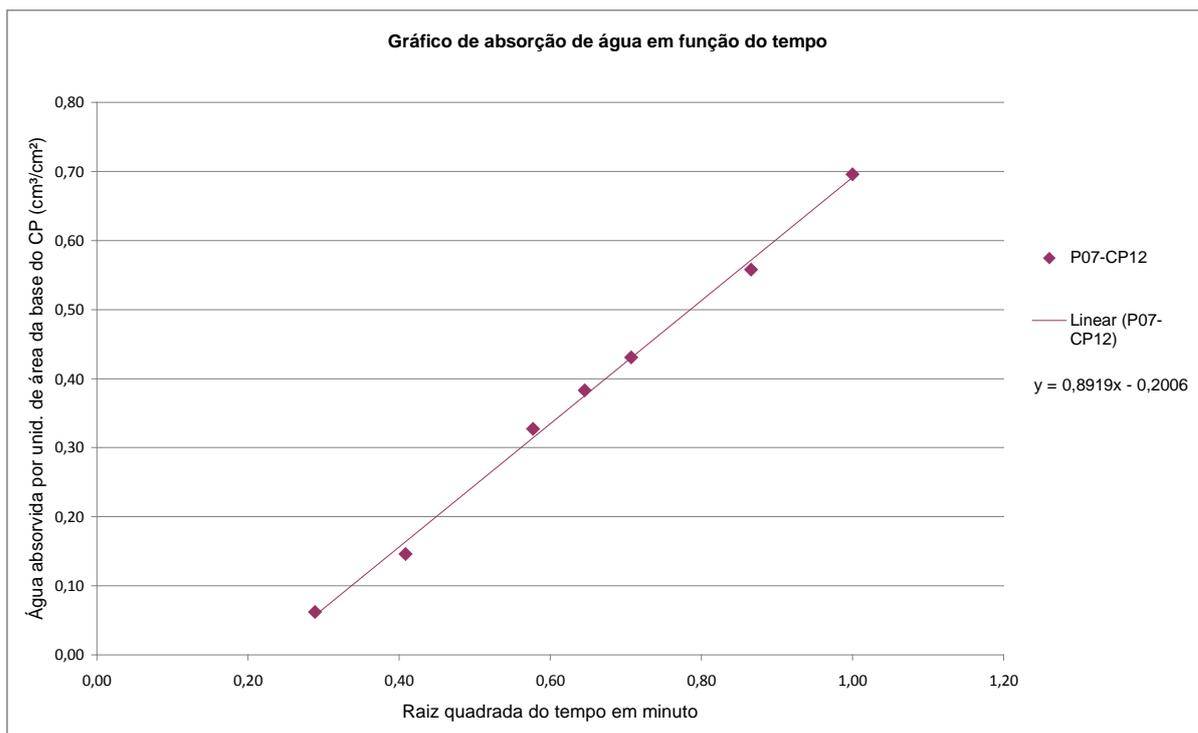
APÊNDICE B

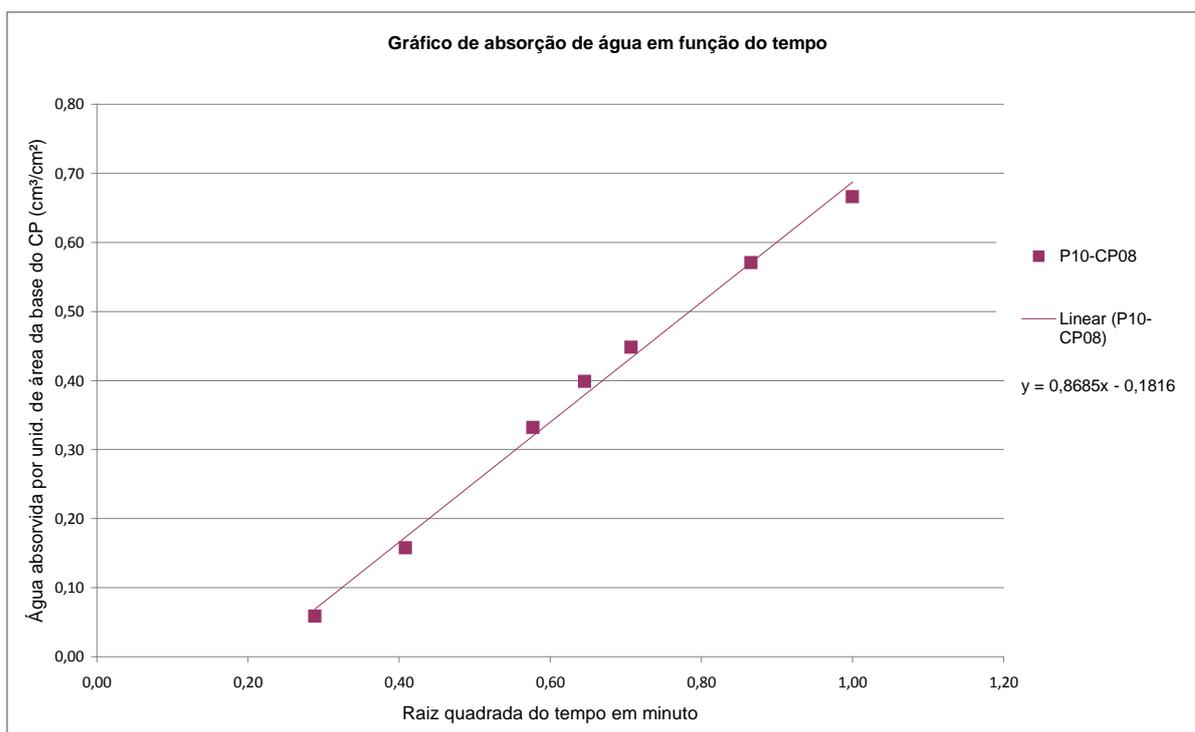
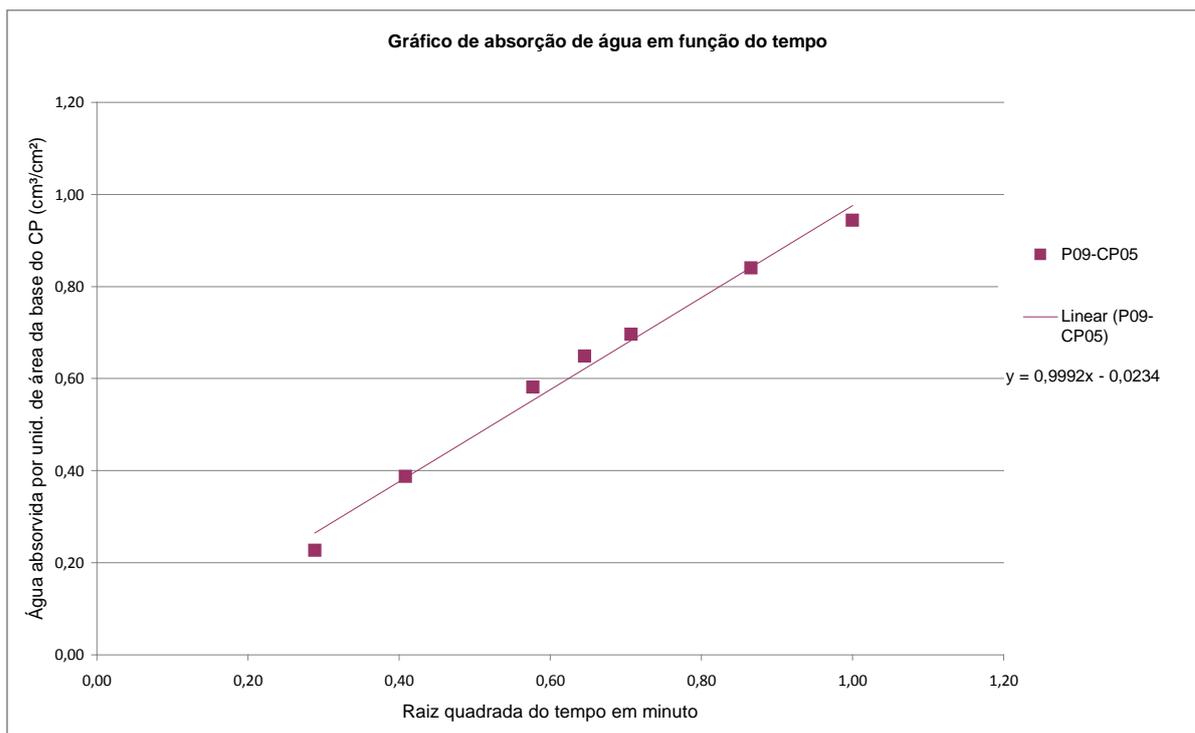
No Apêndice B são apresentados os gráficos de absorção de água em função do tempo para cada um dos ensaios realizados nas amostras coletadas. Com os pontos lançados no gráfico foi gerada a linha de tendência, sendo desta forma identificado o coeficiente angular da linha, determinada pela inclinação da reta. O coeficiente angular é determinado na equação $y = m.x + n$, onde m é o referido coeficiente angular.

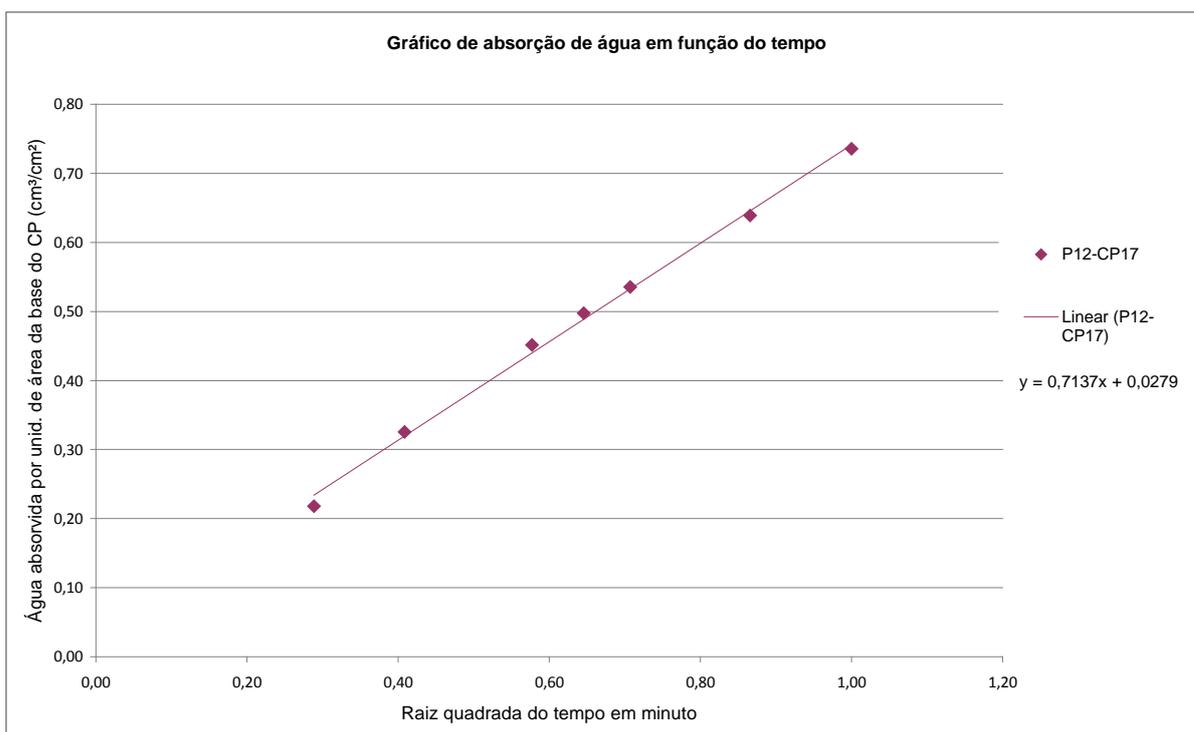
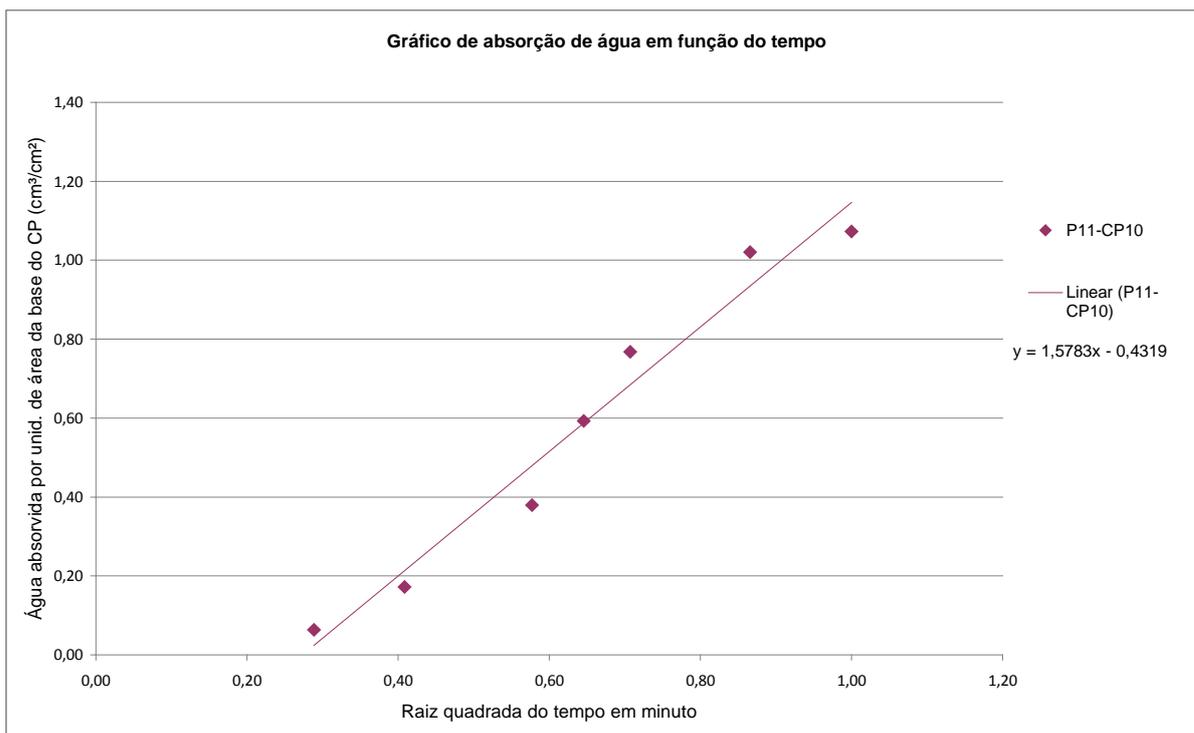








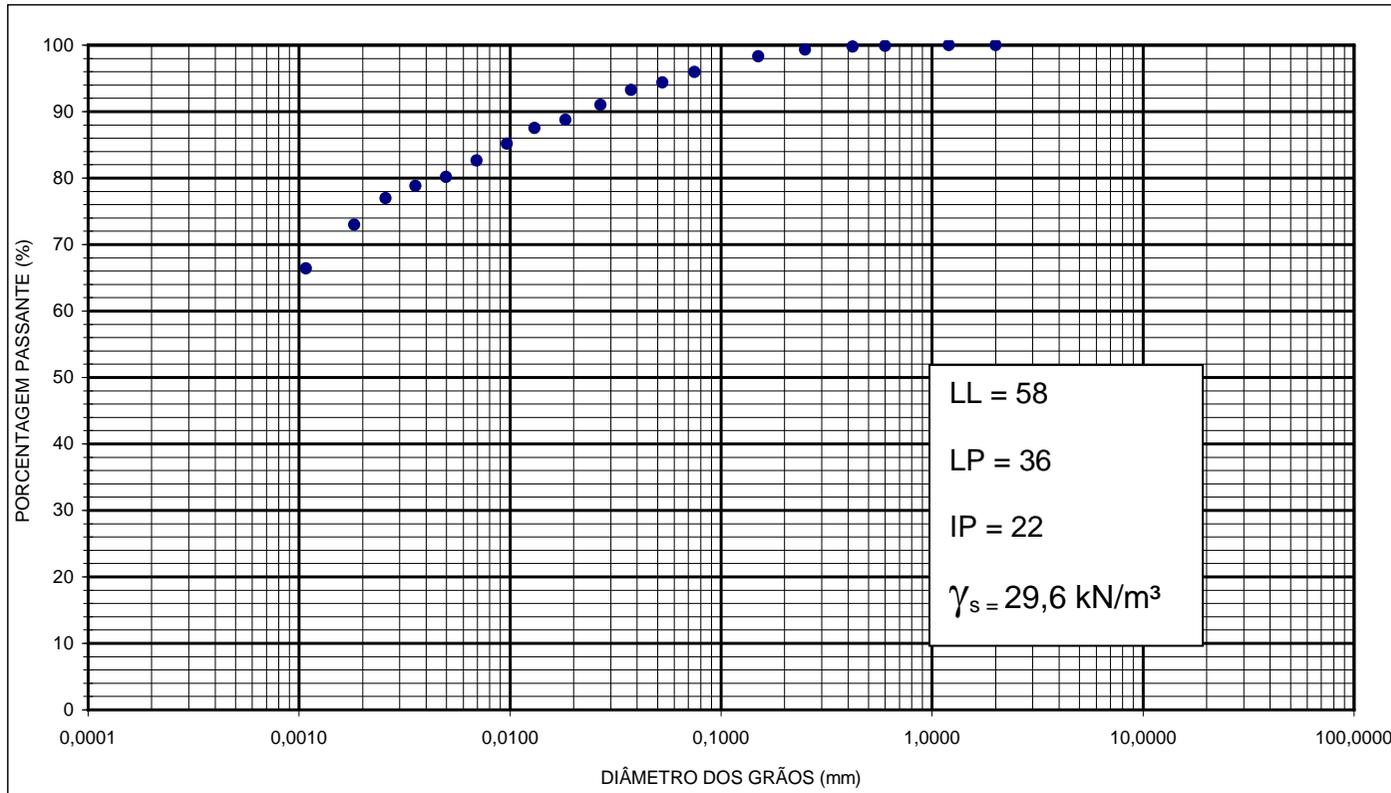




APÊNDICE C

No Apêndice C são apresentados os gráficos de ensaio de granulometria, com os respectivos Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e, por fim, com respectivos Índice de Plasticidade e peso específico do solo (γ_s).

 <p>UEM / DEC Lab. Mec. Solos</p>	<p>CURVA GRANULOMÉTRICA</p> <p>NBR-7181/84</p>	<p>Local:</p> <p>Interessado: Danilo G. Serrano</p> <p>Amostra : P0/Sar2</p> <p>Profund.: 01 metros</p>
--	---	---



Classificação granulométrica NBR-8502/95

	0,002	0,060	0,200	0,600	2,000
ARGILA	SILTE	FINA	MÉDIA	GROSSA	
		AREIA			



UEM / DEC
Lab. Mec. Solos

CURVA GRANULOMÉTRICA

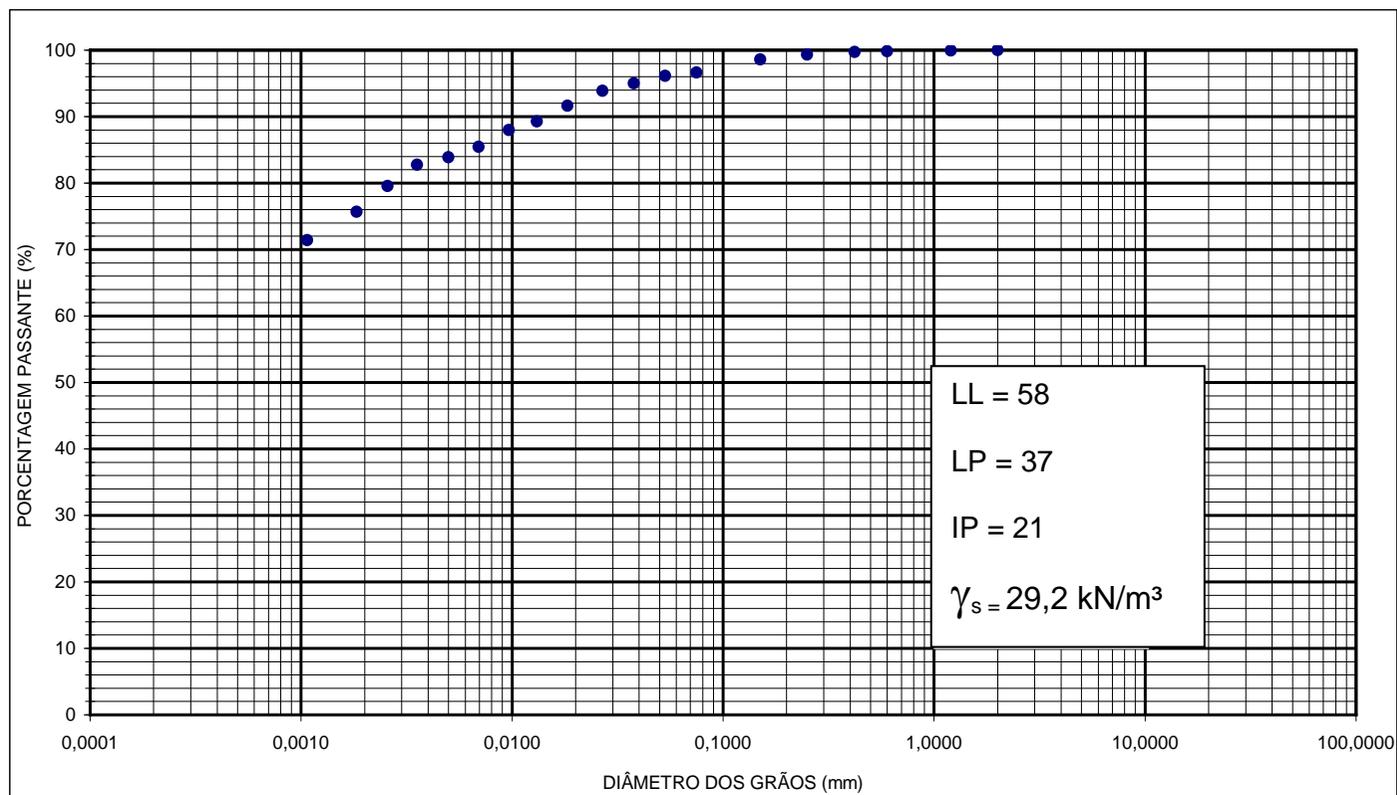
NBR-7181/84

Local:

Interessado: Danilo G. Serrano

Amostra: P03/Sar

Profund.: 01 metros



Classificação granulométrica NBR-8502/95

0,002

0,060

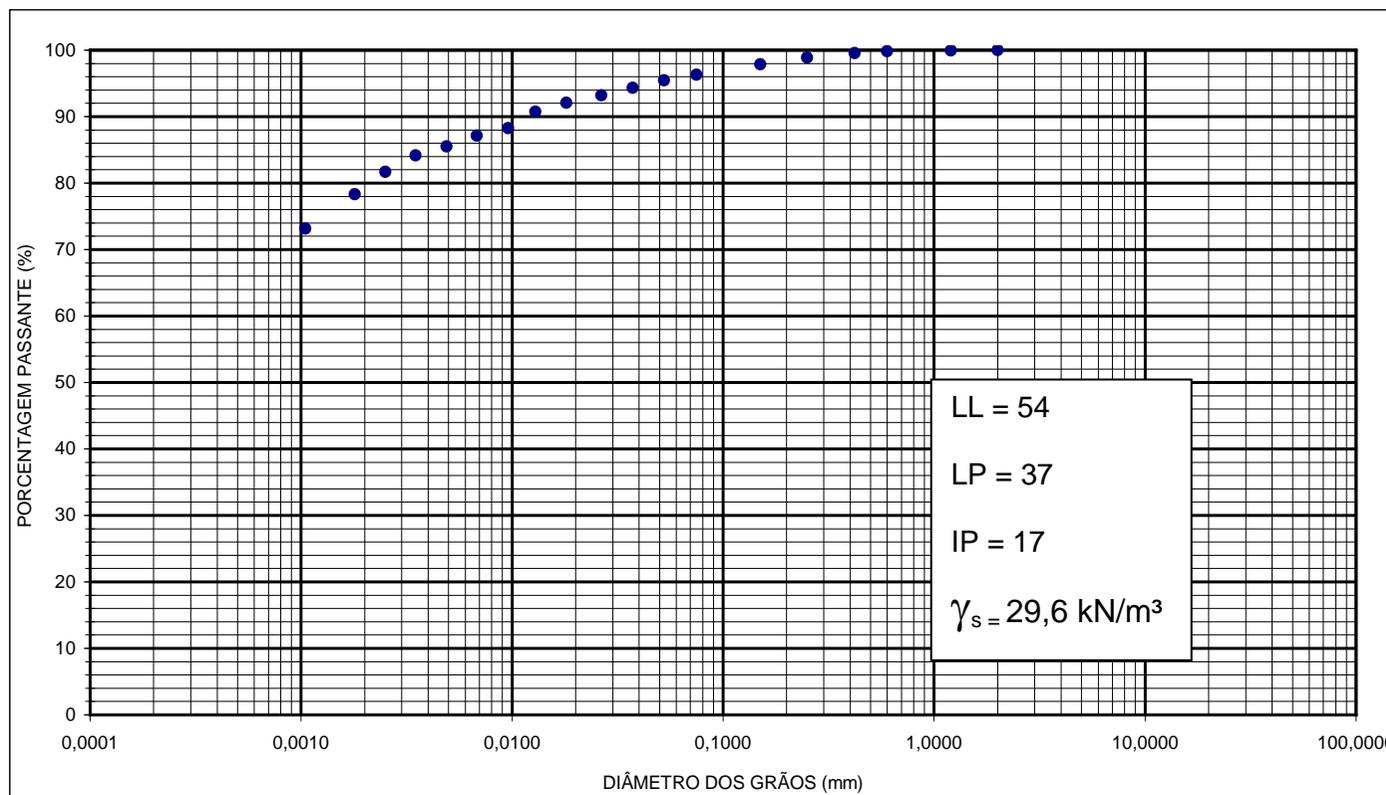
0,200

0,600

2,000

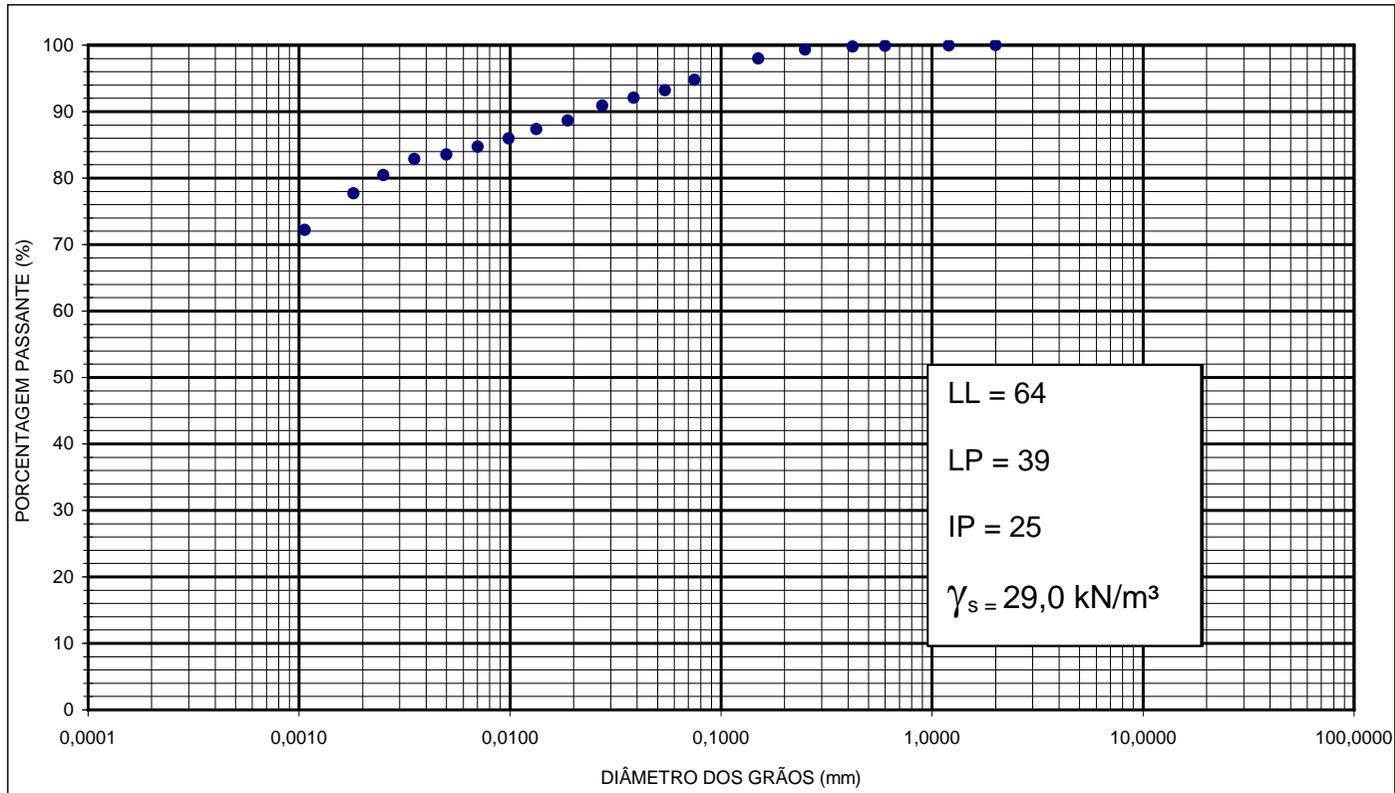
ARGILA	SILTE	FINA	MÉDIA	GROSSA
		AREIA		

 UEM / DEC Lab. Mec. Solos	<h3 style="margin: 0;">CURVA GRANULOMÉTRICA</h3> <p style="margin: 0;">NBR-7181/84</p>	Local: Interessado: Danilo G. Serrano Amostra : P04/Sar Profund.: 01 metros
---	--	--



Classificação granulométrica NBR-8502/95

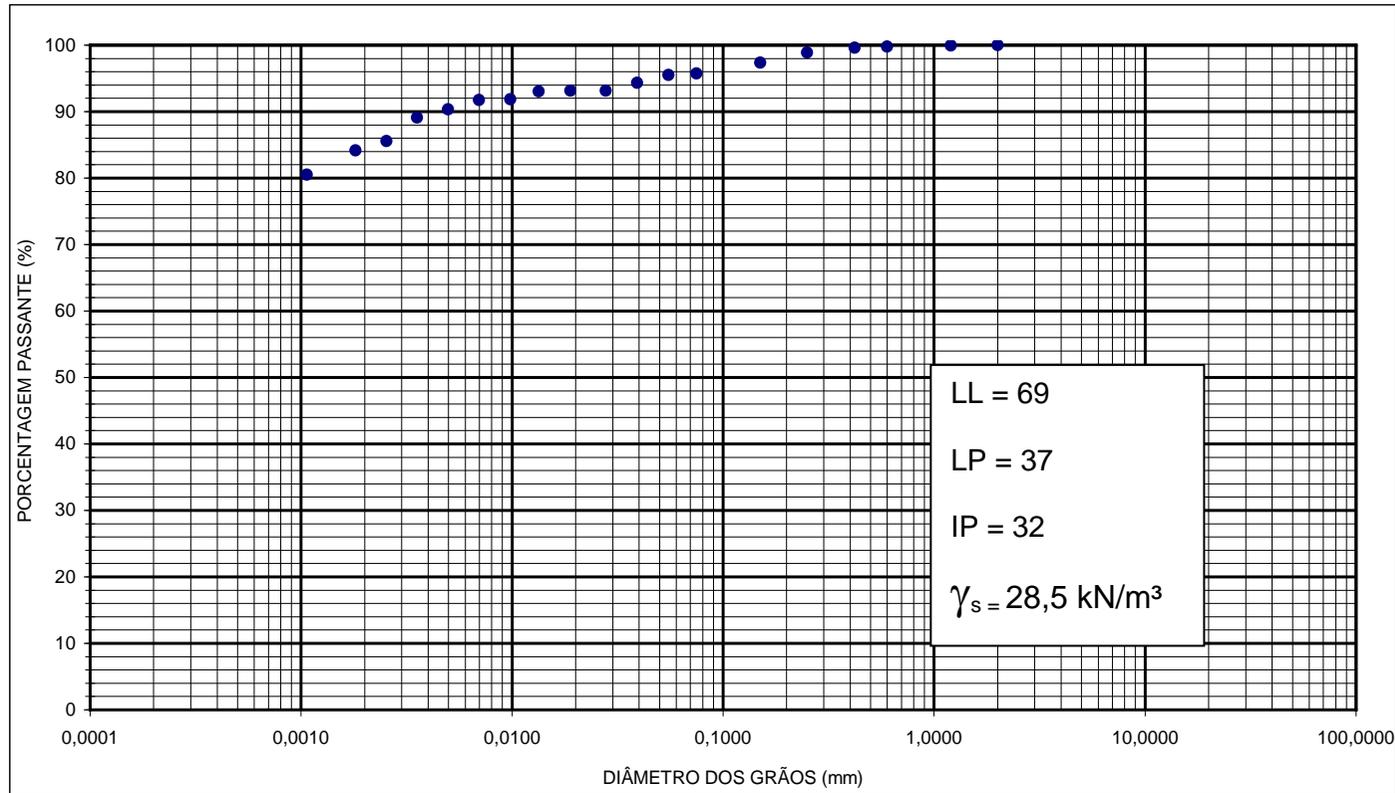
 <p>UEM / DEC Lab. Mec. Solos</p>	<p>CURVA GRANULOMÉTRICA</p> <p>NBR-7181/84</p>	<p>Local:</p> <p>Interessado: Danilo G. Serrano</p> <p>Amostra : P06/Sar</p> <p>Profund.: 01 metros</p>
--	---	---



Classificação granulométrica NBR-8502/95

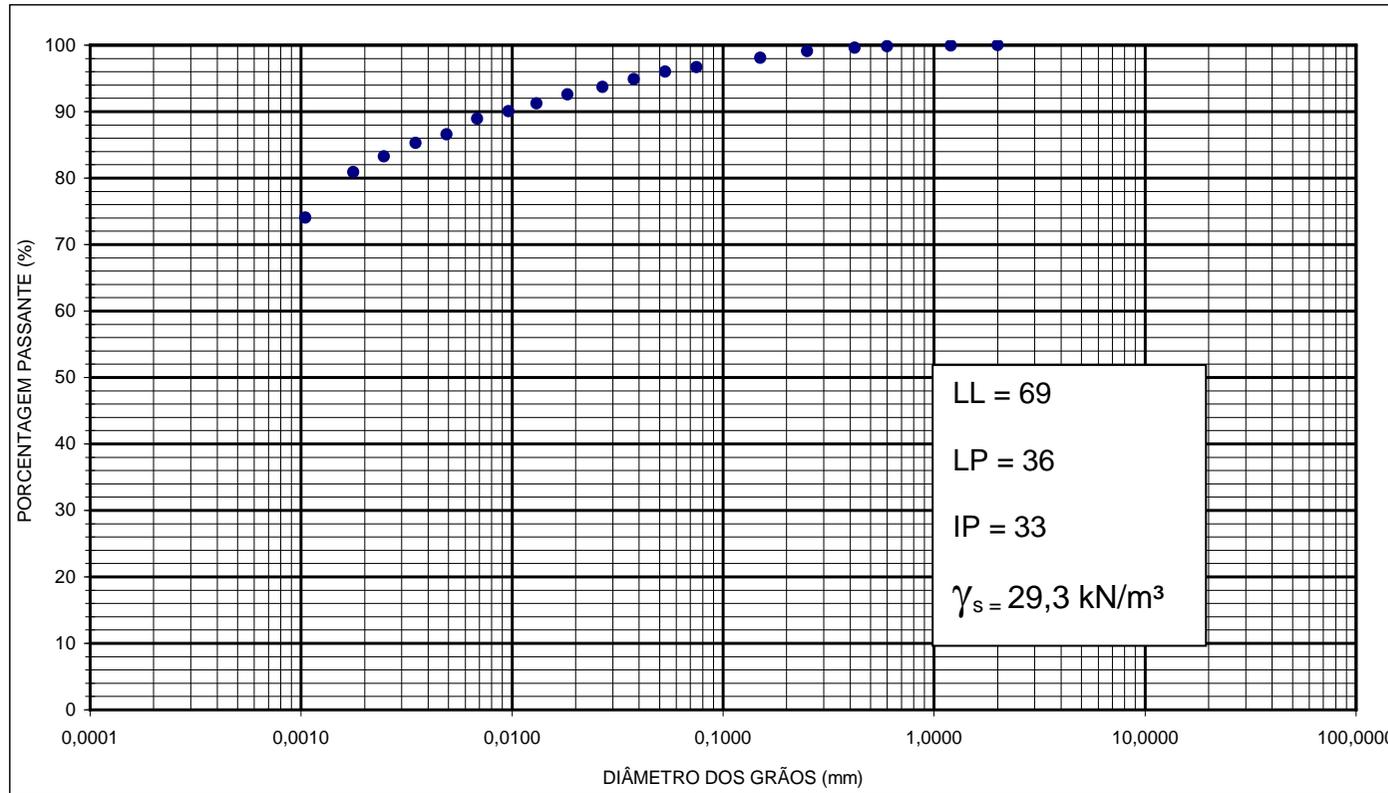
	0,002		0,060	0,200	0,600	2,000
ARGILA	SILTE		FINA	MÉDIA	GROSSA	
			AREIA			

 UEM / DEC Lab. Mec. Solos	<h3 style="margin: 0;">CURVA GRANULOMÉTRICA</h3> <p style="margin: 0;">NBR-7181/84</p>	Local: Interessado: Danilo G. Serrano Amostra : P08/Sar Profund.: 01 metros
---	--	--



Classificação granulométrica NBR-8502/95

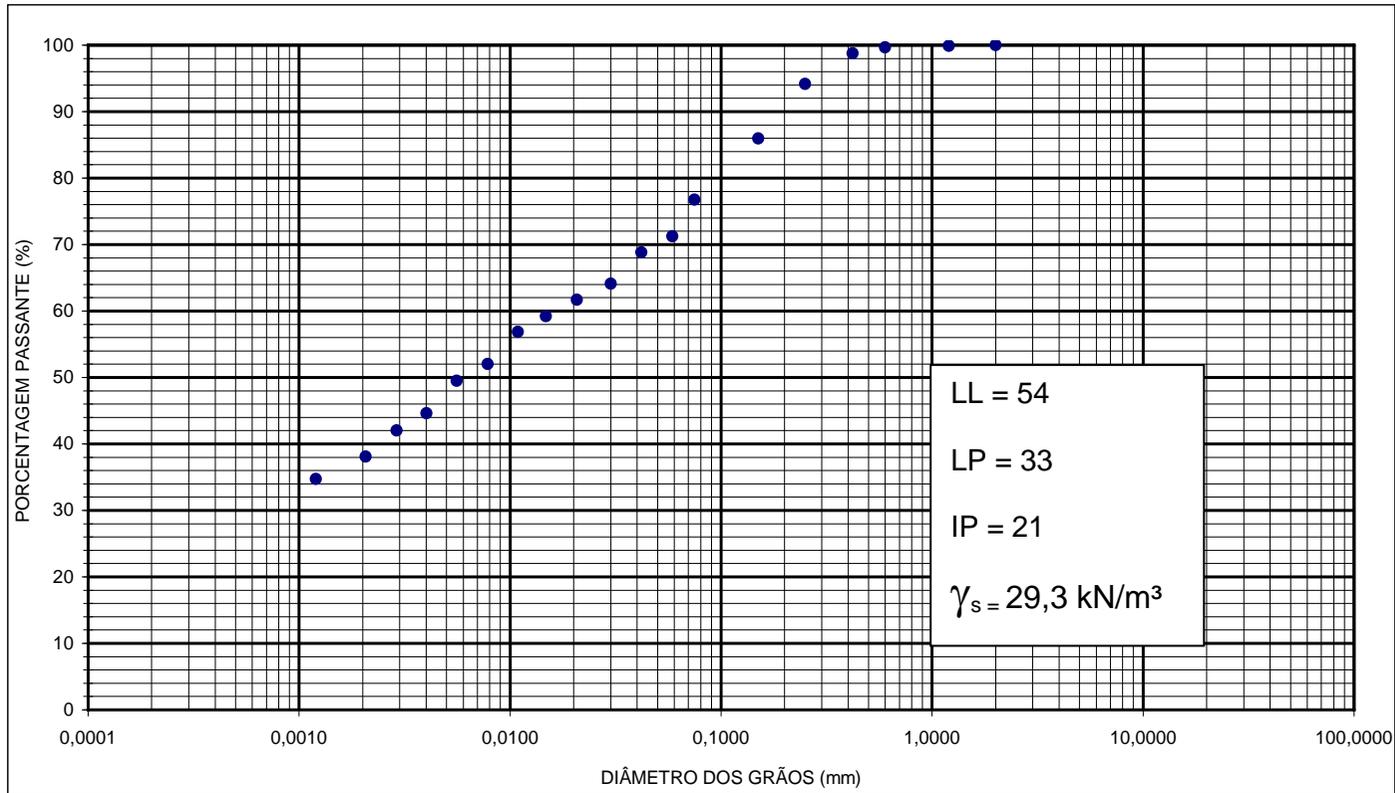
 CURVA GRANULOMÉTRICA	Local:
	Interessado: Danilo G. Serrano
M / DEC	Amostra : P09/Sar
Mec. Solos	Profund.: 01 metros
NBR-7181/84	



Classificação granulométrica NBR-8502/95

	0,002		0,060	0,200	0,600	2,000
ARGILA	SILTE		FINA	MÉDIA	GROSSA	
			AREIA			

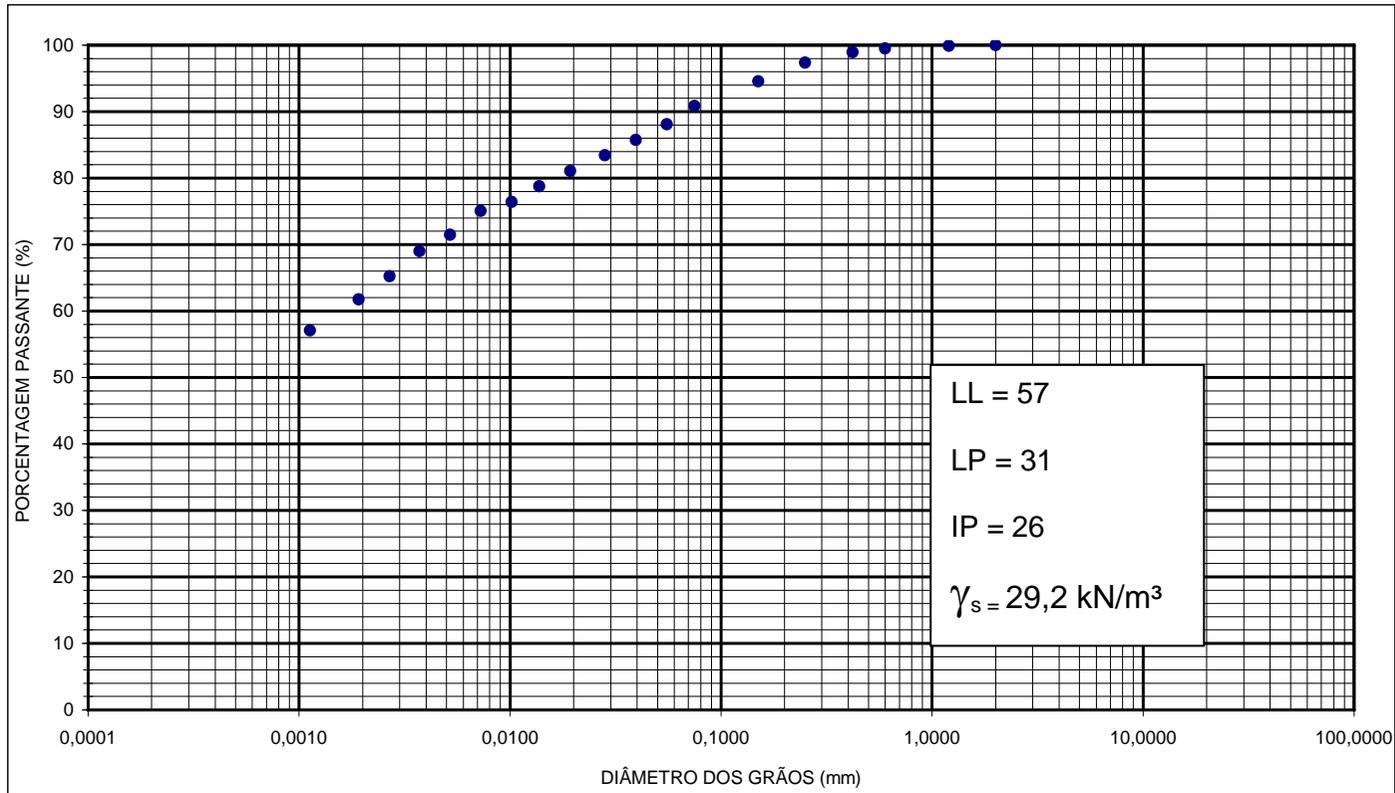
 <p>UEM / DEC Lab. Mec. Solos</p>	<p>CURVA GRANULOMÉTRICA</p> <p>NBR-7181/84</p>	<p>Local:</p> <p>Interessado: Danilo G. Serrano</p> <p>Amostra : P10/Sar</p> <p>Profund.: 01 metros</p>
--	---	---



Classificação granulométrica NBR-8502/95

	0,002		0,060	0,200	0,600	2,000
ARGILA	SILTE		FINA	MÉDIA	GROSSA	
			AREIA			

 <p>UEM / DEC Lab. Mec. Solos</p>	<p>CURVA GRANULOMÉTRICA</p> <p>NBR-7181/84</p>	<p>Local:</p> <p>Interessado: Danilo G. Serrano</p> <p>Amostra : P11/Sar</p> <p>Profund.: 01 metros</p>
--	---	---



Classificação granulométrica NBR-8502/95

	0,002	0,060	0,200	0,600	2,000
ARGILA	SILTE	FINA	MÉDIA	GROSSA	
		AREIA			

