

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM
GEOGRAFIA ANÁLISE REGIONAL E AMBIENTAL

INDICADORES DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO RIBEIRÃO
MARINGÁ-PR

MARTA GASPAR SALA

Orientador: Prof. Dr. Nelson V. L. Gasparetto

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARINGÁ

2005

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

MARTA GASPAR SALA

**INDICADORES DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO RIBEIRÃO
MARINGÁ-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia “Mestrado”, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Nelson V. L. Gasparetto

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel L. dos Santos

MARINGÁ

2005

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao professor Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto, pela orientação, compreensão e amizade no decorrer dessa pesquisa.

Aos meus familiares, principalmente para meu marido e para meus filhos, pela compreensão nos momentos de minha ausência.

Ao professor Dr. Manoel Luis dos Santos, pela co-orientação e apoio no desenvolvimento dessa dissertação.

As sempre amigas, Pollyana Biazin e Carolina Barros, pela amizade sincera e apoio nos momentos de dificuldade.

Aos amigos, Vladimir de Souza e Vanessa Cristina dos Santos, pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo.

Ao professor Dr. Dalton Aureo Moro (*in memoriam*), pela amizade e contribuição nas características históricas da cidade de Maringá.

Aos professores Dr. Paulo Nakashima e Dr. Maria Teresa de Nóbrega, pelas orientações quanto aos tipos e características do solo da área de estudos.

Ao professor Dr. Messias. M. Passos, pela contribuição na fundamentação teórica sobre o conceito de geossistema.

À (CAPES) Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos, a qual possibilitou a realização da pesquisa.

Ao departamento de Geografia (DGE) da Universidade Estadual de Maringá, pela disponibilidade do uso da sala de computação e a mapoteca.

A amiga e técnica Maria de Moraes do laboratório de solos do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), pelo auxílio e horas de dedicação nas análises.

Ao técnico de geoprocessamento José Luiz, pela amizade e contribuição na elaboração dos produtos cartográficos.

A Sandra e Dirceu Galli do laboratório de agroquímica de solos da UEM, pela amizade e apoio durante o decorrer dessa pesquisa.

A amiga Rafaela Harumi, pela amizade e apoio nas análises laboratoriais.

Enfim a todos do GEMA, que de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização dessa pesquisa.

RESUMO

Os solos da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá apresentam alta fertilidade natural, sendo por isso, intensamente, utilizados para fins agrícolas. O aumento da produção agrícola propicia uma maior degradação dos solos, como a destruição das suas características físicas (compactação, redução na infiltração, destruição da estrutura natural). Nas últimas décadas, além do uso agrícola, a bacia vem sofrendo, também, alguns impactos causados pelo avanço da urbanização. Dessa forma, as condições naturais do terreno aliadas à declividade, ausência de cobertura vegetal e a falta de práticas conservacionistas adequadas, aceleram os processos de degradação. Diante do exposto, esse trabalho, com a elaboração de cartas temáticas, associadas a análises laboratoriais e ensaios específicos de campo, procurou fornecer resultados, quanto às áreas com diferentes classes de fragilidade ambiental. Foi constatado que algumas áreas tanto no setor rural, como no setor urbano, apresentaram maior suscetibilidade aos processos de erosão do solo, em decorrência das propriedades físicas, declividade do terreno e ao uso inadequado. Assim, a qualificação e quantificação, dos elementos físicos e de uso e ocupação que fazem parte da paisagem da bacia do ribeirão Maringá, auxiliaram na geração e o cruzamento de dados para a realização de uma carta de zonas de fragilidade ambiental, onde se constatou que as áreas com maior risco de fragilidade são aquelas de ocorrência do Latossolo Vermelho, de textura média com o uso de soja, do Gleissolo com elevada presença de nódulos ferruginosos, nas nascentes urbanas e em boa parte do setor leste da bacia, onde predominam os solos rasos.

Palavras Chave: Paisagem, Bacia hidrográfica, Solos, Fragilidade ambiental

ABSTRACT

The Maringá Creek basin soils are naturally fertile. An increase in agricultural production can degrade soils, destroying its physical structures (surface compaction, slow infiltration rates, natural structures destruction). This basin has long been impacted by agricultural use and, over the last decades, by the urbanization process. Consequently, declivity, lack of vegetation cover, inadequate conservation practices as well as land conditions speed up soil degradation. This work attempted to supply results by means of theme maps, associated to lab analyses and specific field assays, concerning areas with different classes of environmental fragility. Some areas, both in the rural and urban sectors, showed greater susceptibility of soil erosion due to its physical properties, land declivity and inadequate use. The Maringá Creek basin use and occupation, the qualification and quantification of its physical elements generated some data, which were crossed and used to map areas of environmental fragility. These maps showed that the most fragile areas were: Red Latosol areas having medium texture and under soy cultivation; Gleysol areas having lots of concretion nodules; urban water springs and most of the eastern side of the basin, where shallow soils predominate.

Key words: Landscape, River basin, Soils, Environmental Fragility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evidência e evolução da população urbana e rural no município de Maringá – IBGE (2002).....	15
Figura 2- Localização do município e da área de estudos.....	30
Figura 3 - Gráfico de precipitação e temperatura (1985-2004).....	33
Figura 4 - Planície do ribeirão Maringá próximo à foz.....	40
Figura 5 – Carta de ordem dos cursos de água da bacia do ribeirão Maringá.....	42
Figura 6 – Gráfico da carga suspensa na bacia do ribeirão Maringá.....	44
Figura 7 - Ribeirão Maringá em seu curso médio ausência de vegetação na margem esquerda,turbidez da água e presença de espuma, formada pela descarga de poluentes.....	45
Figura 8 - Fluxograma de pesquisa proposto por Libault.....	48
Figura 9– Infiltrômetro, instalado no ponto 3 no setor leste da bacia.....	58
Figura 10 – Tubo graduado com a pedra porosa para o teste de absorção.....	58
Figura 11 – Anéis com as amostras indeformadas.....	58
Figura 12 - Tanque de água com as mostras para o teste de perda de solo por imersão.....	58
Figura 13 – Carta base.....	60
Figura 14 - Carta de compartimentação da bacia.....	63
Figura 15 – Carta hipsométrica.....	66
Figura 16 – Carta de declividade.....	69
Figura 17– Carta geológica.....	72
Figura 18 – Carta de tipos de solos.....	75
Figura 19 - Ravinamento sob solo arenoso - Sítio 52 B3, próximo ao córrego Romeira.....	76
Figura 20 - Sulcos observados em torno do capim sítio 52 B3, próximo ao córrego Romeira	77

Figura 21– Carta de uso e ocupação do solo.....	79
Figura 22 - Pedreira da prefeitura municipal de Maringá, paredão vertical de exploração de brita.....	80
Figura 23 - Pneus depositados indiscriminadamente em terreno acima da pedreira da prefeitura municipal de Maringá.....	81
Figura 24 – Ausência de vegetação na margem direita do ribeirão Maringá, água com coloração escura devido à erosão das margens.....	81
Figura 25 - Carta morfológica e de processos atuais.....	84
Figura 26 - Início de sulcos formados pelo pisoteio no setor leste da bacia.....	86
Figura 27 – Degradação das margens da nascente a nascente do córrego Mandacarú.....	86
Figura 28 – Plataforma de despejo de esgoto ribeirão mandacarú.....	86
Figura 29 –Canal retificado do ribeirão Maringá.....	86
Figura 30 –Perfis transversais.....	89
Figura 31 - Perfis longitudinais da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá.....	92
Figura 32 - Gráfico de síntese do balanço hídrico mensal para região de Maringá (2004).....	94
Figura 33 - Gráfico de síntese do balanço hídrico mensal para região de Maringá (2005).....	94
Figura 34 - toposseqüência sítio Fenação, com a distribuição dos diferentes tipos de solo da vertente.....	98
Figura 35 - Porcentagens granulométricas e de argila natural dos perfis da toposseqüência Sítio Fenação.....	101
Figura 36 – Perfis esquemáticos dos pontos de análise da área de estudo.....	106
Figura 37 –Análises granulométricas dos perfis de solo da bacia.....	110
Figura 38 - Porcentagens de argila natural dos perfis de solo da bacia.....	111
Figura 39 - Infiltração acumulada dos perfis de solo da bacia do ribeirão Maringá.....	115
Figura 40 - Comportamento da curva de infiltração de água no Latossolo Vermelho de textura média.....	116

Figura 41 - Comportamento da curva de infiltração de água no Nitossolo Vermelho.....	118
Figura 42 - Comportamento da infiltração de água no Nitossolo vermelho.....	118
Figura 43 - Comportamento da curva de infiltração de água no Gleissolo.....	119
Figura 44 - Comportamento da curva de infiltração de água no Cambissolo.....	120
Figura 45 - Comportamento da curva de infiltração de água no Latossolo Vermelho.....	121
Figura 46 - Comportamento da curva de infiltração de água no Nitossolo Vermelho.....	122
Figura 47- Gráfico de absorção (S) x perda de solo por imersão (P), com separação dos solos com índice de erodibilidade.....	127
Figura 48 – Carta de classes de fragilidade ambiental da bacia do ribeirão Maringá.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxonomia das formas de relevo proposta por Ross (1992).....	20
Tabela 2 - Níveis da pesquisa geográfica, Libault (1971).....	21
Tabela 3 - Demonstrativo dos tipos de solo quanto às formas de relevo de Maringá -EMATER (1988).....	36
Tabela 4 - Porcentagem do teor de umidade das amostras de solo dos perfis de solo da bacia do ribeirão Maringá.....	114
Tabela 5 - Resultado dos testes de absorção e perda de massa por imersão.....	125

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVO GERAL.....	14
3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS.....	15
4 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ.....	26
5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO E DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
5.1 Localização do Município e da Área de Estudo.....	30
5.2 Geologia e Geomorfologia.....	31
5.3 Clima.....	32
5.4 Solos.....	35
5.5 Vegetação.....	38
5.6 Hidrografia.....	40
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47
6.1 Descrição das Técnicas e Etapas.....	49
6.1.1 Carta base.....	49
6.1.2 carta de compartimentação da bacia.....	49
6.1.3 Carta hipsométrica.....	49
6.1.4 Carta de declividade.....	50
6.1.5 Carta geológica.....	51
6.1.6 Carta de tipos de solos.....	51
6.1.7 Carta de uso e ocupação do solo.....	51
6.1.8 Carta morfológica e processos atuais.....	52

6.1.9 Perfis transversais.....	52
6.1.10 Fator forma e morfometria dos canais.....	52
6.1.11 Síntese do balanço hídrico.....	53
6.1.12 Carta de fragilidade ambiental.....	53
6.1.13 Descrições morfológicas.....	55
6.1.14 Ensaios de campo e análises de laboratório.....	55
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
7.1 Análise dos Produtos Cartográficos.....	59
7.1.1. Carta base.....	59
7.1.2 Carta de compartimentação da bacia.....	61
7.1.3 Carta hipsométrica.....	64
7.1.4 Carta de declividade.....	67
7.1.5 Carta geológica.....	70
7.1.6 Carta de tipos de solos.....	73
7.1.7 Carta de uso e ocupação do solo.....	76
7.1.8 Carta morfológica e de processos atuais.....	82
7.1.9 Perfis transversais.....	87
7.2 Fator Forma e Morfometria dos Canais.....	90
7.3 Síntese do balanço hídrico.....	92
7.4. Descrição Morfológica dos Perfis de Solo da Topossequência Sítio Fenação.....	95
7.5 Análise Granulométrica e de Argila Natural dos Perfis de Solo da Topossequência Sítio Fenação.....	98
7.6 Descrição Morfológica dos Perfis de Solo.....	102

7.7 Análise Granulométrica e de Argila Natural dos Perfis	106
7.8 Ensaio de Teor de Umidade.....	112
7.9 Ensaios de Infiltração <i>in situ</i>.....	114
7.9.1 Curva de infiltração do perfil 1.....	116
7.9.2 Curva de infiltração dos perfis 2 e 3.....	117
7.9.3 Curva de infiltração do perfil 4.....	118
7.9.4 Curva de infiltração do perfil 5.....	119
7.9.5 Curva de infiltração do perfil 6.....	120
7.9.6 Curva de infiltração do perfil 7.....	121
7.10 Determinação do Índice de Erodibilidade.....	122
7.10.1 Ensaios de absorção e de perda de solo por imersão dos perfis.....	123
7.10.2 Cálculo e determinação do índice de erodibilidade.....	126
7.11 Carta de Classes de Fragilidade Ambiental.....	127
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
REFERÊNCIAS.....	136
ANEXO.....	143

1 INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais têm se intensificado a nível mundial, tal problemática é resultante do desenvolvimento urbano, do aumento populacional e da necessidade de uma maior produção agrícola. Como consequência, os ambientes naturais se tornam mais frágeis e suscetíveis aos processos de degradação de seus elementos físicos como: solo, hidrografia, clima, vegetação, etc.

A área desta pesquisa, inserida no norte do estado do Paraná, também vem sofrendo impactos, relacionados com a retirada da mata natural, inicialmente para dar lugar à cultura de café que dominou a paisagem aproximadamente até o fim da década de 1960, e após esse período com a substituição do café por culturas rotativas de soja, milho e trigo, que exigem técnicas e manejos adequados que muitas vezes não são adotados. As práticas agrícolas inadequadas podem causar compactação do solo, contribuindo para o aumento do escoamento superficial o qual causa danos aos solos e a rede de drenagem que está sujeita a receber uma carga maior de sedimentos que podem contribuir para o assoreamento dos leitos.

Além da mudança agrícola, a área também passou por um avanço acelerado da urbanização, onde ocorreu um aumento da impermeabilização dos solos. Esse fator interferiu no equilíbrio do comportamento hídrico da bacia, já que boa parte da água pluvial que deveria se infiltrar no solo passou a escoar superficialmente, em maior volume e intensidade, ocasionando prejuízos ambientais nas áreas de vale, principalmente nas cabeceiras dos córregos e ribeirões da bacia.

Diante do exposto, esse trabalho analisou os elementos físicos, de uso e ocupação da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá, de forma integrada, a partir de análises qualitativas e quantitativas. O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas distintas: a primeira consistiu em revisões bibliográficas de trabalhos com temáticas semelhantes. Nessa etapa, também, foram caracterizados os componentes do meio físico (solo, relevo, clima, geologia, geomorfologia, hidrografia e uso do solo). A segunda etapa consistiu na elaboração de cartas temáticas, a partir da carta base do município de Maringá, fotografias aéreas, imagens de satélite, saídas e ensaios de campo para a confecção da carta de solos. Na terceira etapa, em pontos pré-determinados, foi realizado ensaios de infiltração *in situ*, descrições morfológicas, coletas de amostras indeformadas e deformadas dos horizontes dos perfis dos solos, para as análises laboratoriais. A

quarta e última etapa constou na integração e correlação de todos os dados analisados, para a elaboração do produto cartográfico final, a carta de zonas de fragilidade ambiental.

Cabe ressaltar, que este tipo de estudo de fragilidade ambiental em pequenas bacias hidrográficas, como o da bacia do ribeirão Maringá, contribui para fornecer subsídios ao gerenciamento ambiental.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a paisagem da bacia do ribeirão Maringá, qualificando e quantificando os elementos físicos e de uso e ocupação, visando delimitar áreas com diferentes classes de fragilidade ambiental.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Na microrregião econômica onde se localiza a bacia do ribeirão Maringá, houve desmatamento no decorrer do período de 1930-1950 para dar lugar à agricultura de café, que dominou a paisagem até 1970-1975. No decorrer da década de 1970 a política mundial, bem como a política interna do país, exigiram erradicação da cultura do café, substituindo-a por culturas temporárias de soja, trigo milho algodão, cana de açúcar dentre outras (MORO, 1991).

Essas culturas exigiram e ainda exigem um maior manejo do solo com uso de maquinários pesados, quando esse manejo se torna inadequado provoca compactação, dificultando a penetração das raízes das plantas e a infiltração das águas das chuvas, que escoam carregadas de partículas para as baixas vertentes, causando danos erosivos e assoreamento que interferem diretamente no equilíbrio natural do ambiente. Outro problema que interfere de forma negativa no ambiente é o aumento das construções civis, que são necessárias ao desenvolvimento humano, entretanto, quando realizadas sem planejamento podem acelerar o processo de degradação ambiental, principalmente no que se refere ao escoamento superficial acelerado, causado pelo excesso de pavimentação.

Diante dessas questões, faz-se necessário avaliar a paisagem e seu grau de fragilidade. Essa avaliação quando realizada de forma integrada, entre os elementos do meio físico e social, pode contribuir para redução de danos ambientais ainda maiores como o surgimento de feições erosivas de diferentes graus. Desse modo, torna-se importante verificar como o sistema evolui e se adapta às novas condições criadas pelo homem.

Assim, algumas concepções teórico-metodológicas que nortearam a presente pesquisa, apresentam a análise integrada da paisagem, baseada na análise sistêmica, além de enfatizar os aspectos geomorfológicos que estão intrinsecamente relacionados aos fatores litológicos e pedológicos.

O primeiro a aplicar a teoria geral dos sistemas na geomorfologia foi Strahler (1950), argumentando que um sistema de drenagem ajustado fosse melhor descrito como um sistema aberto em estado constante. Chorley (1964), também, abordou a importância dessa teoria enfatizando a sua necessidade para os estudos do equilíbrio dos sistemas geomorfológicos.

Chorley e Kenedy (1971) aprofundaram os conceitos que constituíram a base dessa teoria aplicada a geografia física. Segundo estes autores sistema, significa um arranjo estruturado de

objetos e/ou atributos compostos por variáveis que exibem correlações mútuas discerníveis, operando como um todo complexo, de acordo com alguns padrões observáveis.

Dessa maneira, a teoria do sistema permite ao pesquisador estudar os elementos do meio de uma forma conjunta e dinâmica. Para Tricart (1977) a abordagem sistêmica é um instrumento lógico que se dispõem para estudar os problemas do meio, porque oferece uma visão dinâmica e integrada dos elementos que fazem parte da paisagem. A análise sistêmica procura retirar a subjetividade da pesquisa sem criar distinções, busca uma construção teórica á partir da quantificação e monitoramento dos dados.

Uma outra concepção geográfica de como abordar os elementos da paisagem é o conceito de geossistema que depende da aplicação direta da teoria dos sistemas e do uso dos recursos tecnológicos (BERUTCHACHVILI; BERTRAND,1978). Sotchava¹ (1960 apud Berutchachvili; Bertrand 1978) foi o primeiro a utilizar o tema geossistema. Sotchava (1977) descreve o geossistema como a solução de numerosas questões onde se faz necessária a participação do geógrafo. Considera os fenômenos naturais, não se esquecendo dos fatores econômicos e sociais que influenciam na estrutura do ambiente.

Para Berutchachvili e Bertrand (1978) o geossistema considera o meio natural como um “conjunto” geográfico, dotado de uma estrutura e de um funcionamento próprio, assim a paisagem real e multiforme de estar respaldada em conceitos. Para eles, o geossistema serve para designar um “sistema geográfico natural homogêneo associado a um território”, caracterizando-se por uma morfologia, isto é pelas estruturas espaciais verticais (geohorizontes) e horizontais (geofácies), por um funcionamento que engloba o conjunto de transformações dependentes da energia, solo, ar, ou gravitacional, dos ciclos da água, dos biogeociclos, assim como dos movimentos das massas de ar e dos processos de geomorfogênese e por um comportamento específico, para as mudanças de estado que intervêm no geossistema em uma dada seqüência temporal.

¹ SOTCHAVA, V. B. L' étude des géosystèmes: stade actuel de la géographie physique complexe. Izevestija Akademii Nauk SSSR. Serija geograficeskaja, n.3, pp. 18-21, 1972

Segundo Passos (1988), na definição de paisagem, fica claro a existência de três elementos fundamentais: as características do geossistema que os definem, o tamanho referido de uma escala espacial e o período de tempo considerado na escala temporal. Esse autor cita Tricart (1981) o qual afirma que:

“Uma paisagem é uma dada porção perceptível a um observador onde se inscrevem uma combinação de fatos visíveis e invisíveis e interações as quais, num dado momento, não percebemos senão o resultado global.”

Bertrand (1977) classifica a paisagem em seis níveis taxonômicos (zona, domínio, região, geossistema, geofácies e geótopo). Considerando a paisagem como: “Resultado para uma determinada área do espaço da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto indissociável em perpétua evolução”.

Monteiro (2000) trabalha com o modelo de geossistema a partir de unidades de paisagem, onde os elementos naturais que compõe o geossistema são utilizados em um primeiro momento, para a realização da divisão de um espaço geográfico em compartimentos. Por meio dessa compartimentação, o pesquisador consegue organizar o espaço, dependendo do objetivo de sua pesquisa. Esse autor ressalta que ao compartimentar um espaço em unidades de paisagem, é preciso fazer uma correlação dos dados obtidos com as informações fornecidas do meio natural, no entanto sem também se esquecer da influencia dos elementos sociais sobre o ambiente.

Para Monteiro *op cit*, o geossistema é a integração de vários elementos, portanto parece lógico que os seus limites sejam conduzidos, por exemplo, por uma curva de nível, por uma isoietia ou por uma dada vegetação, etc. Embora considere que estas variações ou atributos possam sugerir, com maior peso, uma configuração espacial dos elementos do geossistema, desde que esse elemento seja o mais destacado de uma integração, não considera e nem espera que isto seja uma regra. Cabe ao pesquisador, ao adotar esses conceitos, observar e entender quais elementos são mais relevantes em seu espaço de estudo para que seja realizada a compartimentação da paisagem em unidades.

Um dos critérios que podem auxiliar na compartimentação de bacias hidrográficas em unidades diferenciadas de paisagem são os mapeamentos geomorfológicos. Nesse sentido, Ab' Saber (1969) propõe uma metodologia que se baseia no mapeamento geomorfológico, para

divisão de unidades de paisagem, no entanto não de forma obrigatória, estabelecendo de maneira clara três níveis de tratamento para as pesquisas sobre o relevo. Este autor denota extrema importância para a observação sistemática, através da descrição do relevo e da paisagem como um todo.

O primeiro nível de tratamento refere-se a compartimentação topográfica e caracterização minuciosa das formas de relevo. Seria a identificação das unidades geomorfológicas, onde os elementos que compõe cada unidade apresentam acentuado grau de semelhança.

No segundo nível, a proposta é de se extrair informações da estrutura superficial da paisagem, por exemplo, através de observações de feições geomórficas, depósitos colúviais de vertentes, depósitos geológicos recentes e outros. São dados que auxiliam na identificação da morfogênese e morfocronologia relativa.

O terceiro nível trata da dinâmica atual do funcionamento da paisagem como um todo. Nesse nível são utilizados equipamentos para se obter dados como: comportamento dos elementos do clima, comportamento dos solos, papel da cobertura vegetal, efeitos da ação humana sobre aquele ambiente. Essa etapa da pesquisa permite a realização de pesquisas experimentais, que quando bem realizadas, fornecem informações valiosas para as questões voltadas ao ambiente.

Dessa forma, ao considerarmos que a paisagem está em perpetua evolução, se tornou necessário recorrer também, aos conceitos que dizem respeito à dinâmica geomorfológica que se manifesta, sobretudo através das vertentes e aos fundamentos metodológicos que abrangeram a construção dos produtos cartográficos e os ensaios de laboratório e métodos de campo.

Por meio do estudo das vertentes, pode-se constatar a dinâmica funcional da paisagem. Segundo Tricart (1956), a vertente é o elemento dominante do relevo e também o elemento mais importante para o homem, pois estudar as vertentes, as grandes formas de relevo e os fatores que atuam na dinâmica e na degradação das formas, é de grande interesse das atividades agrícolas e também das obras de construção civil. Para Chorley (1964), a compreensão da evolução das formas das vertentes está intimamente relacionada com o entendimento dos processos que a produziram.

Cassetti (1991) descreve que o balanço morfogenético da vertente é comandado pelo valor do declive, pela natureza da rocha e pela variação do clima, onde o tipo de cobertura vegetal e a modalidade do uso do solo podem imprimir formas diferenciadas na topografia da vertente.

Dessa forma para esse autor, o processo geomorfológico compreende todos os elementos endógenos e exógenos responsáveis pelas ações evolutivas das vertentes, tais fenômenos são responsáveis pela esculturação do relevo

Para Guerra e Cunha (1996), as características das vertentes podem ser modificadas pela erosão que consiste em um problema comum tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais e que pode ser medida, de acordo com os fatores: erosividade da chuva; erodibilidade dos solos, aferida por suas propriedades e natureza da cobertura vegetal.

Outra questão importante a considerar é o escoamento superficial do terreno que é um processo natural importante no estudo evolutivo das vertentes. Bigarella e Mazuchowski (1985), salientam que esse fator desempenha um papel decisivo no mecanismo erosivo e a intensidade do fenômeno depende da velocidade do escoamento superficial, isto é, onde as vertentes mais íngremes podem acentuar a velocidade do escoamento.

Quando as vertentes, principalmente as mais íngremes são despidas de vegetação e mal utilizadas pela agricultura, os mecanismos erosivos se acentuam o que pode tornar terreno impróprio para o uso em pouco tempo. O estudo das vertentes é essencial não apenas para o estudo da paisagem, para Carson e Kirbe (1972), é também como um meio prático para o controle da erosão e da sedimentação, que ocorre quando o homem modifica a paisagem através da agricultura, obras de engenharia ou operações de remanejamento de terra.

Ross (1992) contribuiu pra os estudos de fragilidade de ambientes naturais e de geomorfologia, descrevendo sobre o registro cartográfico e a questão taxonômica do relevo, salientando que as formas dos terrenos, de diferentes proporções, possuem uma explicação genética e estão interrelacionadas e interdependentes dos demais componentes da natureza (geologia, cobertura pedológica, clima, hidrografia e vegetação).

Assim, a superfície terrestre se compõe de formas de relevo de diferentes táxons que possuem diferentes idades e dinâmicas. Essas podem se apresentar, de acordo com o tempo mais ou menos instáveis. Ross apoiou seus trabalhos nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura de Guerasimov e Mesceryacov (1968), afirmando que os aspectos fisionômicos do relevo refletem influências quanto à origem, ao mesmo tempo em que indica a idade, e que quanto maior for sua forma maior também será sua idade. Na Tabela 2, verifica-se a proposta de Ross (1992), em que as formas do relevo são divididas em seis táxons:

Tabela 1. Taxonomia das formas de relevo

Táxons	Exemplos de formas de relevo
Unidade morfoestrutural	Bacias sedimentares
Unidade morfoescultural	Planaltos em patamar, planaltos e chapadas e cimeiras, depressões periféricas
Unidade morfológica ou de padrão de formas semelhantes	Padrão em colinas, padrão em formas tabulares, padrão em morros
Tipos mais específicos de formas de relevo	Colinas, formas tabulares, formas de morros, cristas
Tipos de vertentes	Convexa, côncavas, retilíneas
Formas de processos atuais	Voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos

Fonte. Ross (1992)

Reis Nakashima (1999) aplicou esta proposta taxonômica ao confeccionar a carta geomorfológica da bacia do vale do rio Keller, no norte do Paraná. Essa carta serviu como subsídio para suas pesquisas de unidades de fragilidade ambiental do relevo da bacia, resultando na elaboração de uma carta de fragilidade. Essa autora também utilizou fotografias aéreas na escala 1: 25.000 e imagens de satélite TM-Landsat, para elaboração da carta de uso do solo e dos processos erosivos do vale. Desse modo, foram identificadas as grandes formas de relevo e detectado os processos erosivos que afetam aquela área relacionando-os ao uso dos solos.

Respalhada nessas bases conceituais, a pesquisa para a análise da fragilidade ambiental da bacia do ribeirão Maringá, também, seguiu, parcialmente, a metodologia descrita por Ross (1994). Este propõe a análise empírica de fragilidade para ambientes naturais e antropizados, cujos conhecimentos setorializados (solos, relevo, rochas, clima, flora, fauna, entre outros), componentes de estrato geográfico que dão suporte a vida animal e do homem, sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos. Esta metodologia está baseada no conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), que visa avaliar a fragilidade, a partir de dois aspectos: a potencial e a emergente.

A fragilidade potencial compreende a integração dos elementos físicos natural, como a geomorfologia, tipos de solo, declividade, geologia entre outros, enquanto a fragilidade emergente compreende a análise integrada da fragilidade potencial do meio natural com o tipo de uso do solo.

Partindo dessas concepções e com o interesse de utilizá-las nos estudos de planejamento ambiental, Ross (*op. cit.*) ampliou o uso e o conceito, estabelecendo as unidades ecodinâmicas

instáveis ou de instabilidade emergente em vários graus, desde instabilidade muito fraca até muito forte, aplicando o mesmo critério para as unidades ecodinâmicas estáveis.

Para a construção da carta de fragilidade ambiental, este autor utiliza produtos intermediários (carta pedológica, de uso de solo, geomorfológica e de cobertura vegetal, segundo o seu grau de proteção), a partir dessas análises ele sugere a construção de pranchas planimétricas que indiquem a hierarquia das diversas classes de erodibilidade do solo. Estas pranchas permitem a correlação de todos os dados, resultando num produto final que classifica as unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, com distinção de graus de instabilidade potencial emergente.

Rosa e Ross (1999) testaram a aplicação de SIGs, na elaboração de cartas de fragilidade potencial, concluindo que essa técnica auxilia na rapidez da geração e cruzamentos dos temas, necessários para a elaboração dessa carta, no entanto fazem algumas ressalvas quanto ao uso dos SIGs, pois muitas vezes podem acumular erros e mascarar alguns dados. Portanto, citam que projetos de planejamento ambiental, devem sempre ser fundamentados em experiências passadas, pois ainda é preciso muito esforço para se criar uma base de dados digitais confiável, que permita com segurança o uso dos SIGs nesse tipo de estudos.

Libault (1971) com sua abordagem geográfica, também contribuiu para os trabalhos de visualização, interpretação e correlação entre o meio físico e social, onde sua proposta é de definir todo o desenvolvimento da pesquisa através de quatro níveis, sendo cada um deles caracterizado por uma etapa de trabalho. Essas etapas darão seqüência e organização no corpo da pesquisa. Na Tabela 3, verifica-se sinteticamente a abordagem de cada nível.

Tabela 2. Níveis da pesquisa geográfica

Níveis	Abordagem
1º nível compilatório	Ordem histórica e levantamento dos dados físicos e sociais da área
2º nível correlatório	Interrrelação, cruzamento das informações e quantificação dos dados
3º nível semântico-interpretativo	Consolidação do diagnóstico, visão objetiva dos problemas e organização dos resultados dentro de uma visão global
4º nível normativo	Normatização dos dados e fatorização dos resultados

Fonte. Libault (1971)

Para o tema da presente pesquisa, torna-se também importante, conhecer as características morfométricas da bacia, principalmente no que se refere à forma. Essa característica é relevante em pesquisas sobre a dinâmica hidrológica pois, pode revelar o tempo que a água da chuva leva para escoar dos limites da bacia até chegar a saída da mesma. Alguns parâmetros morfométricos são necessários para se calcular a forma de uma bacia hidrográfica, são esses: o fator forma e o coeficiente de compacidade.

Alvarez e Garcez (2002) consideram que o cálculo da forma e do coeficiente de compacidade de uma bacia são importantes no estudo comparativos de pequenas bacias hidrológicas, pois permitem, em alguns casos, tirar algumas conclusões sobre as vazões. Os autores descrevem, que quanto maior for o valor do cálculo do fator forma, maior será a potencialidade de ocorrência de picos de enchentes elevados e quanto menor for o coeficiente de compacidade, também maior será a probabilidade de ocorrência de picos de enchentes. Cabe lembrar, que esses dados são válidos desde que não ocorram outros fatores que interfiram na forma e compacidade da bacia, principalmente fatores de origem antrópica.

Christofolletti (1969) tece alguns comentários sobre a análise morfométrica de bacias hidrográficas, ressaltando que o estudo de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia podem levar a compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local. Uma forma de análise morfométrica que contribui para o entendimento do transporte de sedimentos, da erosão e deposição de materiais é a realização de perfis longitudinais da rede de drenagem.

Para Cunha (1996), o perfil longitudinal de um rio expressa a relação entre seu comprimento e sua altimetria, que significa seu gradiente, ou declividade. O perfil típico é o côncavo, com declividades maiores em direção a nascente. Cursos d' água que apresentam tal morfologia são considerados em equilíbrio, mostrando relações de igualdade entre os processos de erosão e deposição. Dessa maneira, a forma do perfil reflete o ajuste do rio a fatores relacionados com o volume e carga da corrente, tamanho e peso dos sedimentos transportados, declividade, geologia da calha, regime das chuvas, entre outros.

O equilíbrio longitudinal de um perfil pode ser alterado, devido o uso do solo próximo aos dos cursos d' água como por exemplo, a substituição da vegetação natural das margens pela agricultura, o aumento da zona urbana que exige muitas vezes a canalização de segmentos da rede de drenagem, a construção de reservatórios etc.

Além dessas bases metodológicas, são utilizadas técnicas que envolvem experimentos de campo como: testes de infiltração de água, para se verificar a compacidade do solo; descrições morfológicas e análises de laboratório (granulometria, argila natural, teor de umidade, absorção e perda de solo por imersão). Esses testes e análises quantificam os dados, servindo de suporte para a confirmação de áreas de fragilidade ambiental dos solos de uma bacia.

Reis Nakashima (1999) realizou ensaios de infiltração associados a cartas temáticas, para analisar os processos erosivos na bacia do rio Keller-PR., estabelecendo uma correlação entre todos os dados, sintetizando os resultados em uma carta de zonas de fragilidade ambiental.

Quanto à capacidade de infiltração de água no solo, cabe ressaltar que a água que cai no solo passa pelo processo de infiltração penetrando nas camadas próximas à superfície do terreno, com movimentos descendentes sob a ação da gravidade, passa através dos vazios, até atingir uma camada-suporte que a retém.

Bertoni e Lombardi Neto (1975) descrevem que a capacidade de infiltração e permeabilidade dos solos são influenciadas por suas características físicas. Esses elementos, por sua vez influenciam na capacidade de erodibilidade dos solos determinando a capacidade de resistência do desprendimento e arraste de materiais transportados pela chuva.

A erodibilidade é um parâmetro que reflete a suscetibilidade do solo aos processos erosivos, sendo um parâmetro complexo, que depende de várias propriedades físicas do solo, quando esse interage com o fator externo água.

Nesse sentido, a condutividade hidráulica, a velocidade de infiltração, a resistência à dispersão de partículas sólidas em função da energia cinética da gota da chuva, bem como ao transporte e arraste pelo escoamento superficial, influenciam numa relação direta no grau de erodibilidade do solo. Entretanto, nos estudos de suscetibilidade, a erosão deve-se tratar diferentemente os processos erosivos gerados, de um lado, pelo escoamento laminar difuso, e de outro, pela concentração de fluxos de água (ravinas e voçorocas), pois envolvem mecanismos e condicionantes muito diversos (AGENA; SAAD, 1955).

Para Primavesi (1988), quando há um aumento da cobertura vegetal do solo, esse se torna mais protegido contra a desagregação de partículas, o que reduz os processos erosivos e contribui para aumentar a infiltração de água no solo.

Dependendo da textura dos solos, esses podem sofrer maior ou menor arraste de partículas durante os eventos chuvosos. Guerra e Cunha (1996) descrevem que os solos com textura arenosa

ou granular de textura mais grosseira possuem taxas de infiltração maiores, porém, sofrem mais com a ação das águas, por serem pouco coesos e oferecerem pouca resistência ao desprendimento e movimentação de materiais.

No que se refere ao fator escoamento superficial em relação à inclinação do relevo, torna-se importante considerar que a declividade atua como controladora de boa parte da velocidade do escoamento superficial, interferindo no tempo que a água da chuva leva para chegar até os leitos das drenagens, onde esse tempo é considerado como tempo de concentração. Para Vilela e Mattos (1975), a variação dos picos de enchentes, a maior ou menor probabilidade de infiltração de água e a vulnerabilidade dos solos para a erosão dependem da velocidade do escoamento superficial sobre os solos de uma bacia hidrográfica.

Douhi (2004) aplicou a metodologia de ensaios de infiltração *in situ* de Vilela e Matos (1975), ao estudar o comportamento hídrico da bacia do rio Xaxim em Prudentópolis – PR, verificou que, embora a área apresentasse características pedológicas e morfológicas semelhantes, o comportamento da curva infiltração e do volume de água absorvido foi bem diferenciado de um local para outro, concluiu assim que o uso do solo, foi o elemento que interferiu nos resultados, pois na área de mata, por exemplo, o volume infiltrado foi bem maior que nas áreas de pastagem e faxinal.

O teor de umidade de um solo antes dos eventos chuvosos, também interferem na capacidade de infiltração e no escoamento superficial, quanto maior for a umidade do solo, em menos tempo ele atingirá o estado de saturação total, aumentando, desta maneira, o escoamento superficial (PEJON, 1992).

Nogueira (1995) propõe um ensaio para o cálculo de teor de umidade do solo, onde o objetivo é a determinação das massas de água e de sólidos existentes em um mesmo volume de solo, cita que em qualquer ensaio de teor de umidade do solo, este deverá ser calculado como a média aritmética de, no mínimo, três diferentes determinações.

Quanto aos critérios para se avaliar a erodibilidade dos solos, vários autores utilizam amostras indeformadas, recorrendo a métodos na maioria, obtidos de forma empírica. Entre esses trabalhos destacam o de Nogami e Villibor (1979), que se basearam na correlação com o comportamento frente à erosão de um grande número de cortes de solo. Para os autores, as duas propriedades que permitem prever o comportamento dos solos tropicais frente à erosão hídrica

são a infiltrabilidade e a erodibilidade específica, que são medidas em ensaios de absorção de água e ensaios de perda de massa por imersão em amostras indeformadas de solo.

Com a obtenção desses dois parâmetros, é possível calcular o índice de erodibilidade (E) das amostras por meio da expressão $E = 52/SP$ (NOGAMI; VILLIBOR, 1979). Se o valor de E for menor que um, considera-se que o material apresenta erodibilidade.

Pejon (1992), em seus trabalhos de determinação da erodibilidade de materiais inconsolidados na região de Piracicaba-SP, aplicou a metodologia de Nogami e Villibor (1979), adaptando a equação para $E = 40 S/P$. Souza (2001) também aplicou essa metodologia ao estudar feições erosivas no município de Umuarama –PR. Estes autores concluíram que, a aplicação da metodologia modificada de Nogami e Villibor (1979) alcançou resultados satisfatórios para os solos da região de suas pesquisas, apresentando valores equivalentes aos verificados e analisados *in situ*.

4 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ

A colonização do norte do Paraná acompanhou de modo empresarial e organizado o avanço da “onda cafeeira”, dirigida de um lado, pela Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP) e outras empresas particulares e, de outro, pelo próprio estado. A colonização tinha por principal objetivo a exploração agrícola. Mas não deixou de se preocupar com seu planejamento geral, de estabelecer núcleos urbanos que pudessem servir como pontos de convergência para a vasta região, que necessitava cada vez mais de serviços públicos e privados, como retaguarda para o seu desenvolvimento.

No contexto da formação espacial do norte do Paraná, a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP) sucessora a Companhia de Terras Norte do Paraná lançaria oficialmente, o núcleo urbano de Maringá em 10 de maio de 1947. A topografia plana e vertentes suavemente inclinadas do relevo facilitou o assentamento do sítio urbano da cidade sobre o divisor de águas, entre as bacias dos rios Ivaí ao sul e Pirapó ao norte, em torno da interseção das coordenadas geográficas de 23° e 25° de latitude Sul e 51° e 57° de longitude Oeste.

Assim, a sistemática utilizada pela companhia com vistas à colonização, normalmente era a seguinte: compravam terras da união a preços baixos e as loteavam em pequenas propriedades, para que fossem vendidas a pequenos produtores. Esse procedimento também devia servir de estímulo para o comprador do lote rural ter a pretensão de possuir um lote urbano e assim se fixar na região. Dessa forma, concomitantemente se concretizava a intenção de promover o crescimento da cidade.

A partir do projeto original, ficavam visíveis as preocupações da companhia com as áreas residenciais, distinguidas em zonas de alto, médio e baixo padrão, bem como o estabelecimento de espaços para a indústria e o comércio, definindo assim, previamente, a função dessas diversas zonas urbanas. Entretanto, era necessário conjugar o plano urbano à topografia da região. Esse movimento de crescimento da cidade teve como consequência fatores que interferiram diretamente na estrutura rural.

Para Moro (1998), um fato importante a ser ressaltado é que em meados das décadas de 1960 e 1970, a região que tinha como base econômica o complexo cafeeiro, passou gradativamente para a produção de soja e de trigo. Essa modificação trouxe mudanças profundas no meio rural e urbano, pois a nova cultura exigiu uma mecanização das lavouras, e menos pessoas nos campos, ocasionando a concentração fundiária e o êxodo rural.

A figura 1 evidência o rápido crescimento urbano, por meio da migração do homem do campo para a cidade. Verifica-se que da década de 1950 para 1960, há um aumento na população total de 38.588 para 104.131 ou seja, um aumento de aproximadamente 170%. Ao observarmos o comportamento da evolução da população no período entre 1970 até 2000, verifica-se um aumento exagerado da população urbana que supera a população rural, sendo que para o ano de 2000, em termos percentuais, a população urbana atingiu a marca de 98,38% e a rural apenas de 1,62 %.

O Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Maringá (2000) vem confirmar que foi na década de 1970 que Maringá, passou por um ritmo extraordinário de crescimento, derivado das transformações da base agrícola regional, devido à substituição de culturas e modernização da agricultura, que tiveram como uma de suas conseqüências o aumento da população urbana e a diminuição da população rural. Assim, a antiga propriedade da época do café, pequena e geralmente dirigida pela mão-de-obra familiar, se transforma na propriedade mecanizada, absorvendo pouca mão-de-obra, voltada às modernas técnicas de produção (MORO, 1998).

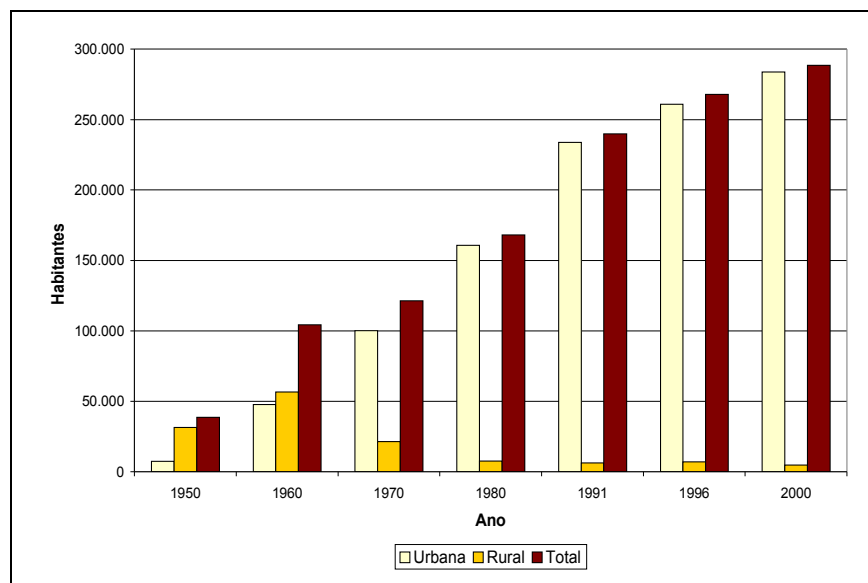


Figura 1. Evidência e evolução da população urbana e rural no município de Maringá – IBGE (2000)

Nesse contexto, a cidade de Maringá, como todo norte paranaense, foi colonizada com êxito em um curto período de tempo. Sendo estruturada pela CMNP para ser uma cidade de

médio porte, com intenção de polarizar em termos econômicos a região Centro Norte do estado e durante seu meio século de existência, correspondeu às expectativas iniciais dos colonizadores, sendo hoje o principal pólo econômico do norte central do Paraná.

Segundo Mendes e Benaduce (1990), a ocupação e a organização do espaço no norte do Paraná foi um reflexo do desenvolvimento do modo de produção capitalista, com vistas à acumulação de capital com a produção agrícola e/ou com a urbanização. Assim, a colonização de Maringá, do ponto de vista econômico, realmente foi um sucesso, porém deixou muito a desejar com relação ao meio ambiente, no que diz respeito ao uso racional dos elementos naturais.

É importante considerar que a retirada da vegetação original foi necessária para o desenvolvimento urbano da cidade de Maringá, entretanto, não se pode deixar de ressaltar que o desenvolvimento da cidade exigiu uma rápida colonização, acarretando em uma retirada acelerada das matas, o que trouxe prejuízos ao ambiente.

Além de modificar a estrutura econômica e fundiária, desencadeando o êxodo rural, a mudança de cultura de café para culturas temporárias, sazonais, acarretou prejuízos para os solos agrícolas, que ficaram ainda mais desprotegidos. Estes solos, expostos às intempéries climáticas, se tornaram mais vulneráveis aos processos erosivos.

A produção de grãos em grande escala, por sua vez, alavancou o processo de industrialização no Paraná, influenciando fortemente o setor primário, com novas formas de produção, e com a evolução do setor industrial também ocorreu uma maior produção de dejetos prejudiciais ao ambiente, que são geralmente dispostos de maneira errada e por conter vários elementos nocivos, implicam em prejuízo da qualidade do ar, das águas e dos solos.

A área de estudo (bacia do ribeirão Maringá) está incluída no contexto da região de Maringá e por isso não está isenta dos problemas geoambientais, citados anteriormente, causados tanto pelo meio urbano como rural. O meio urbano exerce grande influencia sobre essa bacia já que suas nascentes se encontram praticamente todas em área urbanizada e apesar de estarem canalizadas recebem efluentes que podem provocar assoreamentos das cabeceiras de drenagem e prejuízos ao longo dos cursos d' água.

A impermeabilização do solo, devido à expansão da malha urbana, não permite uma infiltração adequada das águas pluviais, o que aumenta o escoamento superficial, que se torna concentrado, podendo provocar feições erosivas nos solos desprotegidos de vegetação, localizados principalmente próximos as nascentes dos córregos e ribeirões da bacia. Segundo

Teixeira, (1995) a erosão do meio urbanizado integra um ítem de problemas correlatos: interfere negativamente no regime hidrológico, em razão da concentração da drenagem, eliminação da rugosidade das rampas, redução dos percursos e inibição da infiltração e da evapotranspiração, aumentando os caudais de cheia e reduzindo o tempo de concentração, sem contrapartida natural.

Trabalhos mais recentes tem se preocupado com a questão da degradação do ambiente no município de Maringá. Esses trabalhos são importantes à medida que fornecem subsídios para outras pesquisas, relacionadas a problemas ambientais no município. Otsuschi (2000) analisa os impactos ambientais da urbanização nas cabeceiras de drenagem na área urbana de Maringá, entre elas a do córrego Nazareth a do ribeirão Maringá e a do córrego Mandacarú, inseridas na área de estudo dessa pesquisa

Otsuschi (2000) verificou que a pavimentação das ruas e as edificações, que tentam organizar o escoamento superficial, contribuem para o aumento do volume e velocidade da água escoada até as cabeceiras de drenagem, onde o grande volume de água captada nesses locais faz com que ocorra um desequilíbrio ambiental, permitindo a instalação de dos processos erosivos, bem como aumentando o nível de poluição hídrica.

Zamuner (2001) também concorda que, muitos impactos da urbanização são decorrentes da implantação da pavimentação de ruas e calçadas que sobrecarregam a drenagem superficial pela adição do fluxo das águas pluviais, causando impactos ainda maiores nas macro drenagens. O autor descreve que é preciso haver orientação, no sentido de controlar a urbanização indisciplinada das cabeceiras de drenagem e nas áreas de macro drenagens, pois após os eventos chuvosos o excedente da precipitação que não sofreu o processo de infiltração, vai escoar pelas ruas, dando início aos processos erosivos.

Dessa maneira, a população que reside à jusante das bacias estará sujeita as piores conseqüências em razão dos impactos causados a montante. Zamuner (2001) verificou uma gama de problemas ao avaliar as causas, tipos e processos dos fenômenos erosivos causados ao ambiente no município de Maringá devido o aumento da urbanização, enfocando os impactos causados na bacia do ribeirão Cleópatra, analisando especificamente o caso do Parque Florestal dos Pioneiros-Bosque II.

5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO E DA ÁREA DE ESTUDO

Esse item do trabalho trata especificamente de algumas características físicas da área de estudo. Essas características são importantes à medida que serviram de suporte, para a realização dessa pesquisa, que contempla os elementos físicos da paisagem e utiliza esses elementos como base para atingir o objetivo final de mapear as áreas de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá.

5.1 Localização do Município e da Área de Estudo

O município de Maringá está localizado ao norte do estado do Paraná, aproximadamente entre as latitudes $23^{\circ} 15'$ e $23^{\circ} 34'$ S e longitudes $51^{\circ} 50'$ e $52^{\circ} 06'$ W, com altitude média de 540 m. A bacia do ribeirão Maringá se encontra no setor norte do município, ocupando aproximadamente uma área de 52Km^2 . No setor sul da bacia é verificado um avanço considerável da malha urbana e também onde se encontra a maioria das nascentes dos córregos que fluem para o norte, que por sua vez deságua no rio Pirapó (Figura 2).

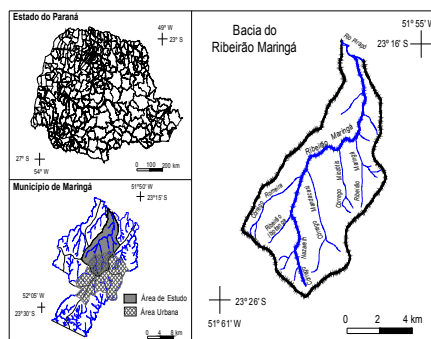


Figura 2. Localização do município e da área de estudo

5.2 Geologia e Geomorfologia

A litologia predominante na bacia do Paraná é a pertencente à Formação Serra Geral (WHITE, 1908). Pinese e Nardy (2003) descrevem que essa litologia se originou de um extenso evento vulcânico global de natureza fissural que inundou de lavas e recobriu aproximadamente 75% de toda superfície da bacia.

Pinese e Nardy (2003) dividem as rochas vulcânicas do Terceiro Planalto paranaense em 3 unidades fundamentais, que podem ser reconhecidas por três tipos litológicos distintos: basaltos e andesitos toleíticos (negros, subfaneríticos, maciços ou vesiculares); riodacitos e riolitos do tipo Palmas (afíricos, com textura “sal e pimenta” e matriz granofírica); quartzo latitos e riolitos do tipo Chapecó (porfíricos com textura vitrofírica). A de maior distribuição e mais tradicional é de caráter básico representada pelos basaltos.

A região de Maringá está inserida no Terceiro Planalto paranaense, onde também ocorrem preferencialmente rochas vulcânicas, pertencentes à Formação Serra Geral, compostas por basalto, com cores em geral preta e cinza escura, cinza esverdeada a castanho-escura e tons mais claros quando alterados. Sua textura varia de afanítica a porfírica, exceto nas porções amigdalóides, do topo dos derrames.

No setor sudoeste, a montante da bacia, próximo a nascente do córrego Romeira, verifica-se a Formação Caiuá. Soares et al (1980) descrevem essa formação, como constituídas de arenitos finos a médios, seleção regular a boa, arroxeados, estratificação cruzada de grande porte, acentadas discordantemente sobre o basalto. Na confluência do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, são encontrados depósitos recentes que acompanham a drenagem da área, formando acumulações inconsolidadas de cascalho, areias, silte e argila de origem fluvial.

No que se refere às características geomorfológicas, de acordo com Maack (1981), a topografia da região é composta de suaves platôs com presença de vales mais profundos na direção do rio Ivaí, que, ao lado de pequenos espigões, constituem divisores de água secundários. Não são constatadas linhas de serras elevadas acima do nível geral do planalto, que é cortado por um nível de denudação visivelmente uniforme (Pós Gondwana Eo-Terciário). Abaixo desta linha uniforme, foi modelada uma paisagem de colinas ou espigões suavemente arredondados durante o Neo-Terciário e Quaternário.

Inserida no Terceiro Planalto Paranaense (MACCK, 1981), a bacia do ribeirão Maringá apresenta os interflúvios longos com centenas de metros de comprimento e topos suavemente arredondados de altitude não expressiva.

As características morfológicas de uma bacia de drenagem são importantes, à medida que determinam a maior ou menor rapidez e intensidade com que são sentidos os efeitos das precipitações. A análise dessas características permite avaliar o seu grau de energia e sua suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos e deposicionais. Permite, também, inferir a intensidade de denudação e amplitude do soerguimento, bem como contribuir para avaliar as possibilidades de urbanização, o tipo e características do sistema viário (TUCCI, 1997).

Assim, a caracterização geomorfológica de uma bacia hidrográfica contribui nos estudos de áreas de risco quanto à fragilidade ambiental, assunto contemplado na pesquisa.

5.3 Clima

O estado do Paraná, dada sua localização geográfica, sofre a ação das massas de ar quentes e frias, em especial, as massas de ar tropical marítimo e polar. O choque entre as duas massas de ar gera uma zona de descontinuidade, onde os ventos convergentes tornam o tempo instável e geralmente chuvoso. Essas zonas são dinâmicas e possuem estrutura perturbada. O clima do estado do Paraná é influenciado pelas correntes perturbadas do sul, que são as frentes polares. As correntes perturbadas do noroeste, por serem típicas da circulação atmosférica tropical, são restritas às regiões norte e oeste do estado, enquanto as correntes do sul o afetam como um todo, sendo as principais responsáveis pelas maiores frequências e índices de precipitações pluviométricas (MONTEIRO, 1968).

Um dos fatores determinantes do clima de Maringá é a sua localização na altura do trópico de Capricórnio. Esta posição condiciona a ocorrência de elevadas temperaturas nos períodos de verão. Além desse fator, a condição topográfica do norte do Paraná favorece a penetração dos sistemas atmosféricos tanto tropicais quanto extratropicais, os quais acentuam os valores médios do clima registrados no município.

O clima da região é classificado, segundo Köppen (1948), como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) com chuvas concentradas no verão, sendo a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio abaixo de 18° C, com raras geadas noturnas.

A precipitação média anual varia entre 1.250 a 1.500mm, sendo que no verão apresenta um maior índice pluviométrico, concentrando maior pluviosidade nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

É importante ressaltar que, quando as matas da floresta Estacional Semidecidual estavam presentes em grandes extensões do Terceiro Planalto Paranaense, em especial a região, Norte do Paraná, o clima existente era mais úmido, a mata mantinha uma umidade relativa do ar mais elevada. Com o avanço da colonização e do progresso da região, houve um desmatamento quase total da área, tornando o clima mais seco Maack (1981).

Na figura 3, pode-se confirmar que as médias pluviométricas de janeiro de 1985 a dezembro de 2004 são mais elevadas nos meses de dezembro a fevereiro. Quanto ao regime térmico, o semestre de verão apresentou-se mais quente, com temperaturas médias cerca de 28° C. Já o semestre de inverno a média manteve-se entre 19°C e 22°C.

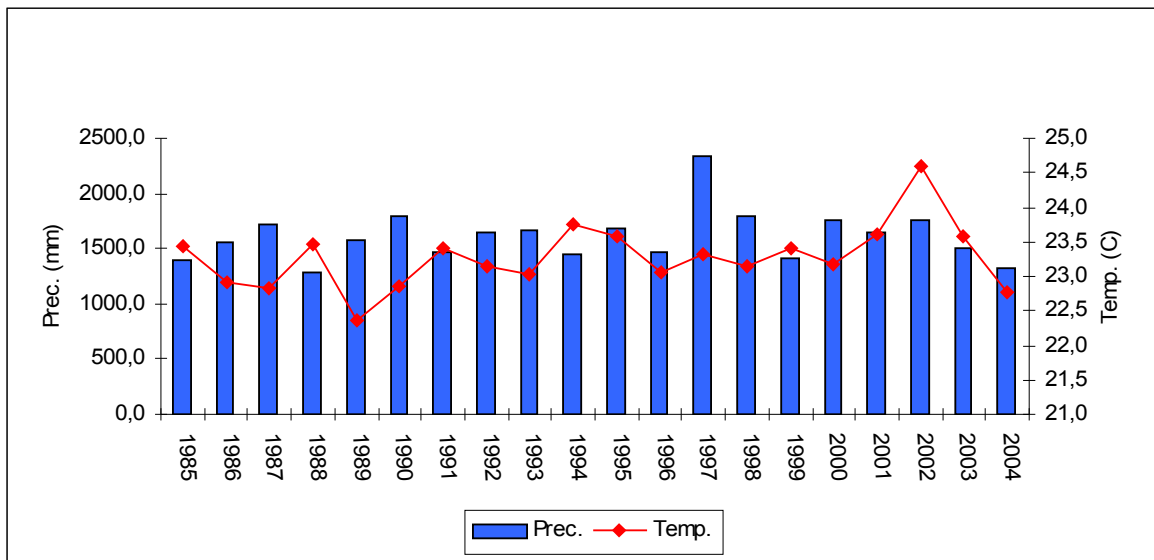


Figura 3. Gráfico de precipitação e temperatura (1985-2004)– Fonte Estação Climatológica Principal de Maringá

Para o estudo de fragilidade de ambientes naturais, além de se considerar uma análise geral do clima da região e da área de pesquisa torna-se importante, também realizar uma análise mais detalhada dos elementos do clima, principalmente, as temperaturas médias e precipitações mensais, a partir do conhecimento desses dados é possível que se realize o balanço hídrico de uma região.

Muitos autores consideram a determinação do balanço hídrico um fator importante em ambientes utilizados para fins agrícolas, onde o uso da terra para esses fins leva o solo a ficar desprotegido nos períodos ante-safras, sofrendo mais impactos com a distribuição da pluviosidade. De acordo com Deffune (1990) e Deffune e Klosowski (1995) a distribuição sazonal das chuvas, com alta concentração no fim da primavera, está relacionada a chuvas mais fortes em decorrência da entrada de frentes frias. As áreas agricultáveis da região de Maringá e especificamente da bacia do ribeirão Maringá se encontram em boa parte com os solos desprotegidos nesses períodos.

Para Nery et al., (1996) as condições extremas de precipitação provocam, numa determinada região, enormes perdas agrícolas, propagando esse impacto para os setores econômicos. As precipitações freqüentemente atingem grandes extensões territoriais, assim prejudicam várias áreas, afetando também negativamente vários setores da economia, sem contar os prejuízos causados aos solos mais suscetíveis aos processos de degradação. Uma maneira de amenizar esses problemas é dispor de diagnósticos para esses eventos.

Ao contrário de médias de pluviosidade excedentes, muitas vezes ocorre também o *déficit hídrico*, causando igualmente prejuízos para a agricultura, à medida que falta água para as plantas. Além de também prejudicar os solos que se tornam mais secos e compactos, com menos capacidade de infiltração de água, aumentando assim o escoamento superficial que por sua vez pode acarretar perdas de materiais em superfície e o surgimento de feições erosivas.

Para se determinar o déficit ou excedente de água disponíveis no solo para as plantas, são utilizadas técnicas analíticas chamadas, como já mencionadas, de balanço hídrico. Thornthwaite e Mather, (1948) nos Estados Unidos elaboraram uma forma empírica e muito prática que permite calcular a evapotranspiração potencial com exatidão suficiente, partindo apenas da temperatura média do ar, da latitude ou do comprimento real do dia.

O Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 1984) destaca que conhecendo os valores mensais da precipitação e da evapotranspiração potencial, em uma região e considerando o solo como capaz de armazenar 100mm de umidade (capacidade de campo), pode se fazer o balanço hídrico, por um sistema de contabilidade, onde o solo funciona como caixa, a chuva como entrada de água em caixa e a evapotranspiração, como saída (CAMARGO, 1971).

Ribeiro, 1990 descreve que esse método parte do princípio de que a retirada de água no solo é efetuada pelas plantas, por meio da evapotranspiração, sem que o solo ofereça resistência

às perdas hídricas, dentro dos limites de capacidade de campo, quando se atinge o limite inferior desta capacidade, a planta passa a sofrer estresse hídrico, em seguida atinge o tempo de murcha permanente.

Sentelhas et al., (1999) adaptou o método de Thornthwaite e Mather, (1948) para cálculo de balanço hídrico, a partir do uso de planilhas, utilizando dados de escala mensal para um ano médio, ou seja, o balanço hídrico cíclico é elaborado a partir de dados climatológicos de temperatura média compensada e média de precipitação mensal. Anjos (2000) utilizou esses métodos ao estudar a caracterização climática da região de Maringá, enfocando, também, em sua pesquisa o método de Moreno (1994) para calcular o índice de seca da região, considerando na sua análise os anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña.

Quanto ao objetivo de estudar áreas de fragilidade do solo, torna-se necessário estabelecer uma relação entre os dados do balanço hídrico com outros tipos de dados, como de uso de solo, topografia, testes de campo (infiltração), testes de laboratório (granulometria) e se possível associar esses dados com os de concentração de carga em suspensão da rede de drenagem da área estudada, assim, os resultados poderão fornecer maiores informações quanto ao grau de fragilidade do ambiente em estudo.

5.4 Solos

Ao estudar os diferentes tipos de solos, deve-se considerar a influência das variações do relevo na formação da cobertura pedológica. O fator relevo influi, uma vez que a declividade das vertentes é responsável pela maior ou menor infiltração da água pluvial, bem como pela velocidade do escoamento da mesma, em superfície. Assim, se pode dizer que entre outros fatores, a espessura e o grau de desenvolvimento dos solos estão relacionados com a inclinação dos terrenos.

De uma maneira geral, a distribuição predominante dos tipos de solos e suas formas de relevo, no município de Maringá, podem ser verificadas na Tabela 3.

Tabela 3. Demonstrativo dos tipos de solo quanto às formas de relevo do município de Maringá

Tipos de solos	Forma de relevo	Área
Latossolo Vermelho, textura argilosa	Plano, suavemente ondulado	15.584,30 ha, cerca de 32,85%
Latossolo Vermelho, textura média	Praticamente plano, suavemente ondulado	2.152,80 ha, cerca de 4,54%
Nitossolo Vermelho textura argilosa	Ondulado e suave ondulado	26.547,80 ha, cerca de 55,96%
Argissolo Vermelho amarelo, textura média	Suave ondulado	172,40 ha, cerca de 0,36%
Chernossolo, textura argilosa	Ondulado e forte ondulado	2.980,70 ha, cerca de 6,29%

Fonte. EMATER (1988)

Ao analisar essa tabela, verifica-se que o Latossolo Vermelho e o Nitossolo Vermelho ambos de textura argilosa ocupam a maior área do município, sendo solos profundos e bem drenados de coloração vermelha-arroxeadada. Devido essas características associadas, as suas propriedades físico-químicas favoráveis à maioria das culturas regionais, esses solos, são intensamente utilizados para a produção agrícola.

Ocupando uma área muito restrita a oeste do município desenvolve-se o Latossolo Vermelho de textura média e o Argissolo Vermelho Amarelo. Estes tipos de solos ocorrem inteiramente sobre o Arenito Caiuá, e possuem algumas limitações quanto ao uso agrícola. Os Chernossolos, por sua vez, ocupam setores ao sul e ao leste do município, sendo esse setor uma área bem restrita. São solos rasos, de coloração vermelha acinzentada (EMATER, 1988).

Na área de estudo, predominam três tipos de solos: o Latossolo Vermelho férrico (distroférico e/ou eutroférico), derivado do basalto, ocorrendo em menor proporção apenas nas áreas mais planas de topo na bacia; os Nitossolos Vermelhos distroféricos com características latossólicas que se desenvolvem nas áreas de média vertente e ocupam quase toda área da bacia; os Neossolos Flúvicos com características aluvial (hidromórficos) que são encontrados próximos a alguns canais de drenagem.

A classe do Latossolo Vermelho de textura média, originados do arenito, encontra-se em uma área restrita a oeste da bacia, próximo ao córrego Romeira. E no setor leste da bacia, na parte média a inferior, próximo das pedreiras, verifica-se a presença de solos rasos, formados a partir da associação de Neossolos Litólicos e Cambissolos. Próximo às áreas de várzeas, nesse mesmo

setor e na confluência dos corpos d'água tributários com o ribeirão Maringá, também foi verificado a presença de Gleissolos.

Os Nitossolos Vermelhos distroféricos latossólicos fazem parte da classe do quarto nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999). Esses solos apresentam no horizonte B nítico a presença de cerosidade, assim não atende aos requisitos para o B latossólico, no entanto, o B latossólico pode ocorrer abaixo do B nítico aproximadamente a 2 metros da superfície. São derivados de basaltos, com textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismática moderada ou forte, com superfície de agregados reluzente, relacionada a cerosidade e/ou superfície de compressão EMBRAPA (1999).

Por ocorrer em terrenos de maiores declividades, são mais suscetíveis as erosões, principalmente se forem mal utilizados para o manejo agrícola, podendo ocorrer alterações estruturais, como por exemplo, a compactação. Ao contrário, se o manejo for adequado esse solo se manterá com suas propriedades estabilizadas por muito tempo.

O Latossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico derivado do basalto é profundo, contendo uma quantidade elevada de argila, superior a 60% e oxihidróxidos de ferro, possui uma consistência friável, muito plástica e pegajosa quando molhado. Varia de fortemente a bem drenado, embora ocorra variedades que apresenta cores pálidas, de drenagem moderada ou até imperfeitamente drenados, transicionais para condições de maior grau de gleização (EMBRAPA, 1999).

Os Neossolos Flúvicos aluviais (hidromórficos) são solos que apresentam oxiredução de compostos ferruginosos, por se encontrarem próximo aos canais de drenagem, por essa razão são solos gleizados de cores cinza a marrom escuro-avermelhada. Conforme o IAPAR (1984), esses solos também compreendem os solos orgânicos, pouco evoluídos, provenientes de restos vegetais em grau variável de decomposição acumulados em ambientes saturados em água. São solos constituídos por horizonte superficial de coloração escura, devido aos elevados teores de carbono orgânico residual recente.

Os Neossolos Litólicos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico, pouco espesso com pouco desenvolvimento pedogenético, com horizonte A ou O hístico com menos de 40cm de espessura, assentado diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C, admitindo um horizonte B em início de formação (EMBRAPA, 1999).

Os Cambissolos também são constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente abaixo de qualquer horizonte superficial, admitindo a seqüência de horizonte A ou hístico, Bi, C, com ou sem R. O horizonte Bi pode apresentar textura argilosa, podendo ocorrer no perfil ligeiro acréscimo ou incremento de argila do A para o Bi. A estrutura desse horizonte pode se apresentar em blocos, granular ou prismática, em alguns casos também em grãos simples ou maciça. Alguns solos desta classe apresentam características morfológicas similares à da classe dos Latossolos, no entanto apresentam algumas características de solos pouco evoluídos, como exemplo, 5% ou mais do volume do solo constando de fragmentos de rocha semi-intemperizada (EMBRAPA, 1999).

5.5 Vegetação

A vegetação exerce papel importante na preservação dos ambientes naturais à medida que, uma grande parte de água dos eventos chuvosos, fica retida nas copas e folhas das árvores, evitando que a água caia diretamente no solo, possibilitando uma infiltração mais lenta nas camadas subsuperficiais, reduzindo o risco do escoamento concentrado na superfície. É preciso também levar em consideração que mesmo em solos com vegetação preservada pode ocorrer erosão, só que em menor proporção.

As florestas também restringem o efeito das amplitudes térmicas e da umidade. A ausência da vegetação densa faz com que os solos sofram contrações e dilatações, abrindo fendas no terreno. Estas favorecem a infiltração e percolação das águas diminuindo a resistência e coesão do material subsuperficial inconsolidado, assim favorecendo a erosão. O desmatamento contribui para anular o efeito estabilizador da floresta, aumentando as possibilidades de elevação temporária do lençol freático e a conseqüente saturação hídrica do subsolo, com efeito, de promover movimentos de massa (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985).

O município de Maringá, assim como todo o noroeste do estado do Paraná, outrora possuía uma cobertura vegetal exuberante, formada pela Floresta Estacional Semidecidual, constituindo uma das mais ricas áreas de matas do país, que segundo Maack (1981), com árvores que chegavam de 30 a 40 metros de altura, dentre elas espécies como a peroba, canela, cedro, pau-d'alho, ipês, imbuías, entre outras. Com a descoberta da qualidade do solo favorável a cultura cafeeira, no início do século XX, teve início, na região uma acelerada substituição da

cobertura vegetal natural para o plantio de café, e nos últimos anos em decorrência do desenvolvimento e aumento das culturas temporárias de soja, trigo e milho, as áreas florestadas restantes foram ainda mais reduzidas.

A área de estudo, além de passar por esse processo de aumento na produção agrícola, passou também por um acelerado desenvolvimento urbano que levou à quase total eliminação da sua cobertura vegetal. Atualmente, encontram-se na área pequenos fragmentos de mata natural nas em algumas propriedades rural e em algumas nascentes, sendo que a maior parte dos cursos dos rios se apresentam, totalmente desprotegidas de vegetação marginal, com culturas de grãos ou pastagens chegando até suas margens (Figura 5).

Esse tipo de uso ignora a disposição do artigo da Lei nº 4.771/65, mais conhecido como Código Florestal, que define tais áreas como de preservação permanente (APPs).

São APPs (Áreas de Preservação Permanente) instituídas por lei, as florestas e as demais formas de vegetação reguladas pelo Código Florestal (que as considera como bens de interesse comum da comunidade). Seus proprietários exercerão seus direitos de acordo com as restrições e limitações legais² (MEDAUAR, 2004).

O inciso II, do artigo 1º, do Código Florestal, define área de preservação permanente nos seguintes termos:

“Área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os 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”.

O artigo 2º, do Código Florestal, define como sendo área de preservação permanente, para efeito legal, as florestas e as demais formas de vegetação naturais localizadas nas zonas rurais:

“a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja: 1) de 30 (trinta) metros para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura; 2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; 3) de 100 (cem) metros para os cursos d’água que tenham 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; 4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d’água que tenham 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; 5) de 500 (quinhentos)

² A proteção da floresta de preservação permanente encontra-se no Código Florestal, instituído pela Lei nº 4.771, de 15.09.1965, alterado pela Lei nº 7.803/90 e pela Lei 7.875/89, que reúne as normas sobre as florestas existentes no território e as demais formas de vegetação

- metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d'água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta metros de largura);
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;



Figura 4. Planície do ribeirão Maringá próximo à foz, com suas margens ocupadas pelo uso agropecuário e cultivo de milho (época de cheia)

5.6 Hidrografia

Os corpos d'água do município de Maringá possuem vazões e comprimentos modestos e correm no sentido divergente das duas vertentes (N-S), a partir do divisor de águas que tem sentido (E-W). O padrão de drenagem predominante é o subdendrítico em treliça e subparalelo, com orientação estrutural caracterizada pela orientação (N-S) dos cursos de água principais e (E-W) dos seus afluentes.

Na vertente norte, pertencente à bacia do rio Pirapó, localizam-se as bacias do córrego Mandacaru, Ibipitanga, Osório, Miosótis, Nazareth, Guaiapó e as do ribeirão Maringá e

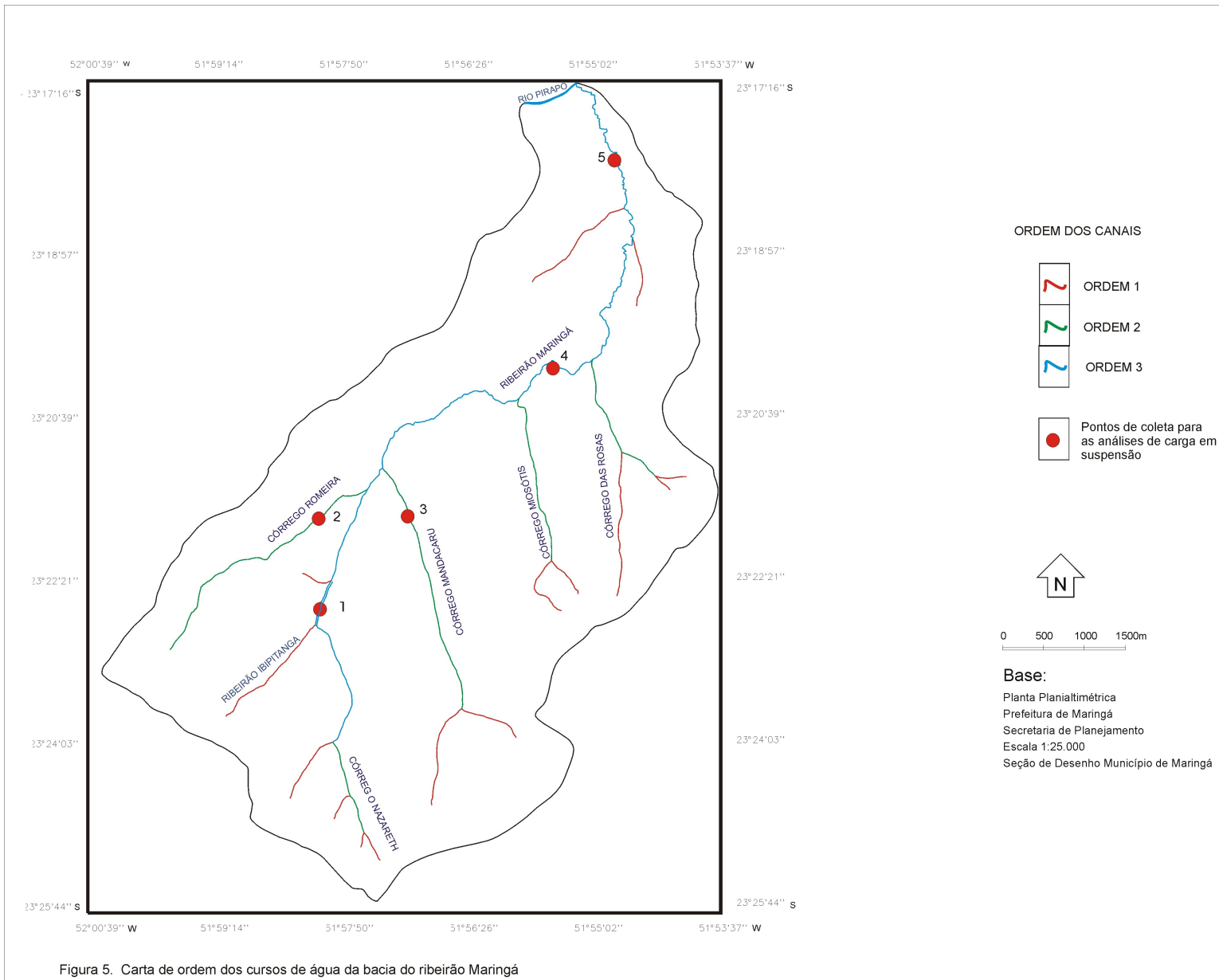
Morangueira. Na vertente sul, bacia do rio Ivaí, encontram-se as bacias dos córregos Borba-Gato, Cleópatra, Betti, Moscado, Burigui, Meiro e as dos ribeirões Paiçandu, Floriano, Bandeirantes do Sul e Pingüim.

No que se refere à ordem de canais de uma bacia hidrográfica, Strahler (1952)³, *In* Christofolletti, (1974), descreve que as bacias hidrográficas se apresentam da seguinte forma: os menores canais, sem tributários são considerados como de 1º ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de 2º ordem surgem da confluência de dois canais de 1º ordem; os canais de 3º ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores. E assim sucessivamente.

A partir da Figura 5, verifica-se que bacia do ribeirão Maringá possui uma classificação hierárquica, que evidência o grau de ramificação ou bifurcação dentro da mesma. São considerados de 1º ordem os pequenos canais que as drenagens apresentam, os de segunda ordem ocorrem quando os de 1º se unem, que é o caso do córrego Romeira e o Mandacaru, e junção de dois rios de 2º ordem dá lugar à formação de um rio de terceira ordem, no caso da bacia, o ribeirão Maringá, rio principal, enquadra-se nessa classificação (BLAZIN, 2003).

Na bacia em estudo, o maior número de tributários se localizam na margem direita. Esses tributários se dispõem de forma subparalela, essa posição pode ser devido a provável presença de linhas de fragilidade do substrato rochoso (basalto). No setor superior da bacia encontram-se a maioria das nascentes com curso fluindo para o N, no curso médio a drenagem segue a direção NE, já no curso inferior, a drenagem principal (ribeirão Maringá), segue também para a direção N.

³ STRAHLER, ARTHUR. N, Hypsometric (area–altitude) analysis of erosional topography. **Geol. Soc. Amer Bulletin**, 1952



Na análise integrada de todos elementos que fazem parte de uma bacia hidrográfica, ao se considerar o estudo de fragilidade do ambiente, cabe ressaltar os sedimentos produzidos pela bacia que são transportados até os canais de drenagem, a partir do escoamento superficial. Esses sedimentos podem originar o assoreamento dos leitos dos rios e suas nascentes, reduzindo a disponibilidade hídrica dos mesmos.

O transporte de sedimentos superficiais de uma bacia hidrográfica difere da área urbana para a área rural, à medida que na área urbana, devido à pavimentação, ocorre um aumento do escoamento superficial, reduzindo a infiltração, resultando no aumento dos níveis de água dos rios, acarretando inundações, assoreamento das margens e aumento de cargas de sedimentos e poluentes que são mobilizados para toda rede de drenagem.

Na zona rural, ocorre uma maior infiltração de água nos solos em comparação com a zona urbana, verificado principalmente nos períodos entre-safras, onde o solo fica exposto, entretanto também ocorre um aumento significativo de transporte de materiais do solo até a rede de drenagem durante as chuvas.

Para Bertoni e Lombardi Neto (1990) nas áreas agrícolas, conforme o tipo de cultura instalada, o manejo do solo e os tratamentos culturais adotado, pode haver grande exposição da superfície do solo à mercê da força erosiva das gotas da chuva. Ainda com a formação de enxurradas e o solo exposto, há o carreamento de grandes quantidades de sedimentos para os cursos d' água, quer seja por erosão linear, quer seja por erosão areolar, e em maior ou menor intensidade de acordo com características do solo, topografia, chuva, entre outras.

Esses sedimentos, transportados para os rios tanto no meio urbano como rural, prejudicam a qualidade da água e servem de veículo para outros poluentes, além de afetar a aceitabilidade da água para diversos tipos de usos.

A bacia do ribeirão Maringá, ao ser ocupada tanto pela zona urbana como rural, está exposta aos danos ambientais causados por transporte de sedimentos para rede de drenagem, tanto pelo problema da pavimentação de vias e construção civil, como dos problemas do solo exposto no período entre-safras.

Biazin (2003) monitorou a carga em suspensão em cinco pontos da bacia no período de outubro de 2000 a fevereiro de 2003 (ponto 1: ribeirão Ibitipanga, ponto 2: córrego Romeira, ponto 3: córrego Mandacarú, ponto 4: ribeirão Maringá, após a Estação de Tratamento da SANEPAR e ponto 5: a jusante do ribeirão Maringá, próximo com a foz do rio Pirapó).

A partir desse monitoramento, a autora concluiu que a carga de sedimentos transportada pelos rios da bacia estava diretamente relacionada com a mudança de cultura, onde o solo permanecia exposto por um certo período. Em relação aos efeitos da área urbana na bacia, observou que no mês de novembro de 2001 a concentração de sedimentos nos rios aumentou devido à construção de um loteamento a montante dos cursos d' água, onde o solo permaneceu descoberto por um certo período favorecendo a remoção de partículas para a rede de drenagem. No mês de março de 2002, também constatou um aumento de concentração de carga suspensa na rede de drenagem, devido a colheita do soja, onde os solos da área estavam em sua maioria expostos (Figura, 6).

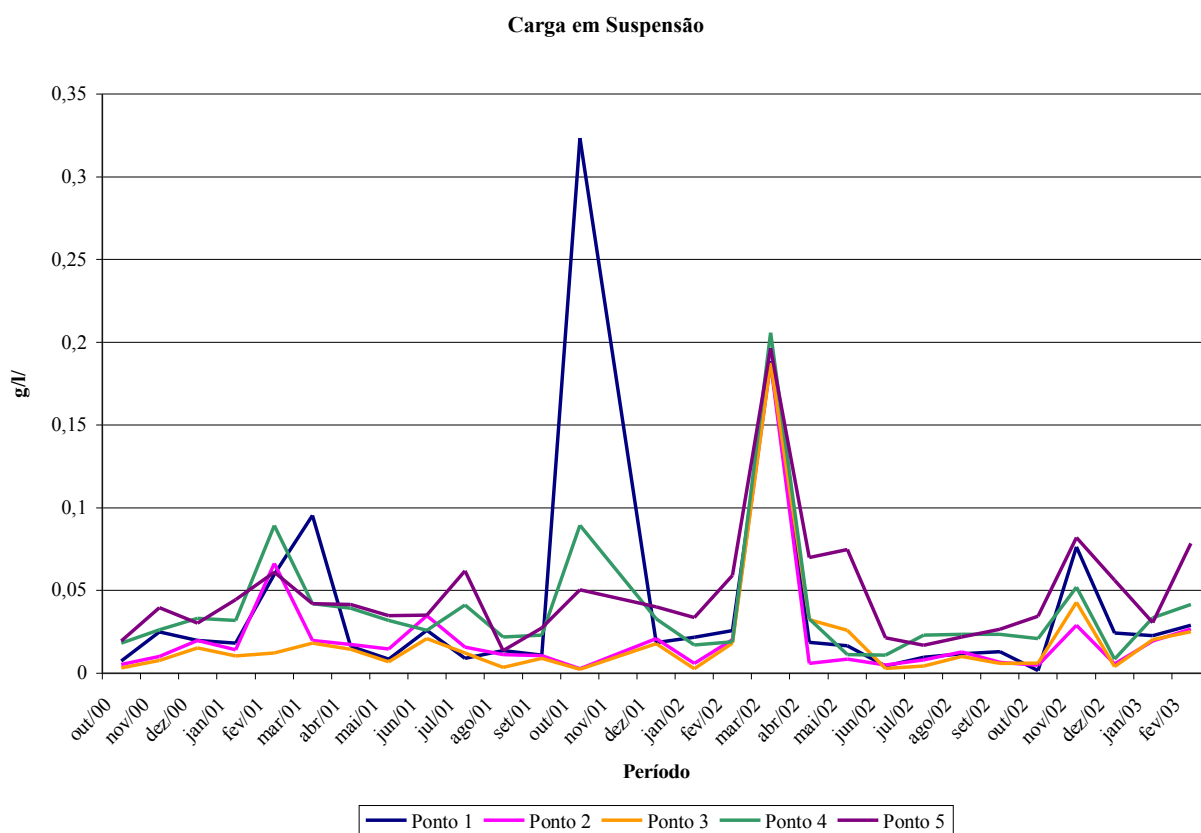


Figura 6. Gráfico da carga suspensa dos cinco pontos de coleta na bacia do ribeirão Maringá (Biazin, 2003)

Durante o período de coletas, verificou-se que as águas do ribeirão Maringá, no curso localizado a jusante da Estação de Tratamento da SANEPAR, na maioria das vezes apresentavam uma carga significativa de sedimentos em suspensão com um aumento da turbidez e formação de espumas pelo despejo de poluentes, constatou-se que esse fato ocorreu devido ao recebimento de efluentes da estação (Figura, 7).

O problema de poluição hídrica fluvial não afeta apenas áreas isoladas, essa problemática é constatada a nível mundial. Os corpos d' água deveriam ser protegidos contra a poluição por Lei (artigo 3º do Decreto 50.877, de 29.6.1961) na área de estudo verificou-se a falta de aplicabilidade da lei na maioria dos canais da rede de drenagem.

A primeira preocupação da legislação federal foi conceituar a poluição das águas, definindo-a como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas das águas que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e ainda comprometer a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e principalmente a existência normal da fauna aquática

O Decreto Federal que instituiu a Secretaria do Meio Ambiente definiu poluição das águas como “qualquer alteração de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações, causar dano à flora e à fauna ou comprometer o seu uso para fins sociais e econômicos” (art. 13, § 1º, do Decreto 73.030, de 30.10.1973) ⁴



Figura 7. Ribeirão Maringá em seu curso médio com ausência de vegetação marginal, turbidez da água e presença de espuma, formada pela descarga de poluentes (2003)

A Lei de Política Nacional do Meio Ambiente conceitua poluição de forma abrangente: “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; b) criem condições adversas às

⁴ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental Brasileiro*, 9ª ed., rev., atual. e ampl., São Paulo: Malheiros Editores, 2001, p. 492

atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho se baseou nas teorias e metodologias supra citadas, procurando de uma maneira mais adequada adaptar os elementos físicos e de uso e ocupação que fazem parte da paisagem da bacia do ribeirão Maringá as técnicas contempladas nas referidas bases teóricas e metodológicas.

Assim, para a realização dessa pesquisa, várias etapas foram efetuadas, onde cada uma demonstrou seu grau de importância à medida que uma completava a outra. Cabe lembrar que revisões bibliográficas foram realizadas durante todo o período do trabalho. Todas as etapas dessa pesquisa podem ser verificadas de forma sintética no fluxograma modificado de Libault (1971), (Figura 8).

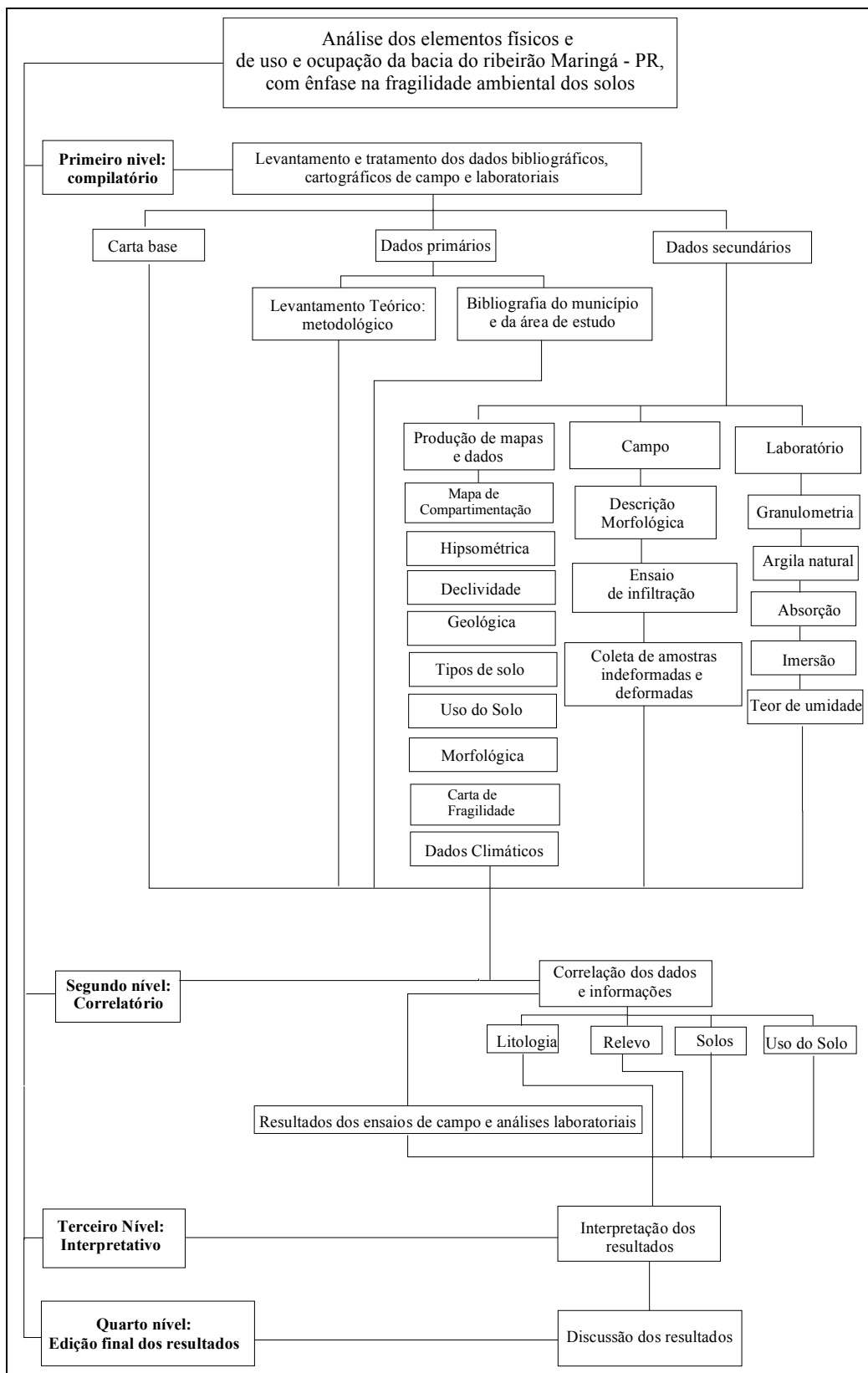


Figura 8. Fluxograma de pesquisa modificado de Libault (1971)

6.1 Descrição das Técnicas e Etapas

Esta parte do trabalho abrange e detalha os materiais e técnicas utilizados no decorrer da pesquisa.

6.1.1 Carta base

Para confecção da carta base da bacia do ribeirão Maringá, foi utilizada a carta topográfica: Folha de Maringá– SG.22-J-I-1 (MI-2839/1), escala 1: 50.000, a qual foi digitalizada via mesa digitalizadora marca DIGIGRAF, modelo Van Gogh e editada no *software Auto Cad 2000*. Posteriormente, foi efetuada a restituição das curvas hipsométricas com o emprego do *software Spring*, no qual as curvas foram editadas, reduzindo as equidistâncias de 20 para 5 metros. Esta carta serviu de suporte para a construção das cartas temáticas, perfis e escolha da área para os ensaios e coletas de campo.

6.1.2 Carta de compartimentação da bacia

Essa carta foi elaborada de acordo com a metodologia de Monteiro (2000), para que a análise dos elementos da bacia fossem efetuadas de forma organizada, e com maior precisão quanto à visualização das diferenças das unidades de paisagem ocorrentes na área de estudos. Em um primeiro momento, dividiu-se a bacia em compartimentos por meio das cotas de altitude, tendo como base a carta hipsométrica, logo após as classes hierárquicas de declividade e os perfis transversais complementaram os limites da compartimentação. Esse produto cartográfico foi digitalizado e editado no *software Auto Cad 2000*.

6.1.3 Carta hipsométrica

Para elaboração da carta hipsométrica, as altitudes foram subdivididas em 04 classes, com intervalos de 20 metros, tendo como cota mínima à elevação 375m e cota máxima 580m de altitude, segundo as propostas metodológicas de De Biazzi (1970). Os dados foram tratados no *software Spring* e posteriormente trabalhados e editados no programa *Corel Draw 11*.

6.1.4 Carta de declividade

Esse produto cartográfico é utilizado para representar a inclinação do terreno em relação ao plano. A carta de declividade pode ser dada em graus ou em porcentagem. Alguns fatores devem estar ligados para que se determine a declividade do terreno, são eles os distanciamentos entre os pontos e a diferença de nível.

Quando as curvas de níveis estiverem mais próximas subentende-se, que a declividade do terreno é mais acentuada e quando elas estiverem mais afastadas a declividade do terreno se apresenta de forma mais suave.

A carta de declividade foi elaborada com base nas classes de declividades propostas por Ross (1994). Esse autor descreve que para análise de fragilidade do ambiente em terrenos com escalas de maior detalhe, como por exemplo 1:25.000, devem-se utilizar os intervalos de declividade já consagrados nos estudos de capacidade de uso e aptidão agrícola, associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, que indicam o vigor dos processos erosivos. Deste modo estas classes são representadas pelos seguintes intervalos:

<3	12 a 20%
3 a 6%	20 a 30%
6 a 12%	30 a 50%
	>50%

Ross (1994) organizou essas classes em 5 categorias hierárquicas, para que fossem utilizadas na construção de cartas de fragilidade potencial e emergente. Sendo as classes de declividade de até 6% muito baixas, determinou os arranjos em categorias hierárquicas da seguinte forma:

- Muito fraca até 6%,
- Fraca de 6 - 12%,
- Média de 12 - 20%,
- Forte de 20 - 30%
- Muito forte acima de 30%.

Essas classes de declividade foram utilizadas na pesquisa, associadas à carta altimétrica no *software Spring 3.6.* e editadas no *software Corel Draw 11.*

6.1.5 Carta geológica

A carta geológica foi baseada no Mapa Geológico do Estado do Paraná, com escala 1:650.000 (MINEROPAR, 1989), com adaptações a partir de observações de campo que implicaram no reconhecimento do tipo de solo para a compreensão dos limites de transição de um substrato rochoso para outro, já que a escala da bacia em estudo é bem mais detalhada que a do mapa base. Os resultados foram trabalhados no *software AutoCad 2000* e editados no *software Corel Draw 10*.

6.1.6 Carta de tipo de solos

Essa carta foi adaptada do Mapa Pedológico do Município de Maringá-EMATER, com escala 1:40.000. Devido a diferença de escalas esse produto cartográfico, também, foi baseado na análise de fotografias aéreas 1:25000 (1989), nas descrições morfológicas dos solos nos pontos de coleta e nas saídas de campo. A nomenclatura dos solos foi baseada no Manual de Classificação dos Solos da EMBRAPA (1999). Logo após a limitação dos tipos de solos na carta base da bacia do ribeirão Maringá, os dados foram editados no *software AutoCad 2000*.

6.1.7 Carta de uso e ocupação do solo

As divisões dos diferentes usos do solo para a elaboração desse produto cartográfico foi efetuada em acompanhamentos de campo, e imagens de satélite Landsat, (2004) os dados foram tratados no programa *software Spring 3* e plotados na carta em formato digital pelo programa *AutoCad 2000*, o que possibilitou uma visão geral da ocupação urbana e rural da área estudada. Cabe ressaltar que em decorrência da diferença de datas e escalas encontradas nos produtos utilizados para a construção da carta de uso e ocupação, as representações dos usos foram agrupadas em categorias, sendo 05: solo exposto, culturas temporárias, fragmentos de floresta, pastagem e área urbana. Algumas áreas mapeadas como pastagem, também, são áreas de gramíneas não originadas de plantio mas originadas naturalmente, como nos locais do perfil 4 e 5.

6.1.8 Carta de morfológica e processos atuais

Esse produto foi elaborado á partir da análise de fotografias aéreas 1:25.000 e observações de campo, posteriormente os dados foram inseridos na carta base através do *software Auto Cad 2000*.

6.1.9 Perfis transversais

A confecção dos perfis foi realizada mediante análise da carta topográfica da área, os dados coletados foram tratados no *software Spring 3.6*. e representados em forma de gráficos através do programa no programa *Microsoft ECXEL* e editadas no programa *Corel Draw 11*.

6.1.10 Forma da bacia e morfometria dos principais canais de drenagem

O cálculo da forma da bacia e dos perfis, representando a morfometria dos principais canais de drenagem, foram baseados nos conceitos de Christofolletti (1969), Alvarez e Garcez (2002) e Cunha (1995). Os perfis longitudinais do córrego Mandacarú, Romeira e ribeirão Maringá, elaborados por Biazin (2003), também serviram de base para essa etapa da pesquisa. Os dados foram editados respectivamente pelo programa *Microsoft Word Equation 3,0 E AUTO CAD 2000*.

Os parâmetros morfométricos utilizados para se calcular a forma da bacia foram o fator forma e o coeficiente de compacidade.

O cálculo do fator forma foi obtido, a partir da equação $K_f = A/L^2$, onde:

K_f = fator forma

A = área da bacia

L = comprimento do rio

O coeficiente de compacidade foi calculado por meio da equação $K_c = 0,28 P/\sqrt{A}$, sendo que:

K_c = Coeficiente de compacidade

P = perímetro da bacia

A = área da bacia

6.1.11 Síntese do balanço hídrico

Os dados climáticos da área de estudo foram tratados, parcialmente, na parte de caracterização do clima. E de uma forma mais específica, nesse trabalho foi considerada a metodologia para o cálculo de balanço hídrico de Thornthwaite et al., (1948) adaptado por Sentelhas et al., (1999). Dados de temperatura média compensada e de precipitação mensal do ano de 2004 foram adquiridos na Estação Principal de Maringá e plotados na planilha de Sentelhas. Estes dados podem ser conferidos nos resultados dessa pesquisa através de um gráfico de *déficit* e excedente de água, elaborado no programa *Microsoft EXCEL*.

6.1.12 Carta de classes de fragilidade ambiental

Esse produto foi elaborado, com algumas modificações da metodologia proposta por Ross (1994), a partir de levantamentos de campo e da análise das cartas temáticas de geologia, solos, hipsometria, declividade, morfologia e uso e ocupação. No entanto, apenas três temas serviram de base para a elaboração final da carta de fragilidade, pois na correlação e cruzamento dos dados os temas que melhor atingiram o objetivo de delimitação de áreas com problemas ambientais foram: à declividade, os tipos de solo e o uso e ocupação.

O tema uso e ocupação foi utilizado na substituição do tema vegetação, já que a área se apresentou praticamente toda ocupada. Para Ross (1994), quando a análise é de maior detalhe, com escala de 1: 25 000, como a da bacia, esses são os temas mais viáveis.

Assim, essa carta avaliou a fragilidade da bacia do ribeirão Maringá a partir do aspecto potencial e emergente, compreendendo a integração da fragilidade do meio natural (declividade e solos) e o tipo de uso e ocupação. Após a correlação dos dados, os resultados foram editados no programa *Auto cad 2000*.

As variáveis espaciais para identificação das áreas de fragilidade ambiental, são classificadas por Ross (1994), em cinco categorias hierárquicas.

Muito Fraca	1
Fraca	2
Média	3
Forte	4
Muito Forte	5

Dessa forma, de acordo com os temas selecionados quatro categorias hierárquicas foram adotadas para a produção final da carta: a fraca, a média, a forte e a muito forte que abrangeu apenas duas áreas restrita da bacia.

Para cada tema selecionado utilizou-se a seguinte classificação modificada de Ross (1994):

Carta de declividade

2	0-12%
3	12-20%
4	20-30%
5	> 30%

Carta de solos

2	Nitossolos Vermelhos de textura argilosa e Latossolos Vermelhos de textura argilosa.
3	Neossolos Flúvicos Auviais e solos hidromórficos, Solos sob uso urbano pavimentado
4	Gleissolos, Solos concrecionários, Cambissolos
5	Latossolos Vermelhos de textura média, Neossolos Quartzarenicos e Neossolos litólicos

Carta de uso e ocupação

2	Culturas rotativas, sob plantio direto, pastagem com baixo pisoteio de gado, áreas de reserva de floresta natural.
3	Áreas próximas aos canais fluviais com escassez ou falta de vegetação ciliar e com cultivos e pastagens bem próximo dos leitos dos rios, áreas de uso urbano com intensa pavimentação dos solos.
4	Áreas de cabeceiras de drenagem, localizadas principalmente na zona urbana, área de exploração do basalto (pedreiras), área de planície de inundação desflorestada
5	Cultivo de soja em solos de textura arenosa, áreas de solo exposto.

6.1.13 Descrição morfológica

A descrição morfológica dos pontos de coleta seguiu a metodologia proposta por Lemos e Santos (1976), os pontos foram pré-determinados na carta base e definidos no campo. Primeiramente foi realizada, a execução de três perfis ao longo de uma vertente típica da bacia, abrangendo uma área de mata, uma de cultura de soja e uma de planície fluvial (ribeirão Maringá). Esses perfis foram realizados com base no estudo de topossequência da metodologia preconizada por Boulet (1978), também aplicada por Gasparetto (1999) ao analisar as formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o arenito Caiuá e também por Nakashima (1999) ao estudar os sistemas pedológicos da região Noroeste do Paraná. Para a edição da topossequência, localizada na Figura 14, foi utilizado o *software Auto Cad 2000*.

Os estudos da cobertura pedológica, à partir de topossequências, têm apresentado resultados muito satisfatórios, pois permitem que se realizem amostragens sistemáticas ao longo de uma vertente, possibilitando verificar de forma clara, a existência de descontinuidades e ou truncamentos de camadas e as espessuras das camadas, representando assim as variações horizontais e verticais dos solos (BOULET,1988).

Posteriormente, também foram realizadas descrições morfológicas em perfis de solo, distribuídos por todos compartimentos da bacia (Figura 14), seguindo somente a metodologia proposta por Lemos e Santos (1976) já que as trincheiras e taludes não se distribuíram ao longo de vertentes e sim em pontos distintos.

6.1.14 Ensaios de campo e análises de laboratório

Os perfis de solo para as análises e medidas de campo foram distribuídos em todos compartimentos da bacia e abrangeram uma área de topo sobre o Latossolo Vermelho de textura média (perfil 1), três áreas sobre o Nitossolo Vermelho, localizadas no setor oeste e leste da bacia (perfil 2, 3 e 7) sendo que o perfil 7 foi realizado no mesmo local onde foi efetuada a trincheira I da topossequência sítio Fenação, no fragmento de floresta, para que fosse possível se estabelecer uma relação com os ensaios das outras áreas e também para o conhecimento dos resultados dos testes em uma área de floresta natural.

O perfil 4 foi realizado em uma área de solos sujeitos a elevação do lençol freático, próximo ao córrego das Rosas, o perfil 5 abrangeu uma área de Cambissolos, localizados a montante da pedreira da prefeitura municipal de Maringá, e por último o perfil 6 se localizou em uma área de topo sobre o Latossolo Vermelho Férrico (distroférico e/ou eutroférico) próximo ao hospital Universitário. Esses perfis podem ser visualizados na carta base (Figura 14). Portanto, foi considerado para escolha desses pontos a diferenciação da cobertura pedológica, a posição dos perfis no relevo e o uso e ocupação do solo.

A coleta dos anéis com amostras indeformadas para os testes de erodibilidade e teor de umidade foram realizadas nos horizontes A e de todos os perfis, já a descrição morfológica e análise granulométrica foram realizadas nos horizontes superficiais e mais profundos de todos os perfis atingindo a média de 0-150cm+.

De maneira mais detalhada nos pontos da Figura 14, e nos perfis de solo das trincheiras da topossequência sitio Fenação, foram coletadas amostras de solo para a realização dos testes de granulometria segundo a EMBRAPA (1997), onde os resultados foram representados pelo *software Grapher*. Associado a essas medidas, na mesma área das coletas, foram realizados ensaios de infiltração a partir do método do infiltrômetro, segundo a técnica de Linsley, Kohler e Paulhus⁵ apud Villela e Mattos (1975).

A técnica utilizada para esse teste de infiltração, consistiu no uso de dois cilindros concêntricos e um dispositivo de medir volumes de água com um tubo graduado em milímetros onde a água deve ser adicionada ao cilindro interno, porém, a adição de água é feita de forma simultânea nos dois cilindros. A função do cilindro externo é prover a água necessária ao espalhamento lateral devido à capilaridade. Assim, a infiltração é medida em relação à área limitada pelo cilindro interno (Figura 9). Para a realização dessa medida de campo é necessário que os testes sejam efetuados num período após sete dias sem ocorrência de chuvas.

Nesses pontos também foram realizadas coletas de amostras de solo indeformadas, onde o material de solo que envolvia os anéis foi utilizado para a realização do teste de teor de umidade, segundo a metodologia de Nogueira (1995), os resultados desse teste foram representados no *Microsoft WORD*.

Para os ensaios de erodibilidade, os anéis permaneceram secando ao ar por sete dias, segundo a metodologia de Nogami e Villibor (1979), com a equação final adaptada por Pejon

⁵ LINSLEY, J. R. K; KOHLER, M.A; PAULHUS, J.L.M. Applied Hydrology, New York, McGraw-Hill Book, 1949.

(1992). Essa metodologia consiste em ensaios de absorção e de perda de massa de solo por imersão, que resulta no cálculo do índice de erodibilidade.

Os testes de absorção e imersão em amostras indeformadas são testes simples que não exigem aparelhos sofisticados, os aparelhos foram montados no laboratório do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), com base nos equipamentos utilizados por Nogami e Villibor (1979).

O aparelho dos testes de absorção consistiu de um recipiente cilíndrico, com as mesmas dimensões do tubo graduado de amostragem. O conjunto foi preenchido com água e na parte superior do recipiente foi adaptada uma pedra porosa, que se manteve saturada (Figura 10). As amostras ainda nos anéis permaneceram secando ao ar por 7 dias antes dos testes (Figura 11), após esse período foram pesadas e em seguida colocadas sob a pedra porosa, onde iniciou a leitura no tubo graduado em função do tempo, ou seja, foram feitas leituras do volume de água absorvida por intervalo de tempo.

Os testes de imersão foram realizados imediatamente após os de absorção, onde os anéis de amostras foram submergidos em um tanque com água em posição vertical, os anéis permaneceram no tanque dentro de outro recipiente menor para que fossem coletados os materiais desprendidos após 24 horas (Figura 12).

Os resultados dos testes de absorção e imersão foram representados através de gráficos de absorção em função do tempo, também pelo programa *Excel*. Estes gráficos representaram a curva de infiltração de cada amostra submetida ao ensaio de absorção de água e permitiram calcular o valor (y) do coeficiente angular da reta (S). Para esse teste, tornou-se necessário calcular o índice de absorção (S), que é a relação do volume de água absorvida por unidade de área (q) pela raiz quadrada do tempo medido (\sqrt{t}), e determinar a perda de peso em porcentagem do peso inicial seco da amostra (P) para inserí-los na equação $E = 40 S/P$ onde:

E= é o índice de erodibilidade

S= é a leitura do corpo de prova vezes à raiz quadrada do tempo

P= é porcentagem da perda do solo por imersão

A aplicação dessa equação resulta no índice de erodibilidade das amostras de solo. Quando E apresentar valores < 1 significa que o material analisado é erodível e quando apresentar valores $>$ que 1 o material analisado não é considerado erodível.

Dessa maneira, finalizando, os gráficos e resultados obtidos com os testes de absorção e de perda de massa por imersão resultaram em um gráfico final produzido no programa *Estatística*, confirmando a separação dos materiais erodíveis dos não erodíveis dados pela reta $E=40S/P$.



Figura 9. Infiltrômetro, instalado no ponto 3 no setor leste da bacia



Figura 11. Anéis com as amostras indeformadas



Figura 10. Tubo graduado com a pedra porosa para o teste de absorção



Figura 12. Tanque de água com as mostras para o teste de perda de solo por imersão

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Análise dos Produtos Cartográficos

Este item procura realizar uma análise dos elementos físicos e antrópicos da bacia a partir dos vários produtos cartográficos, buscando correlacionar todos elementos registrados.

7.1.1 Carta base

Ao analisarmos a carta base (Figura 13), temos uma noção preliminar de como é o relevo, a rede hidrográfica. À montante da bacia, verifica-se um aumento da malha urbana em direção a parte média da bacia

Quanto ao setor inferior, verificou-se uma ocupação totalmente rural. O relevo predominante é de pequenas cotas altimétricas e com declividades pouco acentuadas. A rede de drenagem possui um número expressivo de ribeirões e córregos. Esse instrumento cartográfico contribuiu para a realização dos outros produtos temáticos e escolha dos locais para os testes de campo e coleta de materiais para as análises de laboratório. Possibilitou, também, o reconhecimento prévio da área de estudo, auxiliando na escolha dos critérios para a macro compartimentação da bacia em unidades de paisagem.

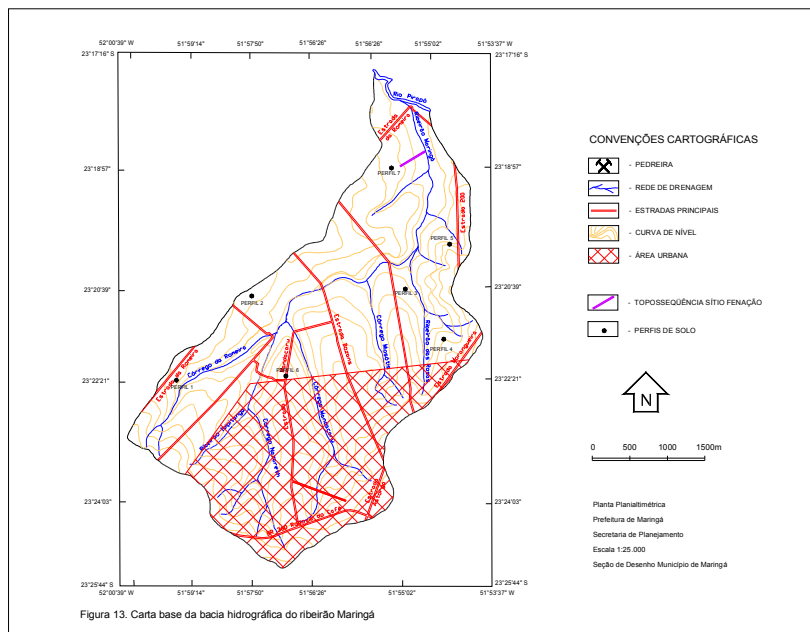


Figura 13. Carta base da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá

7.1.2 Mapa de compartimentação da bacia do ribeirão Maringá

A elaboração do mapa de compartimentação da área de estudos possibilitou o entendimento de que a bacia do ribeirão Maringá possui características homogêneas em unidades de paisagem distintas. De maneira geral, ao analisar a Figura 14, verifica-se que na área ocupada pelo setor urbano, onde se localizam as maiorias das nascentes, há um predomínio de formas de relevo e declividades semelhantes, com pequenos topos arredondados nos interflúvios e vertentes predominantemente convexas e de menor comprimento, tornando os vales mais encaixados. Os tipos de solo predominantes nessa área são os Nitossolos Vermelhos, sendo que os Latossolos Vermelhos distroféricos e/ou eutroféricos se encontram apenas nos locais de topos. Assim, essa área foi considerada como compartimento I, representado na carta pela cor margenta.

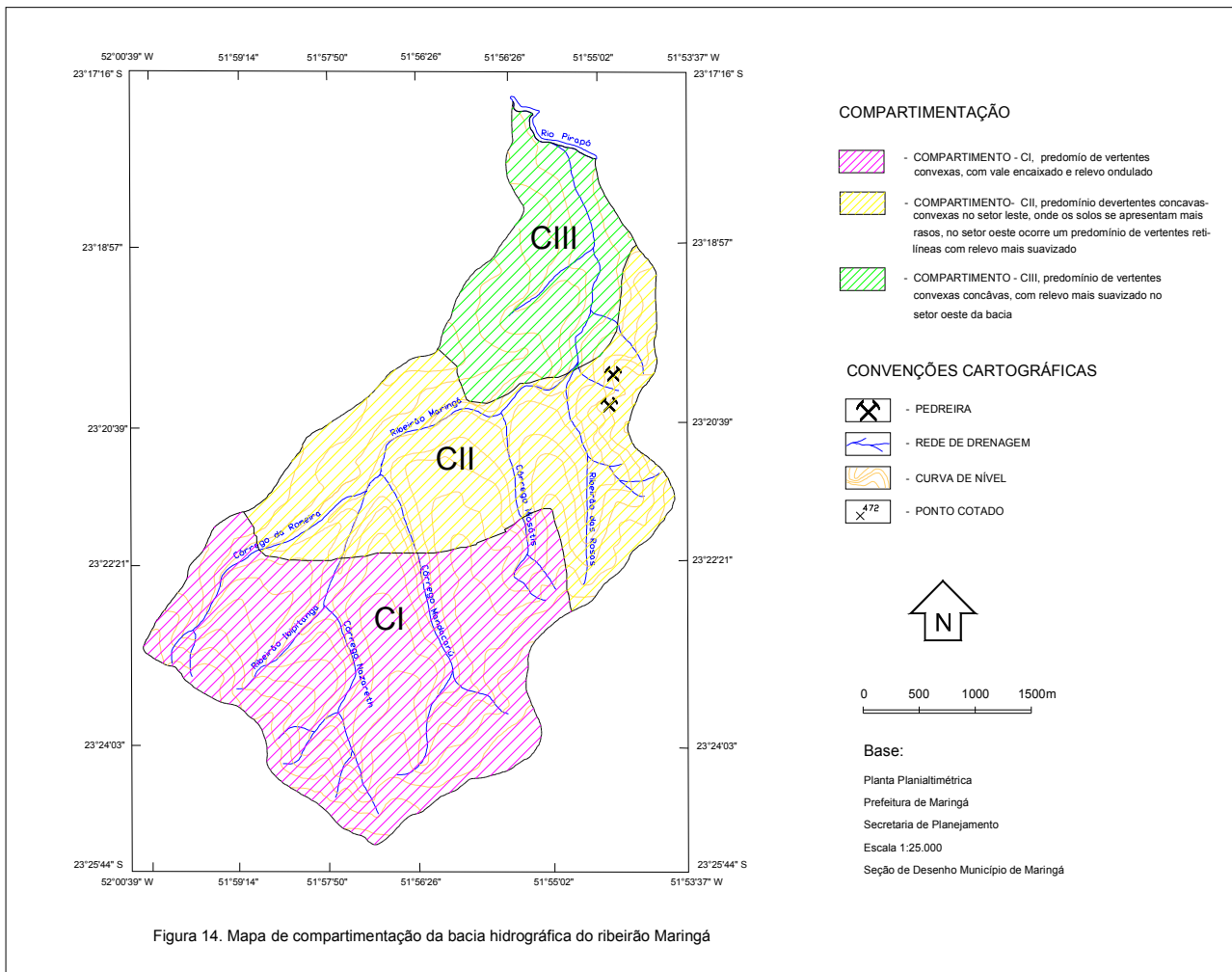
O setor médio da bacia, representado no mapa pelo compartimento CII com a cor amarela, apresenta o relevo mais suavizado com altitudes e declividades menos acentuadas e vertentes mais retilíneas e com maior comprimento de rampa à oeste, onde os solos predominantes são os Nitossolos Vermelhos distroféricos. Nessa unidade de paisagem, localiza-se a confluência entre os corpos d'água tributários e o ribeirão Maringá, onde se encontram alguns solos com características hidromórficas.

A leste dessa unidade, as vertentes apresentam uma maior declividade, e menores comprimentos de rampa, nesse setor os solos são mais rasos com características de solos litólicos, proporcionado o uso de exploração de basalto para brita. Nesta unidade, também pode-se verificar a presença de solos gleizados, que devido à pouca profundidade do solo e presença de rocha impermeável que favorece a elevação do lençol freático, principalmente na época de chuvas.

O compartimento CIII, representado no mapa pela cor verde, abrange uma área de baixas altitudes, onde se localiza a planície de inundação do ribeirão Maringá junto ao rio Pirapó. Nesse compartimento, as vertentes são mais alongadas e as declividades menos acentuadas. Na época de alto índice pluviométrico, essas áreas se apresentam muito vulneráveis aos alagamentos, onde a falta de vegetação, o uso de pastagem e o uso agrícola próximos ao leito desses rios, também contribuem para o aumento da probabilidade de inundações.

A compartimentação da bacia, em unidades de paisagem homogêneas, não foi o principal objetivo dessa pesquisa, no entanto permitiu uma melhor visualização dos elementos da área,

contribuindo para a organização da discussão dos resultados de outros produtos cartográficos, e escolha dos pontos de coleta para os ensaios laboratoriais e medidas de campo. Cabe lembrar que as outras cartas temáticas analisadas de forma mais detalhada, por sua vez, também auxiliaram na divisão dos compartimentos.



7.1.3 Carta hipsométrica

Para uma determinação mais específica das cotas de altitude de uma bacia hidrográfica, são utilizados recursos como a construção de cartas hipsométricas que permitem uma melhor identificação dos setores de maiores e menores altitudes da área da bacia.

Segundo De Biasi (1970), a carta hipsométrica é uma representação gráfica do relevo que é analisado pela variação das diferentes altitudes do terreno com referência do nível médio do mar. Esta representação é feita a partir das curvas de níveis da área a ser mapeada, ou seja, linhas que em intervalos iguais ligam pontos de igual altitude ou cota.

Para Queiroz (2003), a carta hipsométrica é muito importante para os estudos ligados ao uso e ocupação do solo, uma vez que fornece informações sobre o relevo que exerce grande influencia, tanto no aspecto natural, como no aspecto cultural de uma região. Este produto cartográfico relacionado a outras informações como: tipo de solo, geologia e clima, possibilita um uso mais adequado do ambiente, auxiliando na organização do espaço.

No estudo de bacias hidrográficas, o relevo exerce grande influência sobre os fatores climáticos e hidrológicos, onde a velocidade do escoamento superficial depende da declividade do terreno, quanto mais acentuado for o declive mais acelerado será o escoamento, podendo, assim, definir a quantidade de material transportado das encostas, afetando os solos desprotegidos e depositando maiores quantidades de materiais na rede hidrográfica da bacia.

O município de Maringá faz parte da região fisiográfica, denominada por Maack (1968) de Terceiro Planalto Paranaense, apresenta cotas de altitude pouco elevadas e com um relevo de declividades pouco acentuadas com cotas predominando de 340 a 540m. As áreas mais elevadas do município se situam, nos topos dos interflúvios entre as bacias de abordagem o Ivaí e Paranapanema com cotas variando entre 585 a 599m. Inserida no setor norte do município a área de estudo, apresenta um relevo suavemente ondulado com elevações de topos arredondados, vertentes longas com centenas de metros de comprimento.

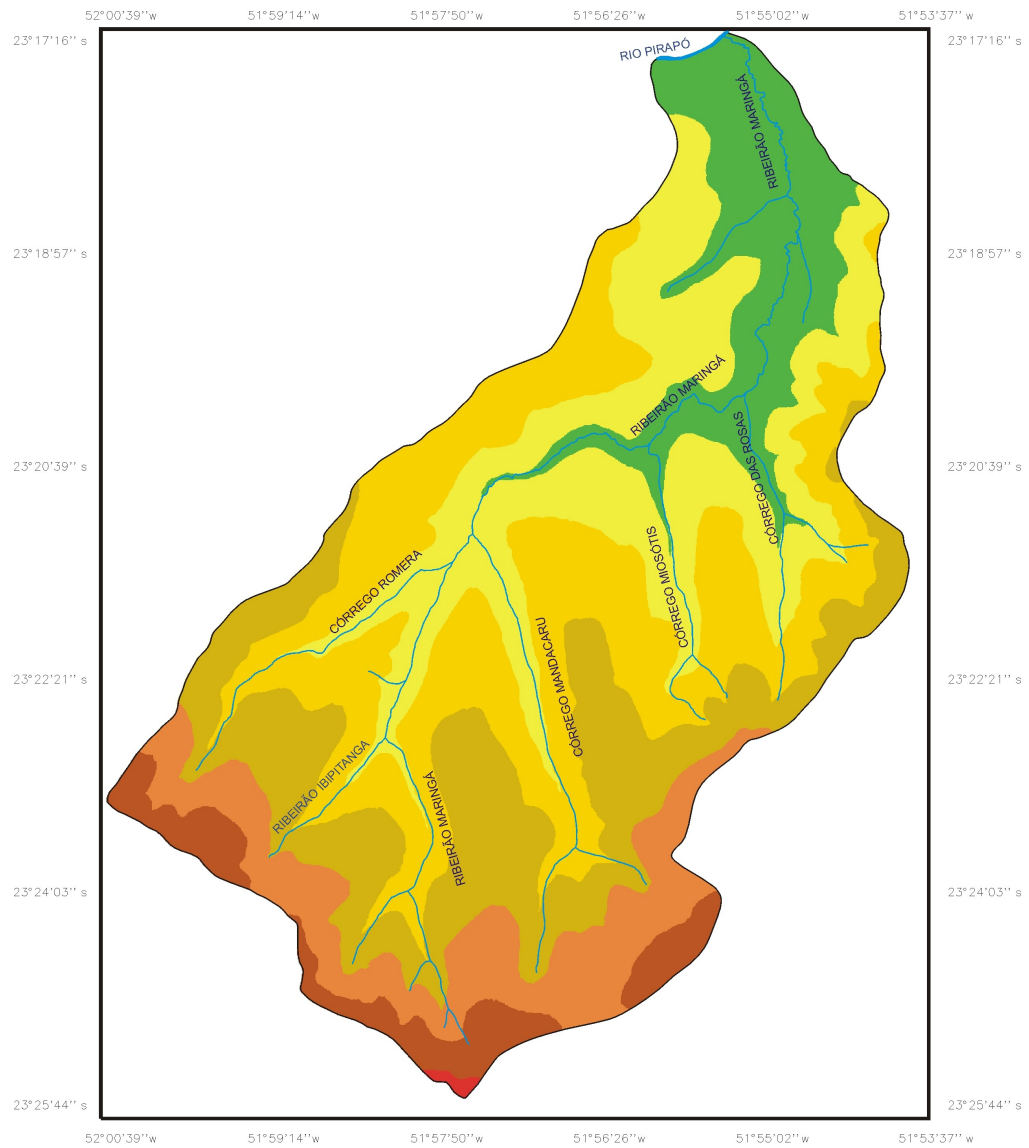
A análise da carta hipsométrica (Figura 15), evidencia as diferenças altimétricas da bacia, agrupando as classes de cotas em uma legenda de cores variando do verde ao margenta, contribuindo para uma primeira compartimentação da bacia em unidades de paisagem, sendo que o setor superior da bacia onde se encontra a área urbana, foi considerado o primeiro compartimento com cotas variando de 515 a 600m. Nesse compartimento, o solo se encontra na

sua maioria impermeabilizado, onde se localizam a maioria das nascentes, ocorrendo um predomínio de vertentes convexas, onde os vales se apresentam mais encaixados.

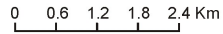
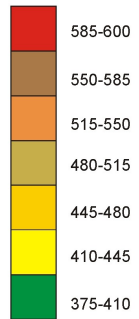
O compartimento CII da bacia compreendeu a parte média a inferior da bacia, onde as cotas variaram de 410 a 515m. Nessa unidade, as vertentes são mais longas, denotando um relevo mais suavizado no setor oeste e próximo às confluências dos tributários com o ribeirão Maringá, já no setor leste, desse compartimento, os vales se apresentam mais fechados com vertentes menos extensas.

O compartimento III abrange as áreas onde as cotas predominantes foram de 375 à 410m. Nessa unidade, o vale do ribeirão Maringá se apresenta de forma retilinizada, bem aberto de fundo chato, as vertentes são mais longas e suavizadas, o que proporcionou o avanço das culturas, como soja, milho e trigo até próximo dos canais fluviais.

O predomínio de baixa altimetria da bacia do ribeirão Maringá sugere aparentemente que esse ambiente não apresenta problemas de degradação de seus componentes naturais, no entanto, para esse estudo, que tem por objetivo delimitar áreas com diferentes graus de fragilidade, é preciso se considerar outros elementos que interferem na dinâmica funcional da bacia como: a declividade, o tipo de solos e o uso e ocupação.



HIPSOMETRIA



FONTE: FOLHA SF-22-Y-D-II-3 MARINGÁ
 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA-IBGE
 ESCALA: 1:50000 2001
 ORGANIZAÇÃO LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO
 GEMA (GRUPO DE ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES DO AMBIENTE)

FIGURA-MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DO RIBEIRÃO MARINGÁ

7.1.4 Carta de declividade

O grau de declividade de uma vertente, associado aos extensos comprimentos de rampa, sem dúvida apresenta maiores velocidades de escoamento superficial e como consequência, maior fragilidade quanto aos processos erosivos. Nesse sentido, Cunha (1995) concorda que uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa, também pode ser vulnerável aos processos de erosão quando submetida a uma grande vazão de escoamento de águas superficiais, esse fator pode ocorrer dependendo das características de uso da área.

Analisadas as declividades dos compartimentos da bacia do ribeirão Maringá (Figura 16) constatou-se que:

A classe com declividade muito fraca de até 6% é predominante e encontrada nos três compartimentos da bacia, sendo mais marcante no setor oeste, onde as vertentes são mais suavizadas e alongadas e nos topo dos interflúvios. No compartimento III, próximo a foz do ribeirão Maringá, essa classe avança até a margem do rio.

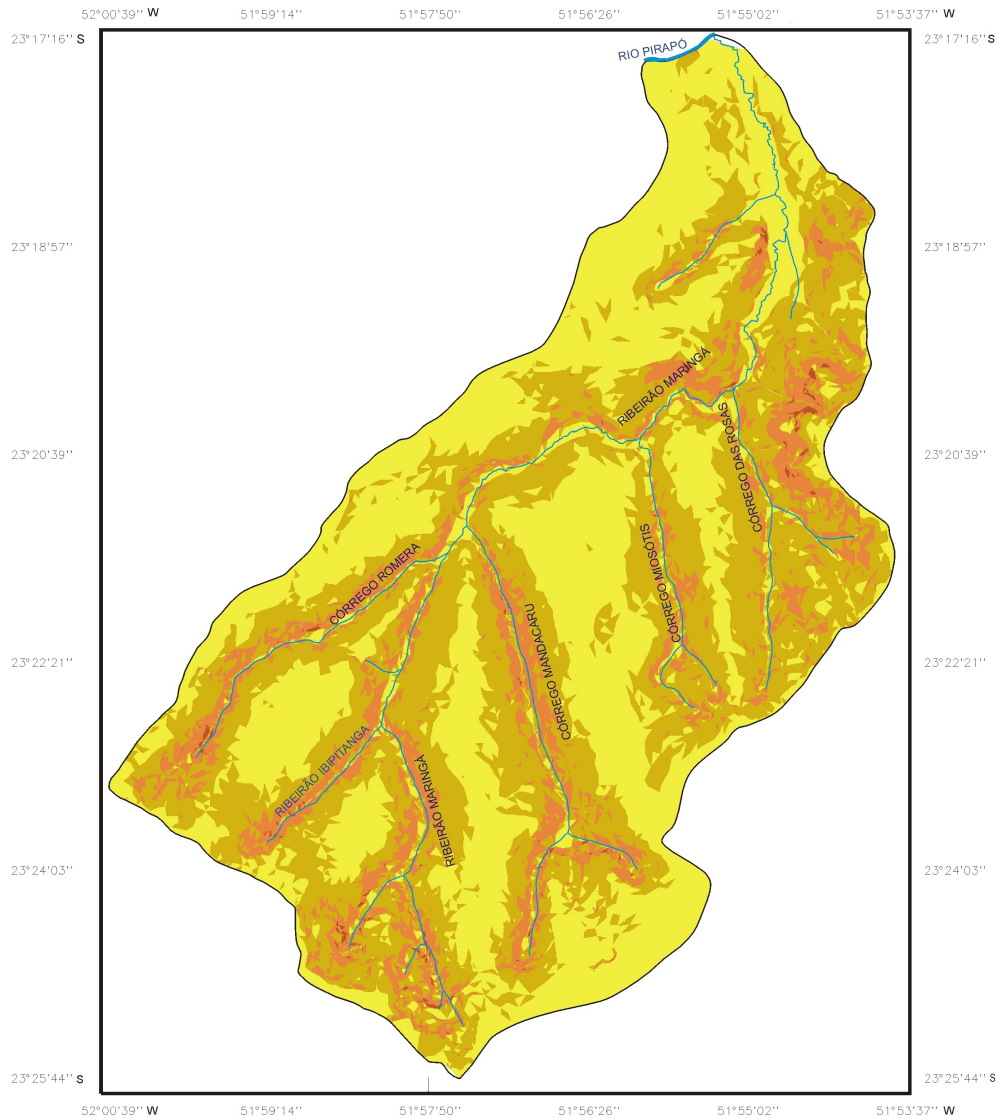
A classe de declividade compreendida entre 6 a 12% também foi encontrada em todos os compartimentos. No CI, ocorre nas médias vertentes e junto às cabeceiras de drenagem. Nos compartimentos II e III, essa classe (6-12%) ocorre preferencialmente nas médias vertentes, embora, também possa estar presente ao longo de toda a vertente, como aquelas localizadas no setor leste do CIII.

A classe compreendida entre 12 a 20% desenvolve-se próximo aos canais de drenagem e muitas vezes associadas com as áreas de rupturas de declive. Esta classe também é encontrada no entorno das cabeceiras de drenagem no compartimento I. No compartimento II e parte do III, essa classe de declividade se torna marcante no setor onde se localizam as pedreiras a leste da área.

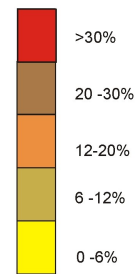
As classes compreendidas pela declividade de 20 a 30% e acima de 30 % são verificadas em pontos isolados nos três compartimentos da bacia, sendo que no primeiro se encontra de forma pontual nas cabeceiras drenagem dos ribeirões Maringá e Ibipitanga e dos córregos Romeira e Mandacarú. No segundo compartimento, em alguns setores junto às pedreiras e no terceiro compartimento apenas em um ponto isolado a oeste da bacia, próximo ao córrego Romeira.

A elaboração desse produto cartográfico foi de grande importância para esse estudo, uma vez que a verificação dos setores do relevo com maiores porcentagens de declividade, permitiu identificar as áreas mais propensas à fragilidade ambiental, já que o grau de inclinação do terreno exerce grande influência na velocidade do escoamento superficial. Nestes setores, os materiais do solo se tornam mais suscetíveis de remoção, principalmente nas vertentes desprovidas de vegetação

É importante, considerar a declividade mais acentuada verificada no compartimento CI, onde se localiza a zona urbana, pois a declividade associada às formas convexas das vertentes e a pavimentação do solo proporcionam uma baixa infiltração de água no solo. Esse fator aumenta o escoamento superficial, que se torna mais acelerado, concentrando-se nas áreas de vale, provocando erosão e/ou assoreamento das nascentes dos córregos e ribeirões da bacia. O processo de escoamento acelerado, também, contribui para o transporte de dejetos e materiais poluentes para os corpos d' água, tornando essas áreas vulneráveis à erosão do solo e contaminação das águas.



DECLIVIDADE



Base:
 Planta Planialtimétrica
 Prefeitura de Maringá
 Secretaria de Planejamento
 Escala 1:25.000
 Seção de Desenho Município de Maringá

Figura 16. Carta de declividade da bacia do ribeirão Maringá

7.1.5 Carta geológica

Na área de estudos, em todos os compartimentos, predomina o substrato rochoso, formado por basalto (Figura 17), originado do vulcanismo fissural que ocorreu na bacia do Paraná. A essa seqüência de derrames White (1908), definiu como Formação Serra Geral. Segundo Leinz (1949) essas litologias recobrem praticamente toda a bacia sedimentar do Paraná, com uma área superior a 1.200.000Km².

Segundo Pinesi e Nardy (2003), a Formação Serra Geral é reconhecida por três tipos litológicos distintos: basaltos e andesitos toleíticos (negros, subfaneríticos, maciços ou vesiculares); riolitos e riolitos do tipo Palmas (afíricos, com textura e matriz granofírica); quartzitos e riolitos do tipo Chapecó (porfíricos com textura vitrofírica).

No setor oeste da bacia no primeiro compartimento, próximo ao córrego Romeira encontra-se uma estreita faixa de arenito, pertencente à Formação Caiuá (SOARES et al, 1980).

As rochas, pertencentes à Formação Caiuá, desenvolveram-se a partir do Cretáceo inferior, na borda da bacia sedimentar do Paraná e parte sobre o embasamento mais antigo, em decorrência de atividades positivas dos arcos de Ponta Grossa e Rio Grande associados à reativação sulatlântica (IPT, 1989).

Gasparetto e Souza, (2003) citam que o Arenito Caiuá ocorre na Região Noroeste do Paraná, recobrendo uma área de aproximadamente 25.000 Km², onde sua formação é constituída predominantemente por arenitos de frações médias, finas a muito finas, moderadamente a bem selecionados, de cores vermelho-arroxeados a vermelho-escuro porém quando alterado apresenta tons amarelados. O comportamento das rochas do Arenito Caiuá é classificado como brando, termo referente às rochas que cedem facilmente a pressão, apresentando geralmente dificuldade em definir com precisão os limites de resistência que devem ser adotados para esse tipo de material.

Gasparetto (1999) descreve que desde sua proposição até hoje, a Formação Caiuá tem sido objeto de grandes controvérsias no que tange à gênese, idade e posicionamento estratigráfico. Para Bigarella e Mazuchowski (1985), a origem dessa formação é eólica. Jabur e Santos (1984) concluem que a Formação Caiuá apresenta duas litofácies distintas: na base dessa formação ocorrem arenitos arroxeados ou avermelhados com estratificação cruzada planar de grande parte geradas em ambiente desértico. Denominaram a este pacote basal de Fácies Porto

Rico, em razão da localização e das melhores exposições desta litofácies. Para o topo ocorrem arenitos com estratificação cruzada acanalada e plano-paralela associados à fácies pelíticas. Os autores denominaram esta litofácies de Fácies Mamborê.

Nóbrega et al (1992) realizaram estudos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, na região do Arenito Caiuá em Umuarama-PR, estabelecendo para essa área 5 zonas de risco, hierarquizadas de acordo com o comprometimento de sua estabilidade. Elaboraram uma carta de zona de riscos, aplicando a metodologia de Zonas Expostas aos Riscos de Movimentação do Solo (ZERMOS). Concluíram que o processo de povoamento, marcado por uma ocupação rápida e acelerada, com desmatamento praticamente de toda região, foi o responsável pelo desencadeamento dos mecanismos de erosão dos solos arenosos dessa área.

Na área deste trabalho, os afloramentos rochosos são restritos. Somente afloram em alguns pontos ao longo das drenagens. No entanto, no setor leste da bacia no compartimento II, a exploração comercial de britas de basalto expõe essa litologia, na frente de lava, com paredes verticais de até 20m de altura. Os afloramentos do Arenito Caiuá inexistem, estando os mesmos recobertos por uma espessa cobertura arenosa.

O conhecimento da geologia de uma área é de grande importância, pois permite a compreensão da gênese e composição dos solos, o que auxilia nos estudos direcionados a questões de fragilidade da cobertura pedológica.

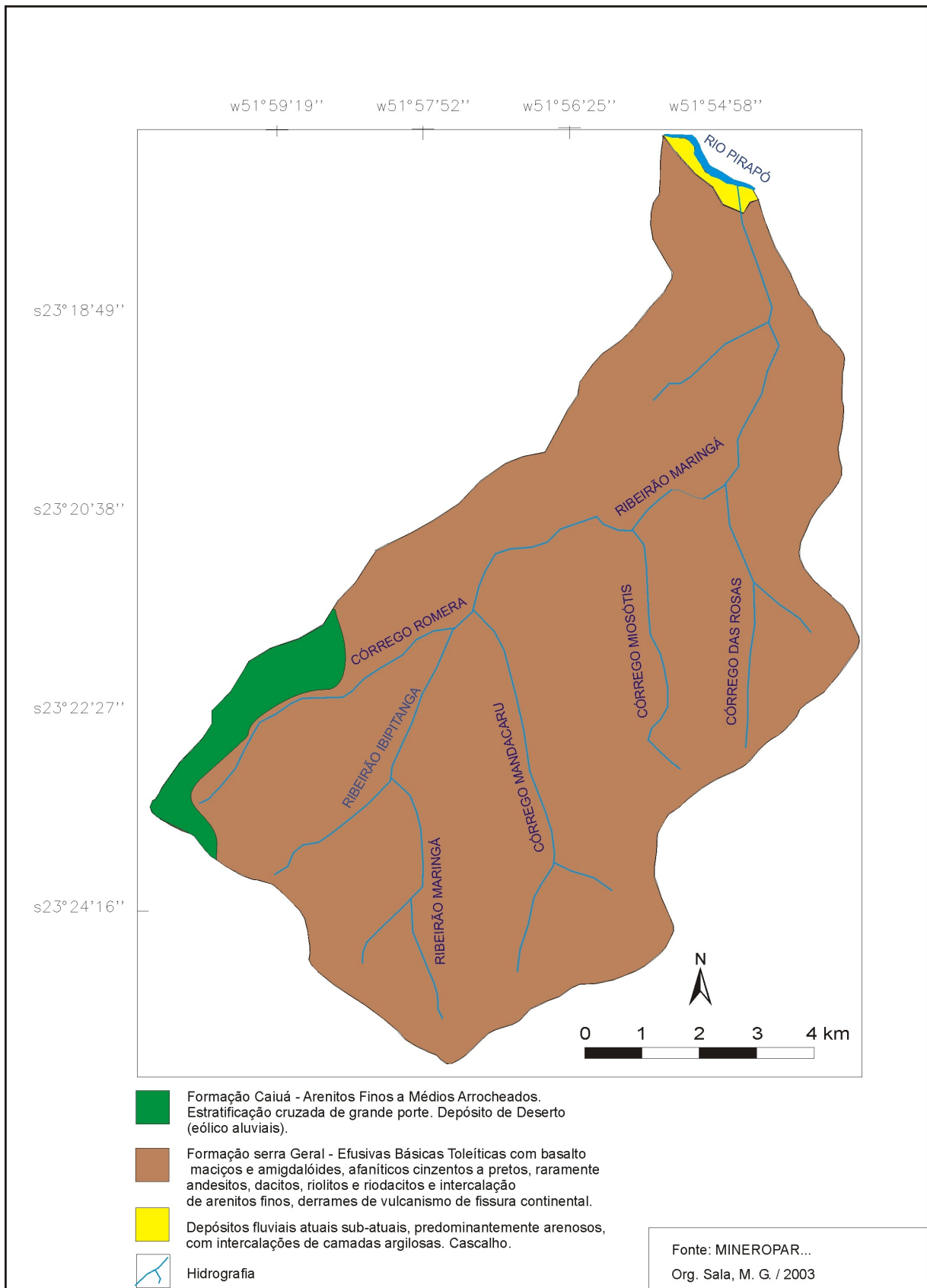


Figura... Mapa Geológico da Bacia do Ribeirão Maringá.

7.1.6 Carta de tipos de solos

Ao analisar essa carta (Figura 18) verifica-se a predominância do Nitossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico em quase toda a bacia. Esse solo apresenta um bom estágio de evolução e profundidade, com estrutura em blocos sub angulares a angulares e textura argilosa, com presença de cerosidade incipiente nas faces dos agregados. Essa cobertura ocupa especificamente áreas onde o relevo se apresenta de plano a suavemente ondulado no terço superior das vertentes. Nos horizontes mais profundos desses solos, encontra-se uma estrutura típica dos Latossolos Vermelhos (granular a microagregada), sendo denominados de Nitossolos Vermelhos distroféricos latossólicos (EMBRAPA, 1999).

O Latossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico ocorre em áreas restritas da bacia, abrangendo em maior porcentagem o primeiro compartimento nas áreas de topo dos interflúvios entre o ribeirão Maringá e o córrego Mandacarú e entre o Mandacarú e o córrego Miozótis. De acordo com a EMBRAPA (1999), esses solos também são bem evoluídos, apresentando estrutura granular à microagregada e textura argilosa, fato confirmado nas descrições morfológicas de campo em duas áreas de ocorrência desse solo. Esse tipo de solo, ainda foi encontrado em segmentos restritos e isolados acima da área das Pedreiras Municipal e Sanches Tripoloni no segundo compartimento e também em um ponto no terceiro compartimento a oeste.

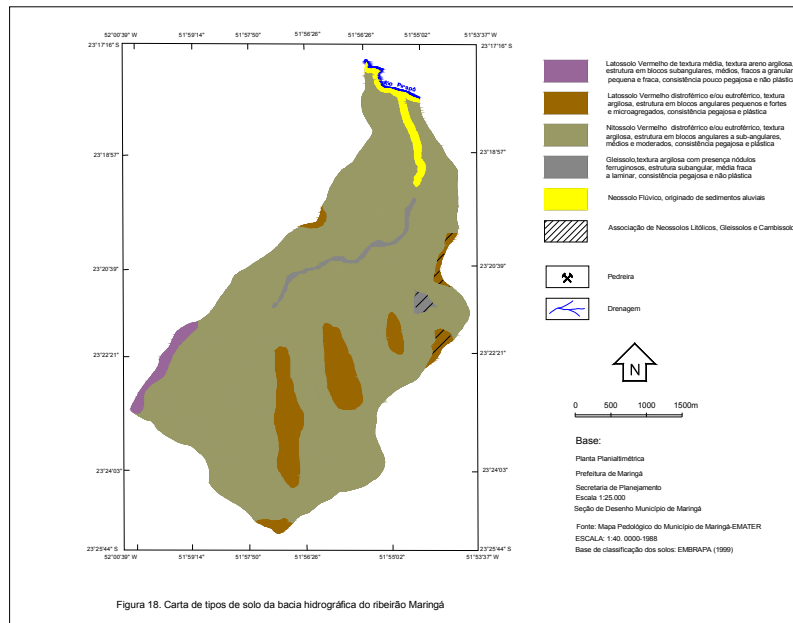
A oeste da bacia, no primeiro compartimento, desenvolve-se uma faixa de Latossolo Vermelho de textura média. Essa área forma uma zona de transição entre o substrato rochoso, constituído de basalto e de Arenito Caiuá. A textura predominante do solo é a areno-argilosa, com estrutura granular a sub-angular de média a moderada, friável, o que imprime a esse solo um maior grau de fragilidade quanto à ocorrência de ravinamentos, onde as partículas arenosas possuem maior facilidade de desagregação durante os eventos chuvosos.

Ainda, ocupando um pequeno segmento a leste da bacia, e na área de confluência entre os corpos d'água tributários com o ribeirão Maringá, no segundo compartimento, foi verificado a presença de solos gleizados devido a oxiredução de compostos ferruginosos causada pela elevação do lençol freático durante os períodos chuvosos. Estes solos apresentam um horizonte Bg logo abaixo do horizonte A, com uma quantidade considerável de nódulos e concreção ferruginosa de aproximadamente 2 a 5mm de diâmetro. Esse fator atribui a esse solo uma estrutura friável, bem solta, quando secos.

No terceiro compartimento, na área de confluência do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, encontram-se os Neossolos Flúvicos formados, também, pela deposição de materiais de origem aluvial.

No setor que abrange parte do CII e CIII, a leste da bacia, verifica-se a presença de solos rasos, tanto nas áreas próximas das pedreiras como nas áreas próximas ao córrego das Rosas. Em algumas partes desses compartimentos, os solos podem ser classificados de Neossolos Litólicos e Cambissolos.

O reconhecimento e mapeamento do sistema de cobertura pedológica, nos estudos de fragilidade ambiental, contribuem para a visualização prévia dos solos que apresentam naturalmente maior suscetibilidade aos processos de erosão, fornecendo informações quanto à localização e posição que cada solo ocupa na vertente. A localização dos tipos de solo, também auxilia na seleção de pontos para as análises de laboratório e medidas de campo, que permitem determinar o grau de fragilidade de cada tipo solo.



7.1.7 Carta de uso e ocupação do solo

A bacia do ribeirão Maringá possui boa parte de sua área utilizada para a atividade agrícola, sendo importante considerar a forma de manejo e conservação do solo dessas áreas. Salomão (1994), refere-se que a intervenção humana pode se tornar um fator decisivo no aumento desenvolvimento de ravinas e voçorocas.

No CI, nas áreas de maior declividade do terreno, próximo do curso superior do córrego Romeira a oeste da bacia, sob plantio de soja, verificou-se a presença de movimento materiais do solo, com início de processo de ravinamento (Figura 19).

Nesse compartimento, as áreas vegetadas ocupam apenas pontos isolados e alguns segmentos próximos às drenagens. Nas áreas destinadas a agricultura, verificou-se que as culturas temporárias, com predomínio da soja, ocupam as médias vertentes até o fundo de vale dos córregos Romeira, Ibipitanga e o ribeirão Maringá.



Figura 19. Ravinamento sob solo arenoso - Sítio 52 B3, próximo ao córrego Romeira (novembro-2004)

Ainda, nas partes baixas das vertentes desse compartimento, onde predominam solos de textura arenosa, o produtor rural procurou controlar a erosão com o plantio de gramíneas. No entanto, esse tipo de controle se restringe a pequena áreas, o que não soluciona o problema (Figura 20).



Figura 20. Sulcos observados em torno do capim sítio 52 B3, próximo ao córrego Romeira

Cabe ressaltar, que as formações erosivas geradas pela erosão natural ou geológica, são aquelas que se desenvolvem em condições de equilíbrio com a formação do solo, ou seja, não perturbadas. Já a erosão acelerada é aquela em que se verifica o aumento da taxa da erosão sobre a erosão natural, em virtude da quebra do equilíbrio no meio ambiente através das atividades antrópicas, principalmente àquelas relativas a alterações conduzidas na cobertura vegetal, e cuja intensidade, sendo superior a da formação do solo, não permite a sua recuperação natural. Neste caso, o processo de erosão torna-se extremamente acelerado e com enorme produção de sedimentos (ZACHAR 1982).

Fendrich et al. (1997) diferenciam os processos erosivos, segundo os agentes causadores desses processos (vento, água, gelo, gravidade), pelos tipos ou origens (erosão por embate, erosão laminar, erosão em sulcos profundos ou ravinas) e também pela sua natureza (geológica acelerada).

Ao analisar a carta de uso e ocupação do solo (Figura 21), associada com os trabalhos de campo, verifica-se no compartimento I o avanço da zona urbana para o setor médio da bacia. Esse avanço urbano na montante da bacia, desencadeia várias formas de degradação que se manifestam em todos canais de drenagem a jusante.

Em algumas áreas desse compartimento, o solo se apresenta exposto ou com pastagem em estágio inicial de crescimento, nessas condições esses solos se tornam mais vulneráveis às forças

de arraste de partículas nos períodos de chuvas, o que pode causar o assoreamento do leito das drenagens, facilitando a mobilização de elementos dos solos da bacia para a toda rede hidrográfica.

No segundo compartimento CII, no curso médio do córrego Mandacará, verifica-se uma maior declividade do terreno, essa inclinação associada à falta de vegetação e aos materiais emitidos pela a Estação de Tratamento de Esgotos da SANEPAR, estão contribuindo para o assoreamento e possível contaminação dos solos e das águas do rio. Na margem direita do córrego Romeira, onde está localizado o perfil 2 (Figura 14), e entre os córregos Mandacará e Miosótis (ponto 3, Figura 14) verifica-se a presença de áreas de pastagem atingindo as margens dos rios.

Próximo da nascente do córrego das Rosas (CII), verificam-se setores de drenagem intermitente, que em épocas de concentração pluviométrica ficam inundadas, devido à elevação do lençol freático. Essa área está localizada dentro de propriedades rurais onde o uso do solo predominante é o de plantio de soja, onde também se verifica setores, onde o solo estava exposto.

Na faixa de confluência entre córregos tributários e o ribeirão Maringá, no compartimento II, também foi verificado o plantio de soja bem próximo à rede de drenagem. Essa área deveria possuir um tipo de manejo diferenciado, pois os solos desse setor estão em sua maioria sujeitos a períodos de inundação, devido à localização (próximos às confluências) e também a elevação do lençol freático. Os solos dessa área são escuros com presença de gleização.

No compartimento CIII, próximo a jusante do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, predomina, também, a cultura temporária (soja) intercalada por pequenas áreas de pastagem, onde se verifica apenas alguns fragmentos de vegetação marginal, próximos as drenagens.

Assim, de uma forma geral, o uso agrícola que predomina na bacia é o de cultura sazonal soja, milho e trigo, enquanto em outras áreas menores foi verificado o cultivo de aveia, cana de açúcar, feno e pastagem. Em todos os compartimentos, praticamente todas as culturas, aproximam-se das margens das drenagens, resultando na carência da vegetação marginal ou ripária que deveria proteger as áreas próximas dos rios.

Uso e ocupação²¹

No compartimento CII, como já citado, um dos tipos de uso do solo é caracterizado pela exploração do basalto (Figura 22). Nessas áreas, onde a rocha está exposta, desenvolvem-se solos rasos e cobertura vegetal formada predominantemente por gramíneas o que torna esse segmento mais vulnerável aos problemas ambientais.



Figura 23. Visualização da pedreira da prefeitura municipal de Maringá, paredão vertical de exploração de brita

Em trabalhos de campo, foi verificado o descaso da população, não só a local, mas a governamental e de empresas privadas que depositam entulhos diretamente no ambiente, como pneus. Estes estão sujeitos ao acúmulo de água das chuvas, podendo servir de meio de reprodução de insetos, principalmente do mosquito transmissor da Dengue (Figura 23).

A Figura 24 evidencia a ausência de florestas marginais, onde os cursos d' água também estão sem proteção, com suas margens prejudicadas e expostas aos processos erosivos. Cabe lembrar que a falta de vegetação marginal, também, prejudica a fauna que necessita dessa vegetação para se alimentar e se reproduzir.



Figura 23. Pneus depositados indiscriminadamente a montante da pedreira da prefeitura municipal de Maringá, janeiro de 2005



Figura 24. Exibe a ausência de vegetação na margem direita do ribeirão Maringá e erosão das margens 2004

A identificação do tipo de uso e ocupação do solo é de grande importância para se avaliar as áreas com grau acentuado de fragilidade, pois a ação antrópica, quando realizada de forma inadequada, pode desencadear graves problemas aos ambientes naturais, como compactação do solo, erosão e assoreamento, bem como poluição dos rios.

7.1.8 Carta morfológica e de processos atuais

A análise da Figura 25 permitiu verificar que, no compartimento CI da bacia, predomina o sítio urbano. Nesse setor desenvolve-se vertentes curtas com perfis convexos e retilíneos. As formas côncavas são observadas em menor número e localizadas próximas do sopé das vertentes. Neste compartimento, os interflúvios são longos, levemente inclinados no sentido das principais drenagens, apresentam topos arredondados e a maioria dos vales são encaixados apresentando forma de V.

Algumas formas de processos erosivos atuais como: desmoronamento das margens, assoreamentos dos leitos etc, foram identificadas próximos das nascentes dos córregos Mandacarú Nazareth e dos ribeirões Maringá e Ibipitanga.

O compartimento CII apresenta uma quantidade maior de interflúvios com topos alongados e arredondados e de vertentes convexas côncavas, observadas junto as confluência das drenagens, onde ocorre rupturas de declive. Estas formas, também, estão presentes quando o relevo se encontra desgastado, provavelmente devido ao escoamento superficial acelerado das águas pluviais, provenientes da zona urbana e rural de Maringá. Os topos são suaves e alongados e os vales são mais encaixados no médio curso dos rios. Na confluência das drenagens, os vales são mais abertos, permitindo o alagamento em épocas de chuvas. Próximo a nascente do córrego das Rosas e das confluência dos tributários com o ribeirão Maringá, verificou-se a presença de pequenos ravinamentos e em alguns pontos isolados, a presença de pippings.

No terceiro compartimento, próximo à foz do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, as vertentes apresentam-se com formas convexas côncavas pouco acentuadas. Quanto aos vales, esses se apresentam mais abertos em forma de "u", quando o ribeirão Maringá adquire uma forma mais retilinizada. Este setor, também, é considerado área de inundação em épocas de chuvas. Em relação aos topos, esses são alongados, poucos marcados e em menor número em relação ao restante da bacia.

Abrangendo parte compartimento CII, ocorre um relevo marcado por rupturas de declive acentuado permitindo a exploração do basalto, onde estão instaladas as pedreiras. A montante das pedreiras, o relevo apresenta forma suave à plana e nos setores abaixo do talude, as vertentes se apresentam de convexas a côncavas. Na parte inferior dessas vertentes, encontra-se áreas de nascentes que estão suscetíveis ao acúmulo de materiais, provenientes da área de exploração.

Essa área apresenta solos rasos, essa característica pode influenciar no processo de aceleração do escoamento superficial, já que a água ao se infiltrar no solo atinge rapidamente o seu nível de saturação, escoando em maior volume na superfície, podendo causar erosão da cobertura pedológica.

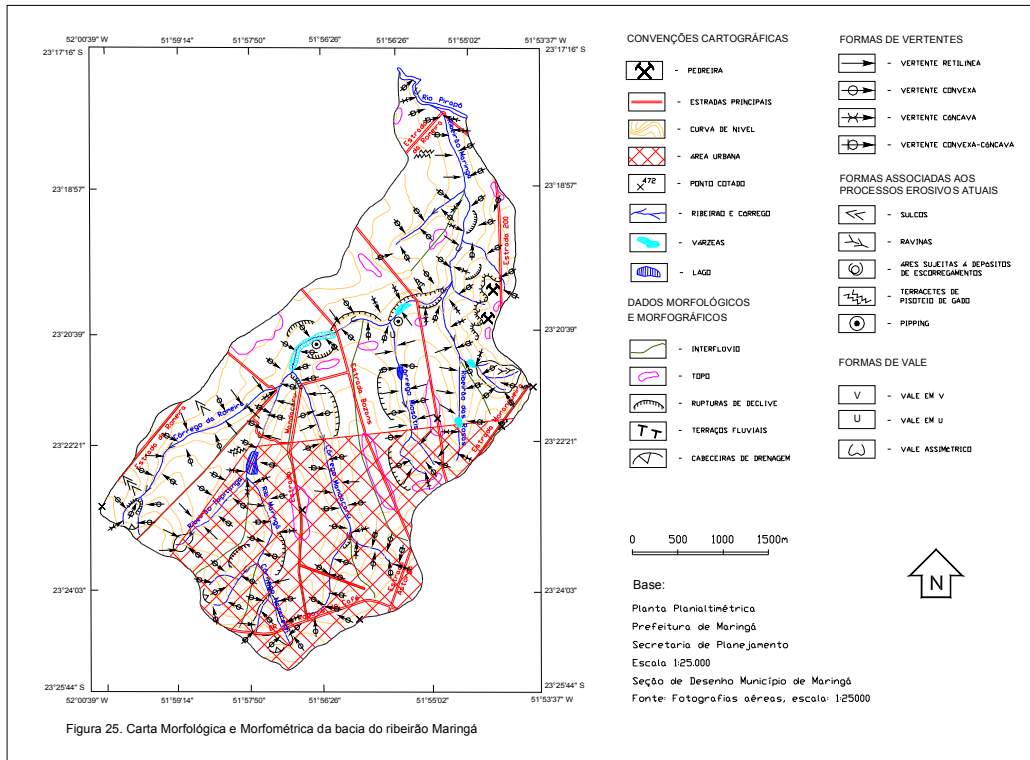


Figura 25. Carta Morfológica e Morfométrica da bacia do ribeirão Maringá

Alguns processos erosivos atuantes foram observados e registrados no decorrer da análise das imagens e saídas de campo, devido ao uso do solo. Na parte leste do compartimento II, verificou-se a presença de início de formação de sulcos próximo a nascente do córrego das Rosas, pelo pisoteio do gado (Figura 26).

Quanto as nascentes dos outros córregos e ribeirões, verifica-se uma maior degradação das margens, assoreamento nos leitos e falta de vegetação marginal nos corpos d' água localizados na área urbana, principalmente nas nascentes do córrego Mandacarú e em uma das nascentes do ribeirão Maringá.

Na nascente do córrego Mandacarú além da degradação das margens (Figura 27), também, foi encontrado uma plataforma de despejo de esgoto, provavelmente doméstico (Figura 28). Esse procedimento é comum e pode ser comprovado em vários locais ao longo das drenagens urbanas.

Na Figura 29, verifica-se outra forma de processo erosivo atual, onde o canal do ribeirão Maringá (próximo à confluência com o rio Pirapó) foi retilinizado, provavelmente para aumentar a sua vazão e com isso reduzir os problemas de cheias. Esse procedimento, também foi adotado pelo agricultor com a intenção de aumentar a área de uso agrícola e de pastagem. Com o novo traçado do curso, o ribeirão está procurando o seu equilíbrio, o que tem causado erosão em suas margens.



Figura 26. Início de sulcos formados pelo pisoteio do gado no setor leste da bacia - novembro de 2004



Figura 27. Degradação das margens da nascente do ribeirão Mandacarú - maio de 2005



Figura 28. Plataforma de despejo de esgoto ribeirão mandacarú , maio de 2005



Figura 29. Exibi trecho do canal do rib. Maringá, retelinizado próximo à confluência com o rio Pirapó-2004

7.1. 9 Perfis transversais

Para uma melhor compreensão das formas de relevo da área de estudo, realizou-se a confecção de alguns perfis topográficos, abrangendo a parte superior, média e inferior da bacia. Analisando a Figura 30, verificou-se a assimetria das formas das vertentes de um interflúvio para outro, na maioria dos setores da bacia. Esse produto cartográfico serviu de base para a compartimentação da bacia.

O perfil 1, localizado no CIII, demonstra a retilinização da vertente no setor oeste com menor declividade, já no setor leste, verifica-se um aumento da declividade, onde a a vertente se apresenta de forma convexa-retilínea em toda sua extensão. O vale do ribeirão Maringá se apresenta de forma aberta e com fundo chato.

O perfil 2, localizado no setor oeste do CIII e leste do CII, revela a assimetria das formas das vertentes e a diferença de cotas de altitude do setor leste para o oeste. A vertente localizada á direita do córrego das Rosas possui maior declividade com menor comprimento de rampa, apresentando uma inflexão para côncava à jusante. A distância da vertente do vale até o interflúvio é menor do que a distância da vertente do ribeirão Maringá. Na margem esquerda do ribeirão Maringá, a vertente apresenta-se convexa à jusante, onde tanto o vale desse ribeirão como o do córrego das Rosas não apresentam grau de entalhamento acentuado

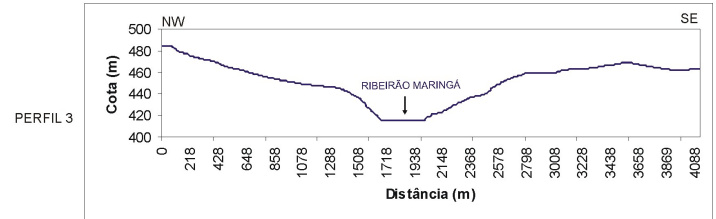
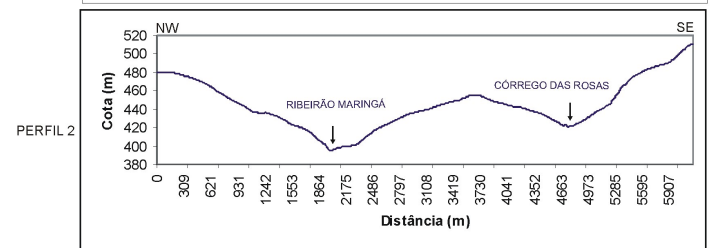
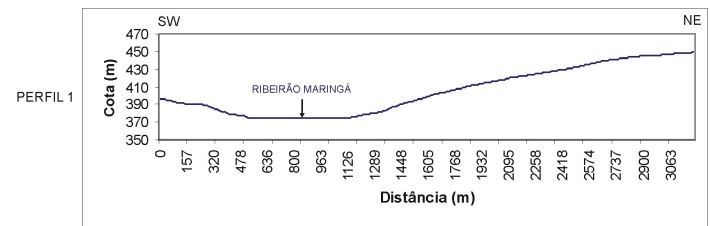
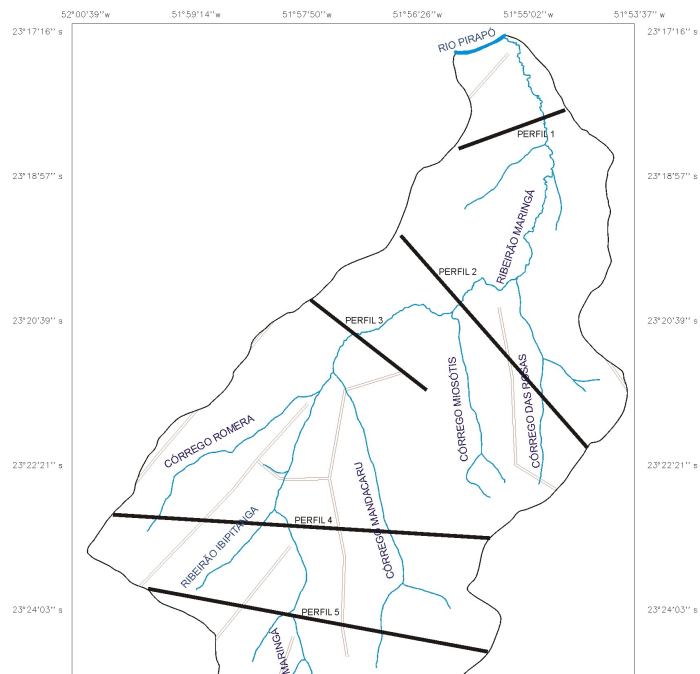
No perfil 3, localizado no CII, mostra o vale aberto de fundo chato do ribeirão Maringá com as vertentes mais suaves, com menor grau de inclinação. Por estar localizada à jusante da confluência dos tributários, ocorre uma maior deposição de materiais provenientes da montante da bacia. Isso favorece os processos de sedimentação e aumento de carga suspensa nas drenagens.

O perfil 4, localizado no CI da bacia, passa pelo setor oeste na área rural, próximo a nascente do córrego Romeira, e o restante da sua extensão está localizado na zona urbana de Maringá. Ao analisar esse perfil verifica-se um aumento significativo das cotas altimétricas, o que possibilita a remoção de materiais dessa parte da bacia para as partes inferiores. Para Carvalho (1994), nas partes altas de uma bacia hidrográfica ocorre uma maior erosão e transporte de sedimentos. A erosão vai diminuindo da alta para média bacia à medida que as declividades decrescem, na parte baixa ocorre a formação de colúvios, onde maior parte dos

sedimentos erodidos se distribuem pelos terrenos, predominando nessas partes a gradação de materiais.

Em relação as vertentes, essas se apresentam com menor comprimento de rampa e mais inclinadas, com predomínio da forma convexa, apresentando uma leve inflexão para côncava no terço médio da vertente da margem direita do córrego Mandacarú e na parte superior da vertente da margem esquerda. Quanto aos vales dessa área, são mais entalhados e encaixados, apresentando forma de V, confirmando os dados verificados na carta morfológica.

O perfil 5, localizado também no CI da bacia, em área de nascentes, apresenta altitudes mais elevadas que o perfil 4. As vertentes são convexas com um maior grau de inclinação na parte inferior próximo do ribeirão Maringá, já na parte superior dessa mesma vertente verifica-se um aplainamento do terreno. Os vales, que abrangem a nascente do ribeirão Maringá e a do Mandacarú, são mais encaixados em forma de V, com rampas das vertentes menos extensas.



7.2 Forma da Bacia e Morfometria dos Principais Canais de Drenagem

Para Oliveira et al, (1998), os estudos sobre a forma de bacias hidrográficas são importantes nas avaliações da potencialidade de alagamentos, pois permitem saber o tempo que a água da chuva leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da bacia até o seu local de saída, avaliando o tempo de concentração. É importante lembrar, que de um modo geral, as bacias hidrográficas apresentam forma de leque ou pêra, e que as pequenas bacias hidrográficas variam muito no seu formato, de acordo com a estrutura geológica do terreno, ressaltando que, quanto mais alongada é a bacia menor é a probabilidade de picos de enchentes.

Valores altos, obtidos nos cálculos do fator forma, indicam maior potencialidade que ocorram picos de enchente, e valores menores do coeficiente de compacidade indicam, também, uma maior probabilidade que ocorram picos de enchentes em uma bacia (ALVAREZ; GARCEZ, 2002).

De acordo com os cálculos do fator forma, á partir da equação $K_f = A/L^2$, verificou-se que a bacia do ribeirão Maringá possui fator forma baixo, cujo valor é de 0,134, indicando que ela está menos sujeita a concentração de água em eventos de prolongada precipitação, com menor probabilidade que ocorra enchente.

Em referência ao coeficiente de compacidade, que é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área igual a da bacia, torna-se importante citar, que esse coeficiente é um valor adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho. Quanto mais irregular for a forma de uma bacia, maior será o coeficiente de compacidade e menor será o tempo de concentração de água na bacia. Já valores de compacidade próximos a 1, indicam que mais circular será a forma da bacia, podendo reter por mais tempo as águas pluviais nos períodos chuvosos, o que poderá ocasionar alagamentos.

O resultado do cálculo do coeficiente de compacidade da bacia do ribeirão Maringá, á partir da equação $K_c = 0,28 P/\sqrt{A}$, foi maior que 1 ($K_c = 1,34$). Esse resultado, associado ao fator forma (0,134), permitiu entender que a bacia possui um formato alongado, conferindo a mesma características de pouco risco de enchentes. No entanto, algumas questões que interferem na dinâmica ambiental da bacia devem ser consideradas, entre elas, a rápida resposta dos canais fluviais da bacia nos eventos pluviométricos. Estas rápidas respostas são verificadas no grande aumento da vazão de água nas redes de drenagem, frente aos eventos chuvosos. A maior

preocupação é que essas vazões se intensificam em volume e velocidade, em função do adensamento urbano que ocorre a montante da bacia no CI.

Quanto à forma dos canais, Biazin (2003) elaborou perfis longitudinais do córrego Romeira, Mandacarú e ribeirão Maringá (Figura 31) e concluiu que esses cursos d' água possuem a forma côncava, onde as maiores declividades se encontram na direção das nascentes, com suavização do gradiente em direção ao nível de base. Verificou que as áreas mais suscetíveis à erosão são as áreas de cabeceiras de drenagem da bacia, por terem maiores declividades.

A morfologia côncava e as maiores declividades nas áreas de nascentes dos cursos d' água, confirmadas da análise dos perfis longitudinais, permitiram entender que esses perfis são considerados típicos e que estão em equilíbrio. Entretanto, é preciso considerar os resultados da intervenção humana em certos segmentos dos canais, como a retirada de vegetação natural e o desvio do curso natural das drenagens. Essas intervenções podem ser responsáveis pela alteração do equilíbrio natural, pois desencadeia a erosão das margens e um maior transporte de sedimentos pelos rios.

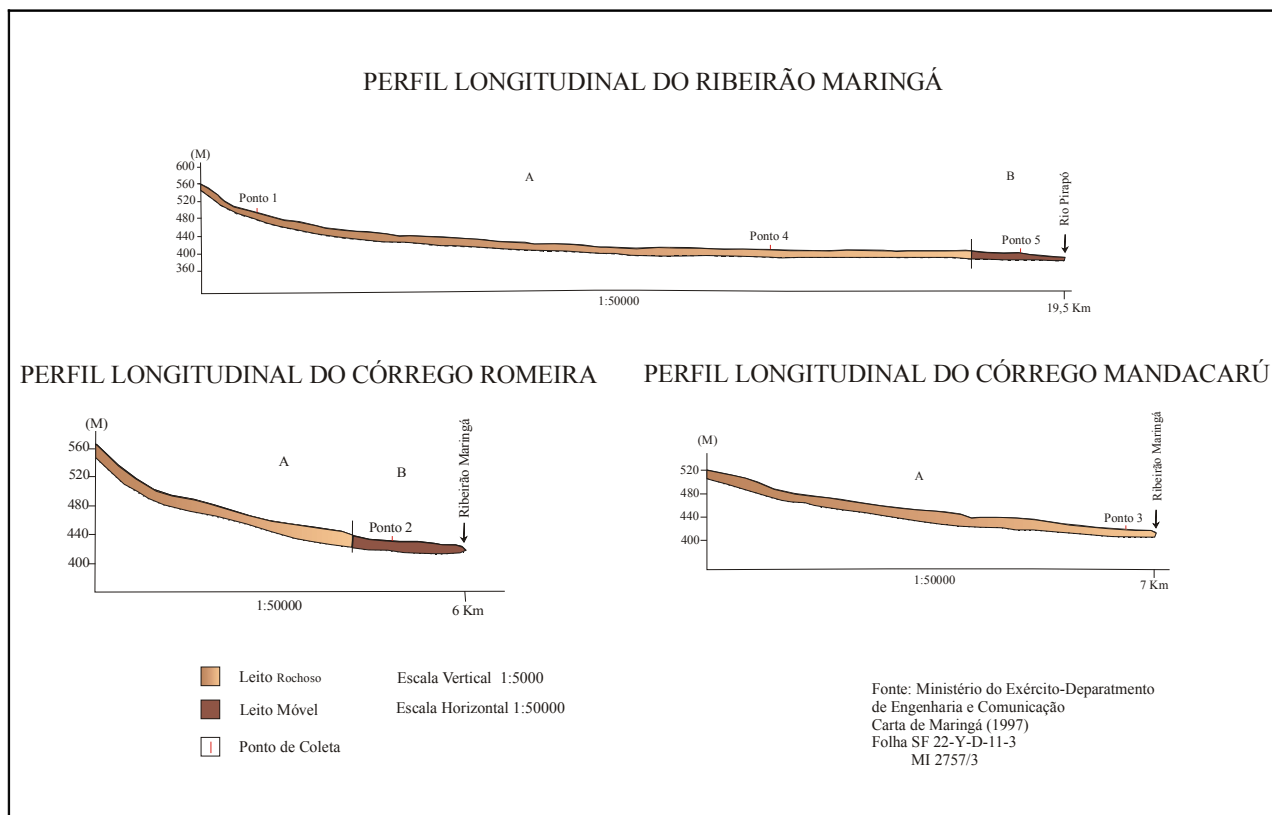


Figura 31. Perfis longitudinais da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá (BIAZIN, 2003)

7.3 Síntese do Balanço Hídrico

O cálculo do balanço hídrico auxilia nas pesquisas relacionadas à fragilidade ambiental, à medida que permite avaliar se houve um excedente ou *déficit* de chuvas em relação ao armazenamento de água do solo. A partir desse conhecimento, é possível entender o comportamento hidrológico dos solos de uma bacia hidrográfica. Quando há um excedente de chuvas, é possível analisar, para aquele período, se ocorreu uma boa taxa de infiltração, qual capacidade de armazenamento de água, umidade e o grau de saturação dos solos.

É necessário saber, que quanto mais saturado o solo estiver mais chances ocorrerão de haver escoamento superficial, e que ao contrário de excedente, o *déficit* hídrico pode causar a compactação dos solos, tornando os mesmos impermeáveis e com menos capacidade de infiltração, igualmente sujeitos, ao escoamento superficial da água pluvial. Esses processos conseqüentemente poderão causar danos aos solos em termos de carreamento de materiais das partes mais altas das vertentes para o leito dos rios, causando assoreamento das margens e surgimento de feições erosivas.

A interpretação de balanço hídrico é entendida por Ometto (1981), como a contabilidade de entrada e saída de água no solo que informa o ganho, perda e armazenamento da água. O ganho está relacionado com a precipitação pluviométrica, ou irrigação artificial que procura suprir o *déficit* hídrico.

Em relação à capacidade do solo em armazenar água, é importante entender que depende das características de cada solo (textura e estrutura). A perda acontece pela água que não conseguiu penetrar no solo devido à impermeabilização ou compactidade elevada do terreno, e pela evaporação ou evapotranspiração das plantas e do próprio solo.

Ao analisar a Figura 32, verifica-se que ocorre um excedente positivo de água no solo nos meses de abril a maio, já nos meses de junho, julho e agosto ocorre um *déficit*. Esse *déficit* abrange o mês de setembro e começo de outubro, a partir desse período começou ocorrer novamente um excedente. Já a análise da Figura 33, permitiu verificar que ocorreu um excedente apenas nos meses de janeiro e fevereiro, enquanto nos outros meses ocorreu um *déficit* hídrico.

Esse comportamento não interferiu de maneira significativa nos resultados das medidas de campo e de laboratório. Assim, o solo apresentou em campo características semelhantes nos dois períodos das coletas, onde os horizontes A e B de todos os perfis se encontravam com baixo teor de umidade nas verificações *in situ*.

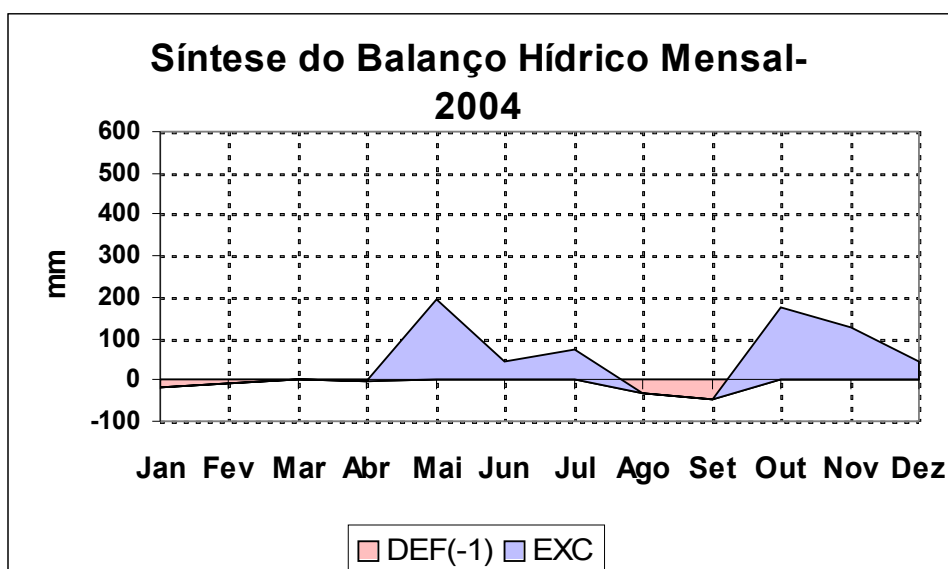


Figura 32. Gráfico de síntese do balanço hídrico mensal para região de Maringá (2004)

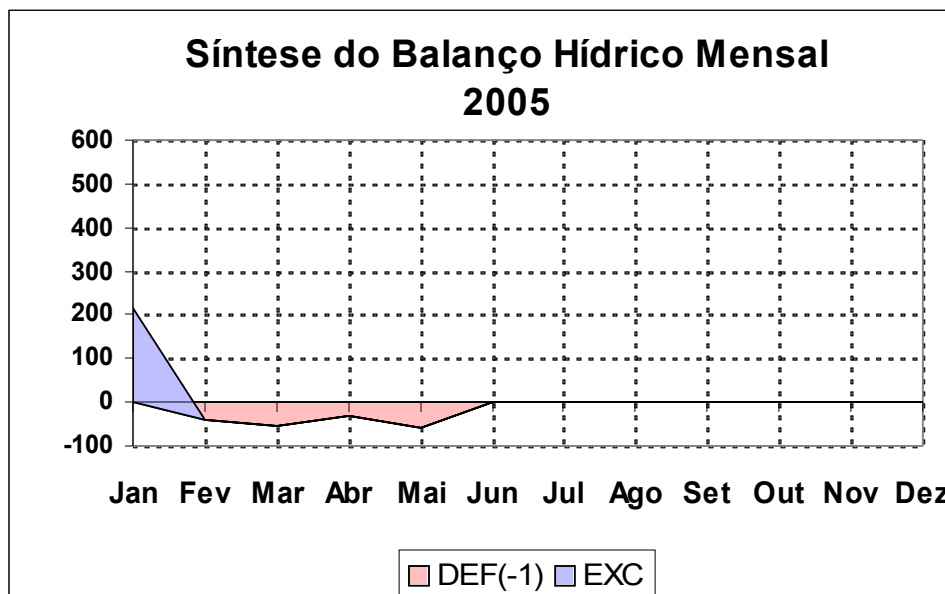


Figura 33. Gráfico de síntese do balanço hídrico mensal para região de Maringá (2005)

7.4 Descrição Morfológica dos Perfis de Solo da Topossequência Sítio Fenação

O conhecimento da transformação vertical e lateral dos tipos solos, por meio de descrições morfológicas, permite analisar as propriedades do solo e seu comportamento frente à dinâmica hidrológica. Dessa maneira, o estudo da distribuição dos tipos de solo em uma vertente, contribui para as análises de ambientes com grau de fragilidade diferenciada, à medida que, torna possível entender que solos de uma mesma vertente podem não apresentar os mesmos atributos como: textura, estrutura, consistência, porosidade etc. Portanto, não sendo passíveis do mesmo tipo de uso e ocupação.

O levantamento de uma topossequência serviu de base para as análises morfológicas e granulométricas do solo da bacia. O local, para a realização da topossequência, foi determinado em razão da forma da vertente se assemelhar com as da maioria da bacia (vertente longa e com

declividade baixa), e também para o conhecimento das propriedades morfológicas, principalmente a estrutura, em solos com diferentes tipos de uso, sendo que a topossequência apresentou uma área de floresta preservada no topo, uma área de cultivo de soja na média vertente e uma de planície de inundação com uso de pastagem no sopé.

A topossequência sítio Fenação iniciou-se no terço superior de uma vertente, localizada no CIII, próxima da confluência do ribeirão Maringá com o rio Pirapó (Figura 34). Apresenta aproximadamente 600m de comprimento, com declividade pouco expressiva e relevo suave a ondulado, com forma retilínea apresentando uma ligeira concavidade no terço inferior da média vertente, terminando em fundo chato.

Conforme a distribuição dos horizontes de solo apresentados na vertente e a partir das sondagens a trado e descrição morfológica dos horizontes dos solos das trincheiras, foi possível verificar que ao longo de toda a topossequência ocorre um horizonte superficial Ap, transformado por cultivos prolongados. Em apenas em um fragmento de floresta, no setor superior (TRI), verifica-se um horizonte HO (orgânico), com espessura aproximada de 10cm. Próximo da jusante, o horizonte Ap grada para um horizonte Bt que transiciona em profundidade e lateralmente para um horizonte B latossólico, próximo do sopé são verificados solos aluviais com presença de horizontes Bi e Bg. Desse modo, a distribuição pedológica da topossequência sítio Fenação forma um sistema Nitossolo Vermelho – Neossolo Flúvico aluvial.

O horizonte orgânico (TRI) se caracteriza pela presença de material vegetal mal e pouco decomposto, o que lhe imprime uma coloração bruno-avermelhada-escura (2.5YR3/4). A textura é argilosa, com estrutura em blocos subangulares médios e moderados, com boa agregação das partículas do solo, devido à elevada presença de raízes e tratos vegetais, a atividade biológica verificada é abundante, devido a serrapilheira.

A consistência desse horizonte apresenta-se pegajosa e não plástica. Verifica-se uma elevada presença de macro e micro poros e interagregados, e também a presença de poros tubulares de diâmetros variados 2mm a 9mm, associados às raízes.

O horizonte Ap (TRII) apresenta textura argilosa com estrutura, predominante, de blocos subangulares fracos, bem soltos e friáveis quando secos e com consistência pegajosa e ligeiramente plástica quando úmido. Quanto à cor, essa varia de bruno-avermelhada-escura 2.5YR 3/4 a vermelho escuro 2.5YR 3/6, nas partes altas e médias da vertente e marrom escuro 5YR 3/2 próximos à jusante.

A atividade biológica nesse horizonte foi comum (cupins, formigas etc.), as raízes se encontraram em grande número e fasciculadas na área de cultivo de soja, à jusante na área de pastagem (TRIII) se apresentaram mais abundantes, mais profundas e igualmente fasciculadas. A porosidade predominante no horizonte Ap da TRII foi à micro e macroporosidade, com presença de pedo-túbulos de poucos milímetros de diâmetro (1 a 3mm), derivados das raízes .

Na TRII, o horizonte Ap grada em profundidade para um horizonte Bt, com transição difusa a plana, passando para cor vermelho-escuro 2,5YR 3/6. A textura é a argilosa, com estrutura em blocos subangulares pequenos e moderados com presença de cerosidade incipiente nas faces da estrutura dos blocos, com rara presença de nódulos ferruginos de aproximadamente 2mm de diâmetro.

Devido à migração da argila, proveniente do horizonte superior, a consistência do horizonte Bt apresenta-se plástica e pegajosa, não foi verificada a presença de raízes em profundidade nesse horizonte e a atividade biológica encontrada foi comum, com presença de cupins e formigas. Quanto à porosidade, essa se apresenta em micro e macro poros e fissural, também com presença de poros tubulares de 1mm devido à atividade biológica.

Nesse mesmo perfil, o horizonte Bt transiciona de forma difusa e plana para um horizonte B latossólico A cor do horizonte B latossólico varia de bruno-avermelhado-escuro 2.5YR 3/4 a vermelho-escuro 2.5YR 3/6. A textura predominante é a argila pesada, com estrutura em microagregados, com boa comunicação entre os macro e micro poros, que se distribuem de maneira uniforme, apresentando aproximadamente de 2 a 5mm de diâmetro, verifica-se também algumas porosidades em forma de pedo-túbulos devido à atividade biológica (formigas) e das raízes.

À jusante da topossequência (TRIII), o horizonte Ap transiciona de forma clara e irregular para um horizonte Bi com características hidromórficas, formado por depósitos aluviais, proveniente da rede de drenagem da bacia. Esse horizonte apresenta textura areno argilosa e fraca expressão de estrutura, cor e consistência, devido à deposição de camadas dos materiais aluviais e das perturbações da atividade antrópica.

O horizonte Bi grada em profundidade de forma clara e irregular, para um horizonte Bg, composto por várias camadas gleizadas, variando em profundidade com cores bruno avermelhadas a bruno-amarelada e acinzentada 5YR4/4 e 10YR5/4. A mudança de cores ocorre devido a oxidação de compostos ferruginos.

A textura predominante nesse horizonte foi a argilo siltosa a franco siltosa com estrutura prismática e em blocos subangulares fracos, com significativa presença de nódulos ferruginosos de aproximadamente 1 a 3mm de diâmetro. A consistência se apresenta ligeiramente pegajosa e não plástica. Quanto aos poros, esses se apresentam em boa quantidade, variando de 1 a 4mm de diâmetro.

Os solos da jusante da toposseqüência sitio Fenação, ainda estão sujeitos a deposição de materiais provenientes da foz do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, pois na época de cheias a vazão da água do Pirapó ultrapassa seu limite de leito, contribuindo na extensão do alagamento da planície de inundação do ribeirão Maringá e o arraste de materiais do solo para o ribeirão.

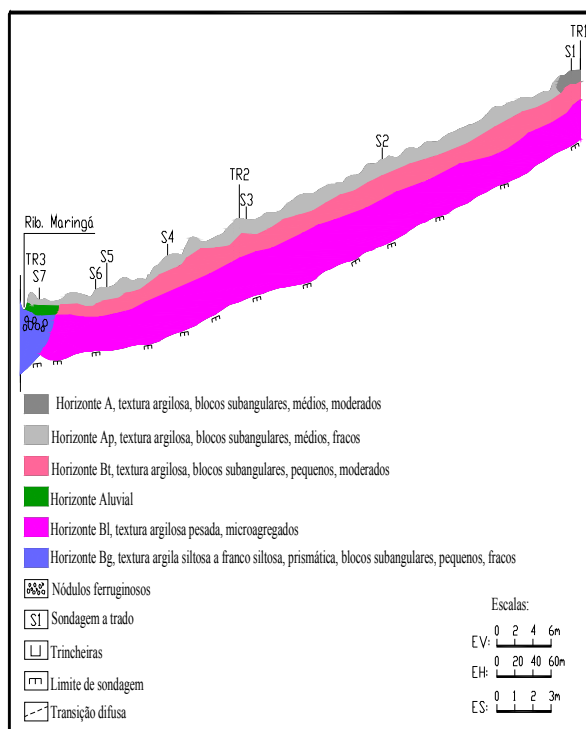


Figura 34. Toposequência sítio Fenação, com a distribuição dos diferentes tipos de solo da vertente

7.5 Análise Granulométrica e de Argila Natural dos Perfis de Solo da Toposequência Sítio Fenação

Os resultados de análises granulométricas dos perfis de solo da toposequência sítio Fenação (Figura 35) permitiram verificar a distribuição das frações granulométricas no perfil, bem como ao longo da vertente.

Na TRI, as concentrações de argila no horizonte A alcançam valores entorno de 50%, mantendo essas concentrações até a profundidade de 30cm, quando apresentam um aumento, atingindo 66% na profundidade de 80cm e mais de 75% ao atingir o horizonte B latossólico.

O silte fino e o silte grosso apresentam valores de 25% e 15% respectivamente nos horizontes superficiais, sendo verificado um pequeno acréscimo do silte fino na profundidade de 40cm, mantendo a porcentagem de aproximadamente 5% após a profundidade de 80cm, quando ocorre um acréscimo da fração argila, já o silte grosso apresenta uma estabilidade até 110cm, com pequena redução em profundidade, também, em detrimento do aumento de argila. Nesse perfil registrou-se uma baixa porcentagem tanto de areia fina como grossa, que atingiram os valores acumulados de aproximadamente 5%, mantendo essa média em todo o perfil.

Na trincheira II, localizada sob cultivo de soja, a fração argila atingiu a porcentagem de aproximadamente 55% no horizonte Ap com uma significativa migração desse material para horizontes Bt (até 140cm), onde se registrou uma porcentagem de 76%.

O silte fino e grosso foram registrados com a média de porcentagem aproximada de 35% nos horizontes Ap, com redução dessa porcentagem em profundidade onde há um aumento da fração argila. A areia fina e grossa atingiram a porcentagem acumulada de 7% em toda profundidade desse perfil.

No perfil da TRIII, a fração argila atingiu a porcentagem de 50% no horizonte Ap, com um pequeno incremento no horizonte Bi e redução em profundidade no horizonte Bg .

O silte fino apresentou a média de 20% no horizonte superficial Ap, mantendo praticamente essa concentração no perfil, enquanto que o silte grosso apresenta concentrações de 20% em todos os horizontes do perfil. A fração areia fina e grossa foi registrada em pequena porcentagem em todo o perfil com média de 8,3%.

Na topossequência, verifica-se uma migração da fração argila dos horizontes superficiais para o subsuperficial, do topo até o terço inferior. No final da vertente, quando o Nitossolo grada para solos aluviais, há uma redução dos teores de argila no perfil.

O silte fino e o silte grosso mantêm, aproximadamente, as mesmas concentrações ao longo do setor superior até o terço inferior da vertente, onde ocorre um aumento significativo a jusante. Quanto à fração areia fina e areia grossa, essas praticamente se distribuíram em igual proporção ao longo de toda topossequência.

Em relação à análise da argila natural das trincheiras I e II (Figura 35), os resultados evidenciaram uma porcentagem de mais de 20% de argila dispersa nos horizontes superficiais, ocorrendo um aumento da dispersão desse material até a profundidade de 40 a 140cm. Após essa

profundidade, onde a estrutura do solo se apresenta em microagregados, a argila se encontra estável, não apresentando mobilidade.

Na trincheira III, verifica-se a dispersão da argila em todo o perfil, apresentando valores em torno de 20% em todas os horizontes analisados. Esse comportamento de mobilidade da argila, ocorre devido esse perfil se localizar à jusante do ribeirão Maringá, ficando saturado por alguns períodos. Isso promove a redução de óxidos de ferro, desestabilizando os agregados argilosos, favorecendo a dispersão da argila.

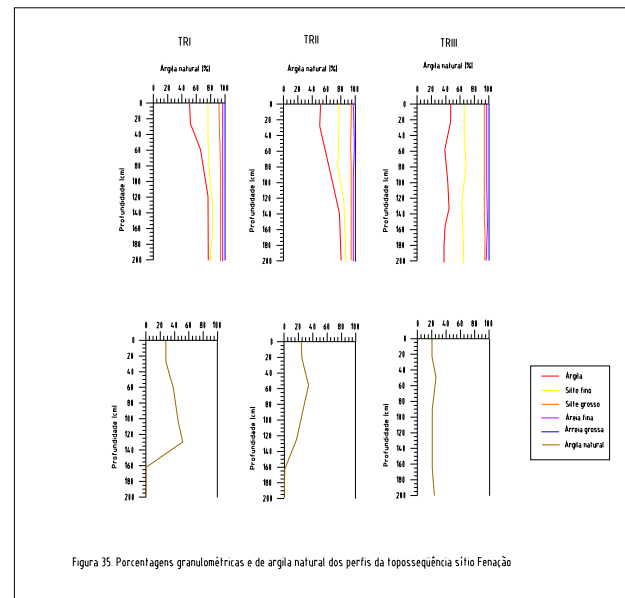


Figura 35. Percentagens granulométricas e de argila natural dos perfis da toposequência sítio Fenação

7.6 Descrição Morfológica dos Perfis de Solo

A descrição morfológica dos perfis, localizados na carta base permitiu avaliar que os atributos encontrados nos horizontes se diferenciam em relação aos diferentes tipos de solo e a posição dos mesmos na vertente.

O perfil 1, localizado no Latossolo Vermelho de textura média, formado a partir da decomposição do Arenito Caiuá, apresenta textura arenosa nos horizontes Ap e A, gradando de forma difusa e plana para um horizonte de textura argilo arenosa em profundidade. A estrutura dos horizontes superficiais se apresenta em blocos subangulares, pequenos e fracos, enquanto nos horizontes profundos Bw, a estrutura se apresenta granular pequena, fraca e em microagregados.

A cor predominante nos primeiros 31cm de profundidade foi vermelha 2.5YR4/6, após essa profundidade a cor variou de marrom-avermelhado 5YR3/2 a marrom-avermelhado-escuro 5YR3/4. Devido à textura arenosa, a consistência dos horizontes superficiais foi não pegajosa e não plástica. Nos horizontes Bw com maior teor de argila, a consistência se apresenta ligeiramente pegajosa e não plástica.

A porosidade verificada foi à macro e micro porosidade, interagregados e a tubular nos horizontes superficiais em decorrência da atividade das raízes do cultivo de soja, e das formigas, com tubos alcançando o diâmetro aproximado de 3mm.

O perfil 2, localizado na área de solos derivados do basalto, tipo Nitossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico e com uso de pastagem, apresenta textura argilosa em todo perfil. A estrutura predominante, verificada do horizonte A até o Bt2, foi a em blocos angulares a subangulares, pequenos a médios e moderados, com presença de cerosidade incipiente nas faces dos blocos. No horizonte B latossólico, a estrutura apresenta-se granular e microagregada.

A transição de um horizonte para outro ocorreu de forma difusa e plana, com cor predominante bruno-avermelhada-escura 2.5YR3/4 nos horizontes Ap e A, e variando em profundidade de bruno-avermelhada-escura 2.5YR3/4 a vermelho-escuro 2.5YR3/6. A consistência dos horizontes superficiais foi pegajosa e não plástica, gradando em profundidade para pegajosa e plástica.

A porosidade foi verificada em menor número nos horizontes superficiais que demonstrou uma certa compactação, ocorrendo em forma de macro e micro poros e fissural. Em alguns volumes, tubular, devido à ação das raízes fasciculadas das gramíneas. No horizonte Bt, o solo

apresenta um maior número de poros, também em forma de fissuras e macro e micro poros, com diâmetros variando de 1 a 6mm. No horizonte Bl, verifica-se o predomínio de uma grande quantidade micro poros, atingindo o diâmetro de 1 a 2mm, com boa comunicação entre os grãos. A atividade biológica registrada nesse perfil foi comum, com presença de carvão vegetal em alguns pontos no horizonte.

O perfil 3, com o mesmo tipo de solo e uso que o perfil 2, mas localizado a leste do CII, onde as vertentes são mais inclinadas, apresentou textura argilosa do horizonte Ap até o B latossólico. A estrutura predominante foi a de blocos angulares pequenos e moderados, com presença de cerosidade incipiente nas faces dos blocos. No horizonte B latossólico, a estrutura variou de granular a microagregada.

A cor, predominante nos horizontes superficiais, foi a bruno-avermelhada-escura 2.5YR3/4, gradando para vermelho-escura 2.5YR3/6 nos horizontes Bt e Bl. A passagem dos horizontes apresentou-se de forma difusa e plana. Devido à textura argilosa em todos os horizontes, a consistência se apresentou pegajosa e plástica ao longo de todo perfil, exceto no horizonte Ap, onde a consistência foi pegajosa e não plástica.

Os horizontes superficiais Ap e A, apesar de apresentarem um grande número de raízes fasciculadas, mostram-se compactados, provavelmente devido ao pisoteio do gado. Essa característica contribuiu para um menor número poros em relação aos dos horizontes mais profundos. Dessa maneira, a porosidade, verificada nos horizontes superficiais, apresentam-se em forma de macro e micro poros e fissural, também com túbulos de diâmetro milimétricos (1 a 2mm) provenientes das raízes. Nos horizontes Bt, verifica-se a presença de fissuras e macro e micro poros de aproximadamente 2 a 6mm, o horizonte Bl apresenta abundância de micro poros, também com uma boa comunicação entre os grãos.

O perfil 4, sob o Gleissolo, com uso de gramíneas, apresenta características morfológicas distintas em profundidade, por se localizar em uma área de solos rasos e estar sujeito à elevação do lençol freático. Os horizontes superficiais Ap e A apresentaram pequena espessura (0-25cm), transicionando de forma clara e irregular para um horizonte saturado Bg.

A textura, predominante em todo perfil, foi a argilosa, mas com consistência ligeiramente pegajosa e não plástica em todos horizontes, devido a presença de nódulos ferruginosos de aproximadamente 2 a 5mm de diâmetro. Esse fator contribuiu para desestabilização dos

agregados, onde a estrutura apresenta-se friável em blocos subangulares pequenos e fracos nos horizontes Ap e A, e subangular, pequena e fraca a laminar nos horizontes Bg.

O horizonte superficial Ap apresenta cor bruno-avermelhada 2.5YR 2.5/4 e os horizontes Bg apresentaram cores bruno-avermelhadas a bruno-amarelada-acinzentada, 5YR4/4 e 10YR5/4, devido à oscilação do lençol freático, que possibilitou a oxiredução do ferro.

Foi verificada a presença de poucas raízes, já que o uso atual de gramíneas que se encontrava em estágio inicial. A atividade biológica apresenta-se abundante, com presença de minhocas, formigas etc.

Quanto à porosidade, foi verificada a presença de macro poros, cavidades formadas pelas minhocas e vazios entre a massa de solo e os nódulos ferruginosos.

Localizado à montante da pedreira da Prefeitura Municipal de Maringá, sob um solo raso (Cambissolo), com presença de gramíneas de maior porte, o solo do perfil 5, apresenta textura argilosa em todos os horizontes, exceto no horizonte C, onde a textura verificada é a argilo siltosa na massa de solo entre a rocha semi intemperizada. A estrutura dos horizontes Ap e A se apresenta em blocos subangulares a granular pequena e moderada, já a do horizonte Bi se assemelhou com a estrutura dos latossolos, granular a microagregada, entretanto com grande desestabilidade entre os grãos, que se apresentaram bem soltos e friáveis. No horizonte C, a estrutura da massa do solo, também, apresenta-se desestabilizada muito friável, e a alterita apresenta-se maciça.

A transição de um horizonte para outro ocorre de forma difusa e plana, com exceção da passagem do horizonte Bi para o C, onde a transição apresenta-se clara e plana. A consistência se manteve ligeiramente pegajosa e não plástica em todo o perfil. A cor varia em profundidade de marrom-avermelhada a vermelho-escuro, 2.5YR3/4 a 2.5YR3/6, exceto no horizonte C que a cor do solo foi 2.5YR 2.55/2 e da alterita acinzentada 5YR6/1.

Nesse perfil, foram verificadas porosidades fissurais, no entanto, os poros, predominantes em todas profundidades, foram os micro poros com aproximadamente 2mm de diâmetro. A atividade biológica verificada foi comum e ausente no horizonte C. Quanto à presença de raízes, foram verificadas apenas no horizonte A, em pouco número e fasciculadas.

As descrições morfológicas do perfil 6 foram realizadas em uma área de topo no CI, em solo profundo e bem desenvolvido pedogeneticamente (Latosolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico), sob uso de cultura de trigo. Os solos desse perfil apresentam textura argilosa em

todos os horizontes e estrutura granular pequena e forte nos horizontes Ap e A, e microagregada nos horizontes Bw.

Os horizontes transicionam em profundidade de forma difusa e plana, com cor predominante de marrom-avermelhada 2.5YR3/4 em superfície, e vermelho-escura 2.5YR3/6 em profundidade. Somente o horizonte superficial Ap apresenta consistência pegajosa e não plástica, já os horizontes subjacentes apresentam consistência pegajosa e plástica.

A porosidade apresenta-se de forma abundante em todo o perfil na forma de macro e micro poros com boa comunicação entre os grãos. No horizonte Ap verifica-se a presença de poros tubulares inferiores a 1mm, originados das poucas raízes fasciculadas. A atividade biológica encontrada foi comum com presença de formigas e cupins. Em alguns pontos dos horizontes Bw, verifica-se a presença de carvão mineral.

O perfil 7 se localizou na mesma área da Trincheira I da topossequência sitio Fenação. Essa medida foi tomada com a intenção de se realizar os testes e medidas de campo em uma área de fragmento de floresta Estacional Semidecidual, e utilizar os dados da descrição morfológica dos horizontes do solo do perfil da trincheira. A Figura 36 esquematiza o uso e a distribuição em profundidade dos horizontes do solo dos perfis.

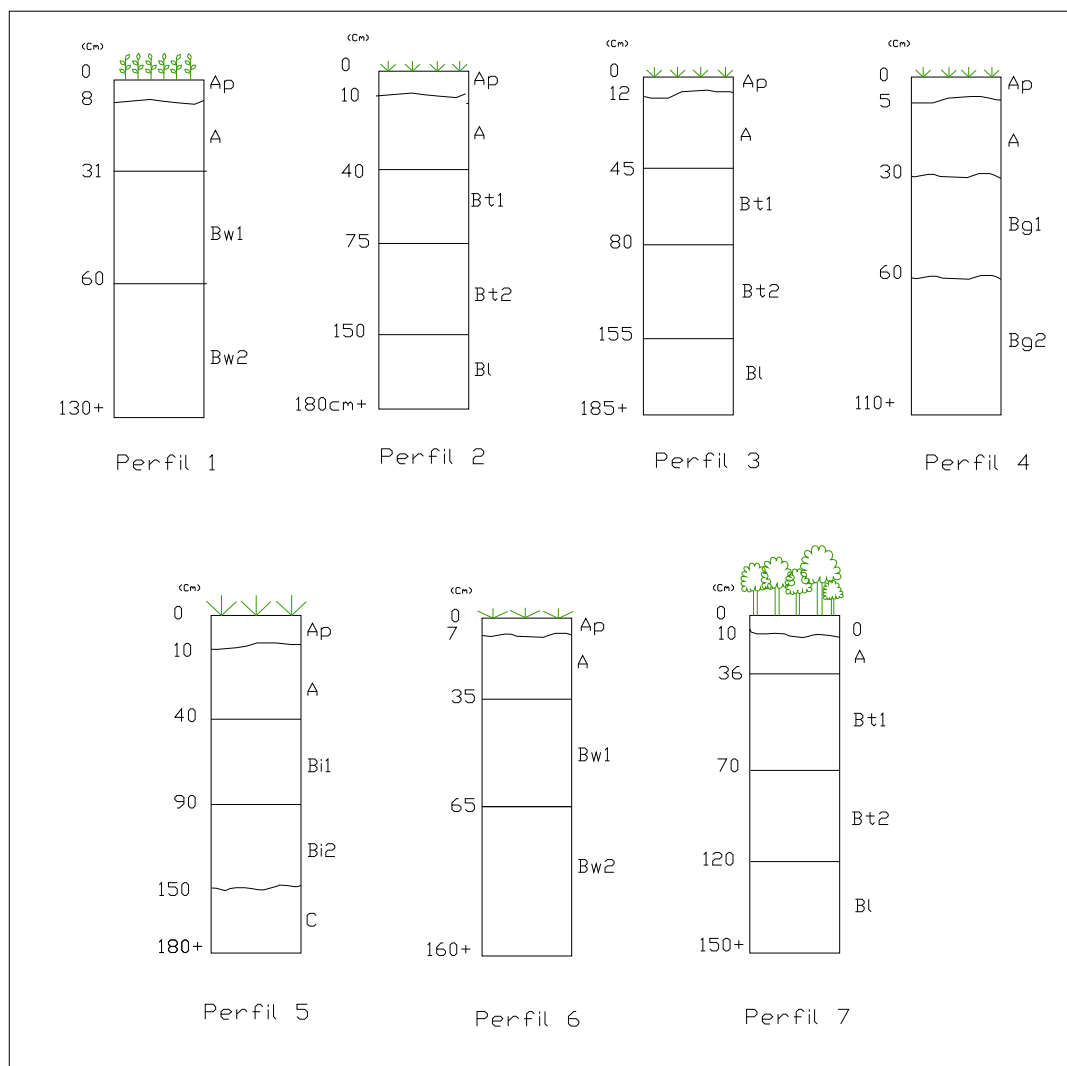


Figura 36. Perfis esquemáticos dos pontos de análise da área de estudo

7.7 Análise Granulométrica e de Argila Natural dos Perfis

A análise da Figura 37 permitiu confirmar a textura, verificada em campo, e auxiliar na classificação dos solos da bacia.

O perfil 1 apresenta um teor elevado de areia fina (61,8 %) com pequena redução em profundidade. A areia grossa apresenta 10 % em superfície, com redução de 2% nos horizontes mais profundos. Devido à textura predominante arenosa o teor de argila apresenta-se baixo em relação aos outros perfis com porcentagem de 19% nos horizontes superficiais e nos horizontes Bw 25,4%. Os teores de silte foram baixos em todo perfil com média de 5 %. Esses solos, com

maior fração de areia, apesar de apresentarem uma estrutura blocos de boa a moderada, apresentam uma maior tendência aos processos erosivos, à medida que, as partículas de areia não têm a mesma característica de agregação que as partículas dos solos argilosos.

O perfil 2, localizado na parte média superior de uma vertente a oeste do CII, apresenta um alto teor de fração argila nos horizontes Ap e A (65 a 69,3%) com um aumento dessa fração nos horizontes Bt e B latossólico. O silte fino, esse apresenta a porcentagem em torno de 10% nos horizontes superficiais, ocorrendo uma significativa redução nos horizontes Bt e Bl. O silte grosso não apresenta variações em profundidade, permanecendo com a média de 9% em todo o perfil.

A areia fina e areia grossa apresentam as porcentagens aproximadas de 9,1% e 3,5, respectivamente, em todo o perfil. Quanto O perfil 3, com mesmo tipo de solo que o perfil 2, mas localizando na parte média inferior da vertente no setor leste do CII, onde o grau de inclinação do terreno é mais acentuado, apresenta concentrações de argila um pouco mais elevada que o perfil 2, provavelmente devido dinâmica hidrológica, que no terreno mais inclinado favoreceu a migração desse material das partes mais altas da vertente para as mais baixas.

Nos horizontes superficiais Ap e A, os teores de argila alcançam valores de 75%, com aumento nos horizontes Bt e pequena redução no horizonte Bl. As frações silte fino e grosso apresentam valores em torno de 10% nos horizontes superficiais, com redução desse valor em profundidade, atingindo a porcentagem de 8,5%, quando há um acréscimo da fração argila.

Areia fina se distribuiu ao longo do perfil com teores variando de 4 a 8% em profundidade, já a areia grossa apresenta porcentagens muito baixas em todos os horizontes, com média de 1%.

Os solos do perfil 4 apresentam um teor elevado de fração areia grossa para solos derivados do basalto, com total de 10,30% no horizonte A e 9% nos horizontes Bg. Na realidade, esses valores não podem ser atribuídos para essa fração, pois esse solo apresenta uma alta porcentagem de nódulos ferruginosos, que mesmo destorroados e submetidos aos processos de dispersão de partículas, apresentaram granulometria compatível a das areias.

Em relação ao teor de argila, ocorre um acréscimo do horizonte Ap para o Bg1, onde até a profundidade de 30cm essa fração permanece com 55%, a partir dessa profundidade essa fração atinge a porcentagem de aproximadamente 70% em todo o perfil. O silte fino apresenta a porcentagem de 12% nos horizontes superficiais, com redução aproximada de 2% em

profundidade. O silte grosso apresenta um teor significativamente mais elevado nos horizontes superficiais, em relação aos de maior profundidade com média de 13,6% e 5%, respectivamente.

No perfil 5, localizado também no CII, a montante da pedreira municipal, verifica-se uma maior porcentagem de argila nos horizontes Ap e A com média de 73%, apresentando redução dessa fração nos horizontes Bi. As frações silte grosso e fino apresentaram um pequeno acréscimo em profundidade, principalmente próximo ao horizonte C, onde a textura do solo se apresentou argilo siltosa. Quanto às frações areia grossa e fina, apresentam baixa porcentagem ao longo de todo perfil, com média de 4,5% para a areia fina e 3,5% para a areia grossa.

O perfil 6, sob o Latossolo Vermelho de textura argilosa, apresenta um alto teor de argila em todos os horizontes, com média de 75%. Nos horizontes superficiais, o silte fino apresenta a porcentagem de 13%, com pequeno aumento de teor em profundidade, atingindo a porcentagem média de 17%; o silte grosso manteve a porcentagem aproximada de 10% em todo o perfil. Nesse perfil as areias apresentam valores reduzidos com média de 3% para areia fina e menos de 5% para a areia grossa, até a profundidade de 25cm, onde ocorre uma redução dessas frações no restante do perfil.

No perfil 7, a porcentagem de argila atingiu a média de 55% no horizontes Ap, aproximadamente até 25cm, a partir do horizonte A ocorre um acréscimo desse material atingindo a porcentagem de 75% nos horizontes subjacentes Bt e Bl. O silte fino e grosso, apresentam porcentagens elevadas nos horizontes Ap e A, aproximadamente 23% e 15% respectivamente, ocorrendo uma significativa redução em profundidade, quando ocorre um aumento da fração argila. Quanto à fração areia fina, os valores apresentam porcentagem em torno de 5% até a profundidade de 45 cm, com redução no restante do perfil. A areia grossa apresenta-se com valores em torno de 5% em todos os horizontes do perfil.

Em relação à porcentagem de argila dispersa (Figura 38), o perfil 2, 3, e 7 alcançaram valores bem superiores aos do perfil 1, 5 e 6, caracterizando um comportamento típico dos solos que possuem horizonte B textural. Nesses perfis constata-se, um aumento de dispersão da argila em torno de 50% até os horizontes Bt, quando ocorre a estabilidade da mesma ao atingir o horizonte Bl. O processo mais acentuado de mobilidade da argila no horizonte diagnóstico (Bt), deve-se ao grau de flocculação da argila, que é menos expressivo onde a natureza coloidal do material do solo a torna suscetível de mobilidade com a ação da água. Esse processo é relevante, principalmente, nos horizontes superficiais e subsuperficiais, pois se encontram em contato mais

direto com as condições atmosféricas, estando sujeitos a processos físicos e químicos que contribuem na dissolução e mobilidade da argila (EMBRAPA, 1999).

Cabe lembrar que o perfil 4 (Gleissolo), também, apresentou uma alta porcentagem de argila dispersa em todos os horizontes (superior a 40%). O comportamento da argila natural nesse perfil ocorre em detrimento desse solo estar sujeito às oscilações do lençol freático, onde a água facilita a percolação da argila em todos os horizontes.

Nas áreas de Latossolo vermelho de textura média (perfil 1), a porcentagem de argila dispersa é baixa em todos os horizontes, média de 6%, com um pequeno aumento na profundidade de 45 cm.

O perfil 5, na área de Cambissolo, apresenta uma mobilidade constante de 17% ao longo de todo perfil, sem atingir estabilidade em profundidade. Essa característica está relacionada com a estrutura instável dos agregados do solo desse perfil, associada à exposição do mesmo, as intempéries.

No perfil 6, no Latossolo Vermelhos de textura argilosa, a porcentagem de argila atingiu 5% até os primeiros 20cm, com redução dessa porcentagem em torno de 2% em todo o perfil. A estrutura em microagregados nessa área torna as argilas mais estáveis, com maior agregação e coesão entre as partículas do solo, o que possibilita sua maior resistência à mobilidade na presença de água.

A mobilidade da argila no solo, se torna importante nos estudos de fragilidade ambiental, à medida que permite estabelecer áreas, onde o manejo agrícola deve ser mais criterioso, pois, ao revolver o solo pra o plantio sem técnicas adequadas, corre-se o risco da perda de uma maior quantidade desse mineral, que se torna mais desestabilizado, podendo ser carregado para as partes mais baixas das vertentes e leito dos rios. Cabe lembrar que junto com argila dispersa, pode se mobilizar, também, os nutrientes do solo, causando empobrecimento da fertilidade natural do solo.

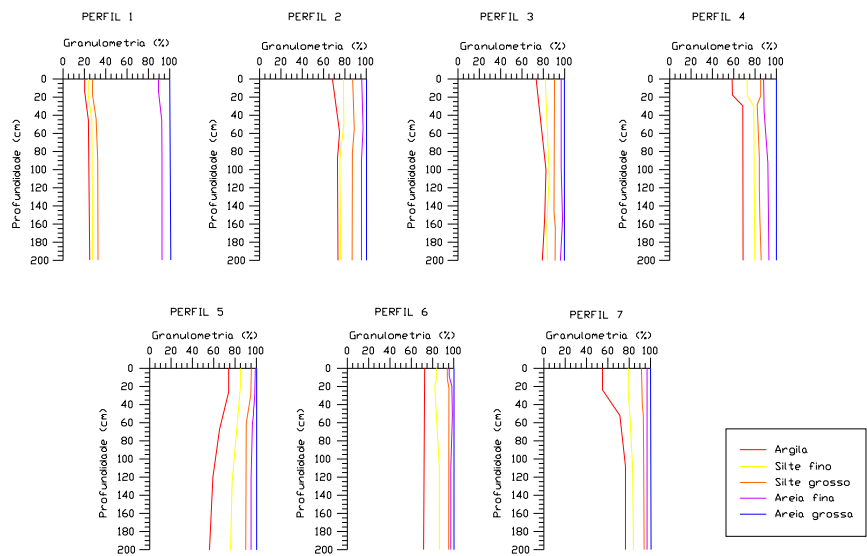


Figura 37. Porcentagens granulométricas dos perfis de solo da bacia do ribeirão Maringá

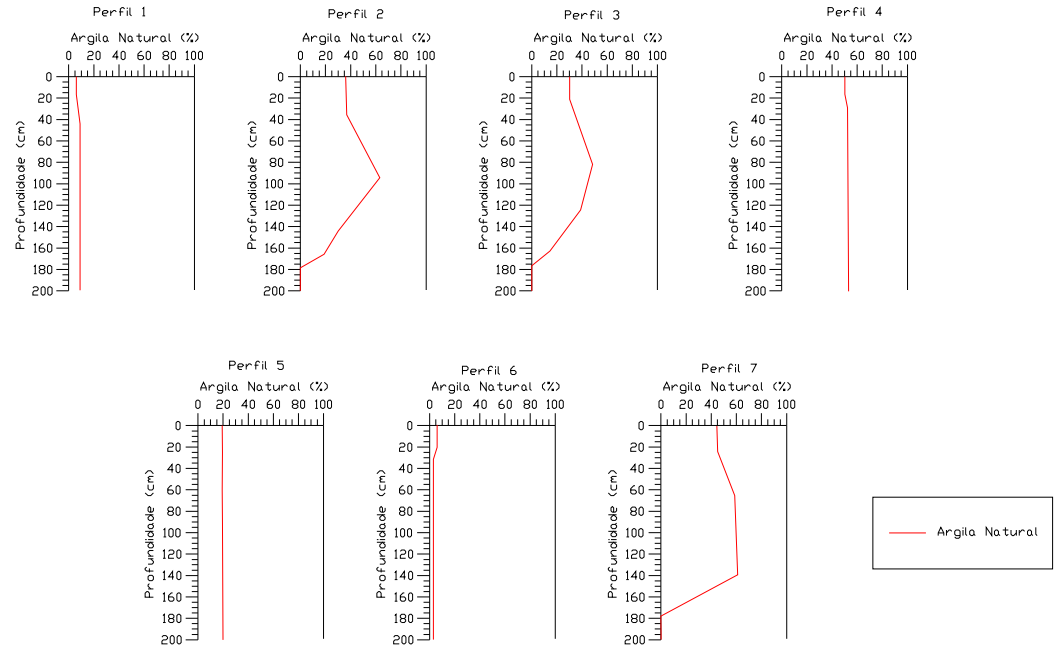


Figura 38. Porcentagens de argila natural dos perfis de solo da bacia

7.8 Ensaio de Teor de Umidade

O teor de umidade de um solo interfere nas taxas infiltração de água, à medida que quanto mais elevada a umidade no início da precipitação, mais rapidamente a capacidade de infiltração é atingida e o escoamento superficial ocorre mais rapidamente, assim as condições de umidade e de infiltração de água, também, exercem influência no potencial de erodibilidade (PEJON, 1992).

Beltrame et al. (1981) argumentam que o excesso de umidade de um solo deve ser levado em consideração ao ser realizado o preparo para o plantio, pois essa condição pode causar a compactação, reduzindo as taxas de infiltração, aumentando o volume de escoamento superficial, principalmente se as declividades forem acentuadas.

A partir dos resultados, foi constatado um menor teor de umidade no perfil 1, na área do Latossolo Vermelho de textura média, onde o horizonte A atingiu a porcentagem de 12,3 % e o horizonte B, a média de 13,13%. A porcentagem mais baixa dos teores de umidade desse perfil em relação aos outros, ocorreu devido à textura arenosa do solo, que possui menor capacidade de retenção de água. Nesse perfil deve-se considerar também o tipo de uso do solo, que no período da coleta era de cultivo de soja em estágio inicial, assim boa parte da cobertura pedológica estava desprotegida de vegetação, recebendo uma maior insolação, o que refletiu na menor porcentagem do teor de umidade.

Nos solos derivados do basalto do tipo Nitossolo, perfil 2 e 3, sob o uso de pastagem, o teor de umidade apresentou porcentagens mais elevadas entre 30% a 40%. Esses valores confirmam que os solos argilosos possuem uma maior capacidade de retenção de umidade, devido a sua composição e textura, considerando também o uso de gramíneas que colabora com a proteção de cobertura pedológica, atenuando a irradiação solar, aumentando a capacidade de estabilizar os agregados com suas raízes fasciculadas e diminuindo também os efeitos da evaporação da água do solo.

No perfil 4, localizado em área de solos gleizados, sob a influência da elevação do lençol freático, a mudança de tipo de solo influenciou, consideravelmente, o teor de umidade verificado *in situ* e em laboratório, sendo que o horizonte B deste solo, por estar em uma profundidade que se apresentava mais úmida em campo, atingiu uma maior porcentagem do teor de umidade (43%), enquanto o horizonte superficial A apresentou um teor de 28,7%.

O perfil 5, localizado a montante da pedreira municipal, não apresentou uma grande variação de teor de umidade do horizonte A para o B, com teores de 30,6% e 31%,

respectivamente, no momento da coleta, esse perfil estava sobre o uso de gramíneas, em um talude, onde foi possível verificar a presença de rochas alteradas abaixo do horizonte Bi.

O perfil 6, localizado em uma área de topo, apresentou teor de umidade mais elevado que a do perfil 5 (33,5 no horizonte A e 40,6 no horizonte B). Esse aumento pode ter ocorrido devido à textura argilosa desse perfil, que permite uma boa coesão entre os grãos com maior capacidade de retenção de umidade e também ao uso do solo que estava protegido pela cultura de trigo.

O perfil 7, localizado em uma área de fragmento de floresta, apresentou teor de umidade mais baixo que os outros perfis de solo originados do basalto. No horizonte A, atingiu a porcentagem de 26,5 % e no horizonte B de 28,6%. Esses teores mais baixos podem ter ocorrido, provavelmente, devido à retirada de água do solo pelas raízes das plantas.

Em relação ao teor de umidade em profundidade, todos os perfis apresentaram um aumento de porcentagem nos horizontes B, devido esses horizontes se encontrarem mais protegidos das intempéries e de ser menos revolvido, devido o uso. Para uma melhor compreensão, os resultados em porcentagens desse ensaio podem ser verificados na Tabela 4.

O conhecimento do teor de umidade, das amostras do solo dos perfis, auxiliou nas análises de índice de erodibilidade, e permitiram entender que a porcentagem de umidade de um solo influencia, no comportamento hídrico de uma bacia, já que solos, com maior teor de umidade, estão sujeitos a rápida saturação de água pluvial, podendo influenciar no escoamento superficial que se torna mais intenso.

Solos, com teores de umidade mais baixo em campo, podem ter uma maior infiltração, no entanto, nos solos arenosos, devido à porosidade é preciso considerar a rápida infiltração que também pode resultar em um menor tempo de saturação, onde o escoamento superficial nesses solos é mais impactante, pois promove com maior intensidade o arraste de partículas do solo.

Tabela 4. porcentagem do teor de umidade das amostras de solo dos perfis de solo da bacia do ribeirão Maringá

Identificação	Localização Compartimento	Tipo de solo	Uso do solo	(%) teor de umidade nos horizontes A e B
Perfil 1	C I	Latossolo vermelho de textura média*	Soja	HA-12,3 HB-13,3
Perfil 2	C II	Nitossolo Vermelho*	Pastagem	HA-29,9 HB-33
Perfil 3	CII	Nitossolo Vermelho*	Pastagem	HA-32,6 HB-40,4
Perfil 4	CII	Gleissolo	Gramínea	HA-28,7 HB-43
Perfil 5	CII	Cambissolo	Gramínea	HA-32,6 HB-43
Perfil 6	CI	Latossolo Vermelho textura argilosa*	Trigo	HA-33,5 HB-34,6
Perfil 7	CIII	Nitossolo Vermelho*	Floresta	HA-26,5 HB-28,6

*Os Nitossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos presentes na tabela podem ser considerados de acordo com a EMBRAPA (1999), como distroféricos e/ou eutroféricos

7.9 Ensaios de Infiltração *in situ*

Os solos da área de estudos apresentam, por serem predominantemente argilosos, uma capacidade significativa de impermeabilidade, devido à incomunicabilidade dos poros e a grande plasticidade. A permeabilidade é a capacidade que o solo tem de deixar passar água e ar através do seu perfil e está diretamente relacionada com os tamanhos das partículas, volume e distribuição dos poros em profundidade. O conhecimento dessa propriedade física do solo é de grande importância para o estabelecimento de práticas conservacionistas (BERTONI e LOMBARDI NETO 1990)

Além desses fatores, Martins (2000) destaca que existem muitos outros que intervêm no processo de infiltração de água no solo, onde os mais importantes são: o tipo do solo, a altura de retenção superficial e espessura da camada saturada, grau de umidade antecedente do solo, ação das gotas da chuva sobre o solo, a compactação devido ao pisoteio de animais e uso da terra pelo

homem, microestrutura do terreno, forma das vertentes, cobertura vegetal, temperatura e aeração. Esses fatores determinam as diferenciações no comportamento e capacidade do processo de infiltração.

Os ensaios de infiltração nos solos da bacia do ribeirão Maringá avaliaram a quantidade em relação ao tempo que a água levou para se infiltrar nos perfis, localizados em todos os compartimentos.

Após o ensaio, verificou-se que a variação do volume de água infiltrada foi relevante do solo arenoso (perfil 1) para o solo argiloso (perfil 2, 3, 5, 6 e 7), e que embora, os perfis 2 e 3 apresentassem características pedológicas, morfológicas e uso similares o comportamento da curva de infiltração apresentou uma variação significativa. É importante enfatizar que a taxa de infiltração dos solos do perfil 4, (solos com horizonte Bg), apresentou uma porcentagem semelhante à da taxa de infiltração Latossolo Vermelho de textura média (perfil 1), onde a porosidade e estrutura dos horizontes (porcentagem alta de nódulos de concreção ferruginosa) permitiram um alto índice de infiltração nos primeiros minutos do ensaio.

Verificou-se que no perfil 7, as condições de preservação das áreas com mata refletem diretamente no comportamento da infiltração, pois nessa área que se apresenta florestada, o volume de água infiltrada foi muito superior à área agrícola e com pastagem (Figura 39).

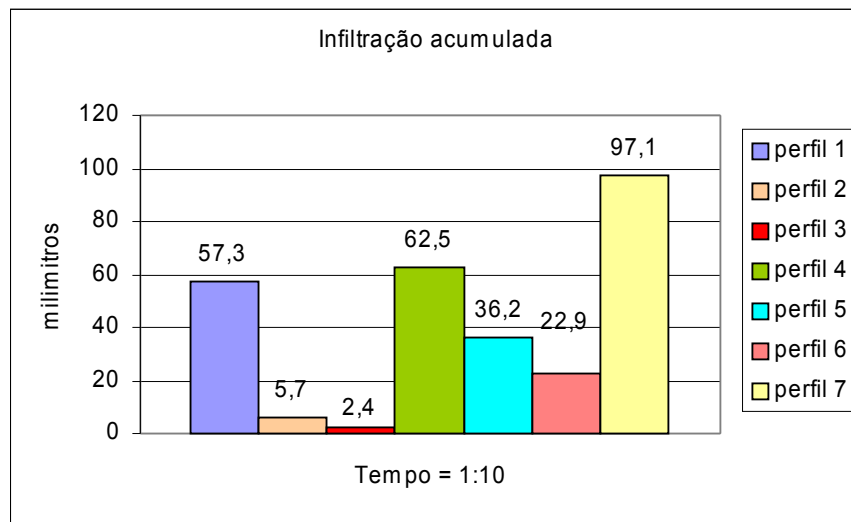


Figura 39. Infiltração acumulada dos perfis de solo da bacia do ribeirão Maringá

7.9.1 Curva de infiltração do perfil 1

O ensaio, com infiltrômetro nessa área, confirmou a maior capacidade de infiltração de água dos solos arenosos em relação aos argilosos. A partir da Figura 40, verifica-se que distribuição dos volumes infiltrados apresenta-se mais equilibrada em relação às demais áreas, com valores entre 6,9 a 6,2 mm do 5 minutos até os 15 minutos, mantendo-se entre 5,9 a 3,0 mm dos 20 minutos até os 50 minutos e se estabilizando de 2,0 a 1,5 mm até o tempo de 1:10.

Esse comportamento demonstra que esse perfil possui uma boa porosidade e capacidade de infiltração, a preocupação é a facilidade que esse solo apresenta em sofrer processos de destacabilidade das partículas e arraste, já que sua textura e estrutura favorece esses processos. Em decorrência desse fator, esse tipo solo também está sujeito em atingir rapidamente seu nível de saturação, o que pode facilitar o escoamento superficial, principalmente, nos períodos entre-safras quando a cobertura pedológica se encontra exposta.

Cabe ressaltar que esse perfil apresenta como uso a cultura de soja que exige como manejo a utilização de máquinas agrícolas, que também contribui na desestabilização dos agregados.

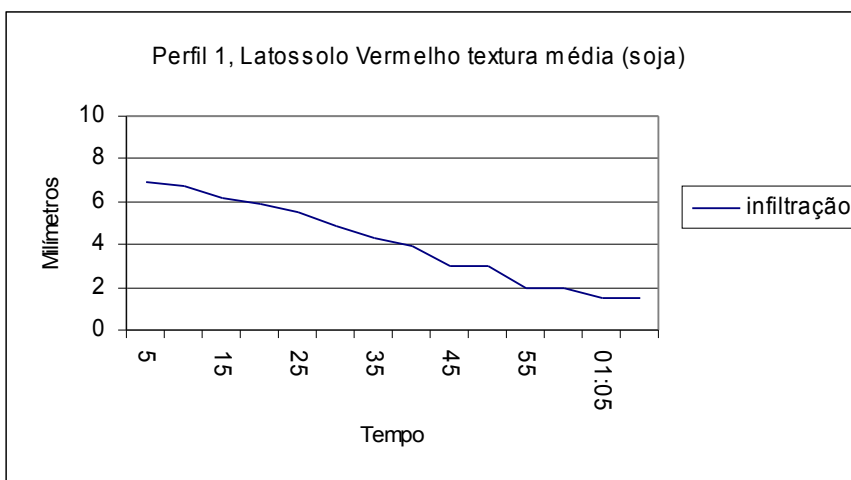


Figura 40. Comportamento da curva de infiltração de água no Latossolo Vermelho de textura média

7.9.2 Curva de infiltração dos perfis 2 e 3

Na teoria, a ocupação do solo com plantio de gramíneas representa uma boa alternativa para manter os solos mais permeáveis, o que facilita o processo de infiltração, entretanto, essa teoria não acontece na prática. Os ensaios de infiltração, realizados na área ocupada com pastagem, demonstraram que os valores infiltrados foram praticamente nulos, apenas 5,7 mm/60 minutos no perfil 2 e 2,4 mm/30 minutos no perfil 3 (Figura 41 e 42). O fator determinante que contribuiu para esse comportamento foi à textura argilosa, o tamanho e disposição dos espaços porosos encontrados nesse solo, que apesar de apresentarem uma boa quantidade de poros não se igualaram as do perfil 1. Também é importante considerar a umidade desse perfil antes do ensaio, que se apresentava mais elevada que a do perfil 1.

Bertoni e Lombardi Neto (1975) afirmam que a umidade em que se encontra um solo no início de uma chuva pode afetar a velocidade de infiltração, pois o material coloidal de certos solos tendem a se dilatar quando úmidos, reduzindo, com isso, o tamanho e o espaço poroso e conseqüentemente, a capacidade de infiltração.

O uso do solo, caracterizado pela criação de gado, também, pode ter causado uma redução na taxa de infiltração de água nesses perfis, que por pisoteio tornou o solo mais compactado, principalmente no horizonte A, onde correu uma redução da porosidade e conseqüentemente à capacidade de infiltração também foi reduzida.

O perfil 3 apresenta características morfológicas e granulométricas semelhantes a do perfil 2, entretanto, localiza-se no setor leste do compartimento CII, onde a declividade é mais acentuada, o que pode afetar a velocidade do escoamento superficial no momento da saturação da infiltração da água da chuva. No que se refere ao teor de umidade, esse perfil apresentou um considerável aumento do teor de umidade no horizonte B, o que também pode ter contribuído para a redução da taxa de infiltração em relação ao perfil 2.

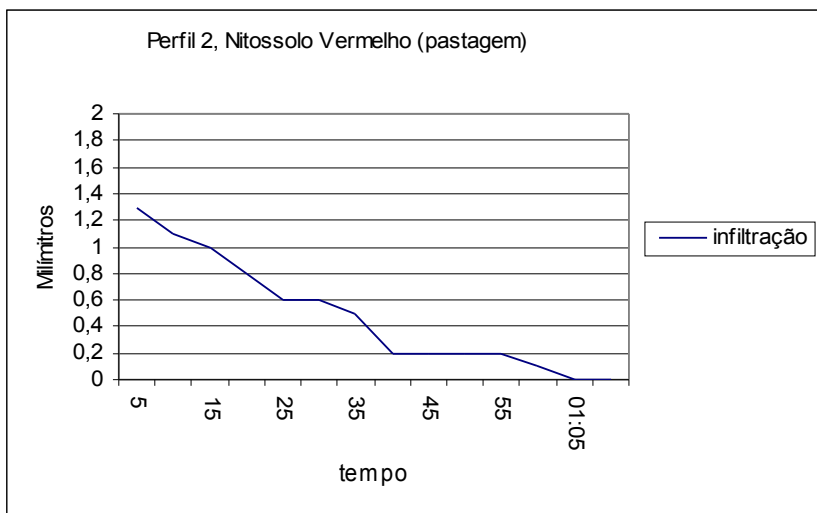


Figura 41. Comportamento da curva de infiltração de água no Nitossolo Vermelho

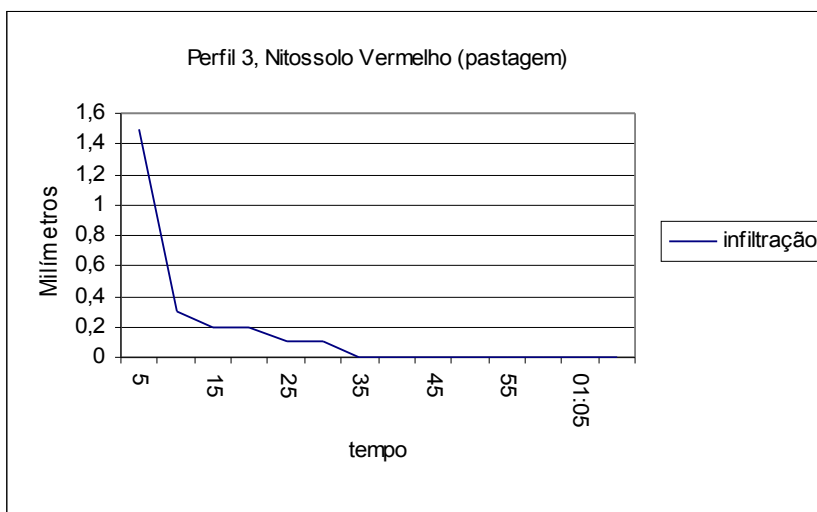


Figura 42. Comportamento da infiltração de água no Nitossolo vermelho

7.9.3 Curva de infiltração do perfil 4

A área de realização desse ensaio permanece alagada no período das chuvas e também mesmo em períodos mais secos, os horizontes mais profundos apresentam um alto teor de umidade, o que poderia contribuir para uma baixa taxa de infiltração, no entanto o que ocorreu foi uma alta taxa de infiltração nos primeiros 35 minutos (54,5mm) e logo após verificou-se uma estabilização da curva de infiltração (Figura 43).

A presença de nódulos ferruginosos tornou os horizontes superficiais desse solo friáveis e muito porosos o que facilitou a infiltração rápida nos primeiros momentos. Essas características podem, de certa forma, nos momentos de chuva, contribuir para uma alta infiltração e rápida saturação de água no solo, o que pode acarretar o escoamento superficial em menos tempo e com maior velocidade, considerando-se também que os horizontes mais profundos já se encontram saturados pela água do lençol freático, o que também facilita o escoamento superficial.

Quanto ao uso de solo da área, esse também, não favoreceu para que ocorresse uma infiltração lenta e equilibrada, pois as gramíneas não possuíam raízes profundas e estavam distribuídas de maneira esparsa, o que deixava quase toda extensão do terreno desprotegido de vegetação.

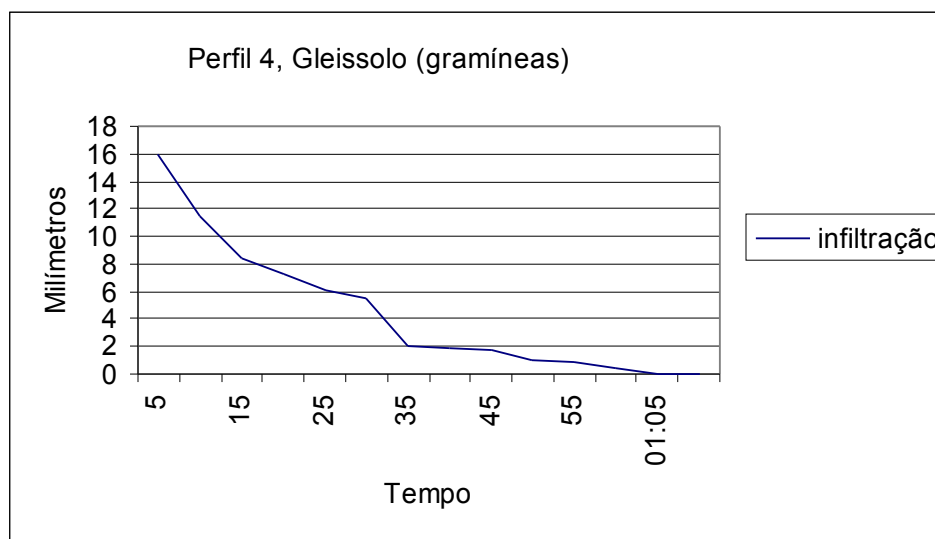


Figura 43. Comportamento da curva de infiltração de água no Gleissolo

7.9.4 Curva de infiltração do perfil 5

A taxa de infiltração desse perfil atingiu a marca de 32,5mm, em 50 minutos, logo após esse período, ocorreu uma estabilização da curva de infiltração (Figura 44). Esse comportamento ocorreu devido à estrutura em microagregados, que apesar de se assemelhar com a dos Latossolos se apresentou muito friável e muito porosa nos horizontes Bi, entretanto, torna-se importante considerar que logo abaixo do horizonte Bi 2 verifica-se um horizonte de alteritas (C), o que pode

ocasionar uma rápida saturação de água infiltrada e acelerar o escoamento superficial, transportando materiais do solo dessa área para outras partes das vertentes.

Foi verificado nessa medida de campo, que o solo apresentava uma certa instabilidade, esse fato provavelmente ocorreu devido a pouca profundidade e ao uso do solo, também cabe ressaltar que a poucos metros do local do ensaio se encontrava a frente de exploração de brita.

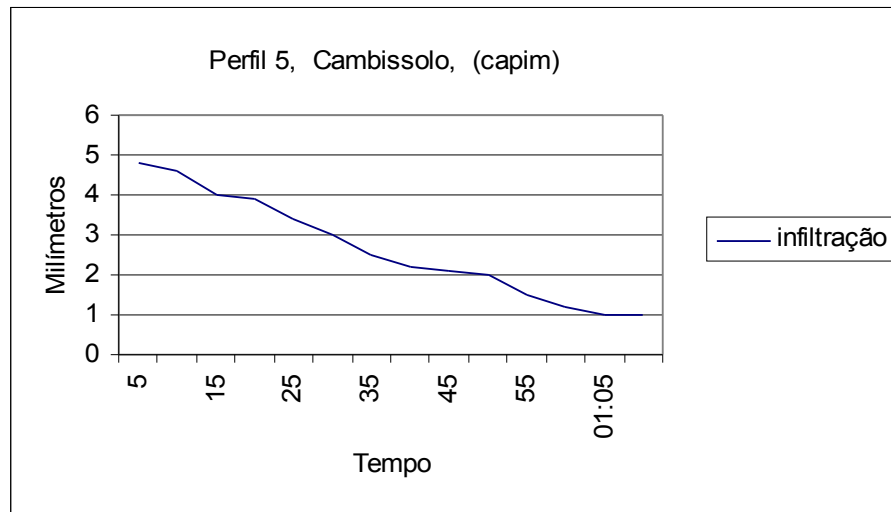


Figura 44. Comportamento da curva de infiltração de água no Cambissolo

7.9.5 Curva de infiltração do perfil 6

O perfil 6 localizado em uma área de interflúvio, entre o ribeirão Maringá e o córrego Mandacarú, realizado sobre um Latossolo Vermelho profundo, demonstrou um comportamento estabilizado da curva de infiltração, sem grandes variações de volume de água infiltrada em todo o período do ensaio, nos primeiros 20 minutos, com valores de 2,2 a 2mm, mantendo-se bem equilibrada até os 55 minutos com a média de 1,0mm, após esse período ocorreu uma redução do volume infiltrado para 0,8mm (Figura 45).

O solo desse perfil apresenta textura argilosa a qual indica uma capacidade de impermeabilização, entretanto, também se verifica uma boa porosidade e estrutura granular a microagregada que contribuíram para uma infiltração equilibrada. Dessa forma, a distribuição do volume de água infiltrada, nesse perfil, reflete a capacidade desse tipo de solo de absorver água de maneira lenta o que pode retardar o momento de saturação e o escoamento, porém, esse

processo pode ser alterado se esses solos apresentarem compactação, causada por perturbações das máquinas agrícolas, ou pisoteio do gado. Quanto o uso agrícola dessa área, aparentemente, não demonstrou problemas de desestruturação das partículas do solo.

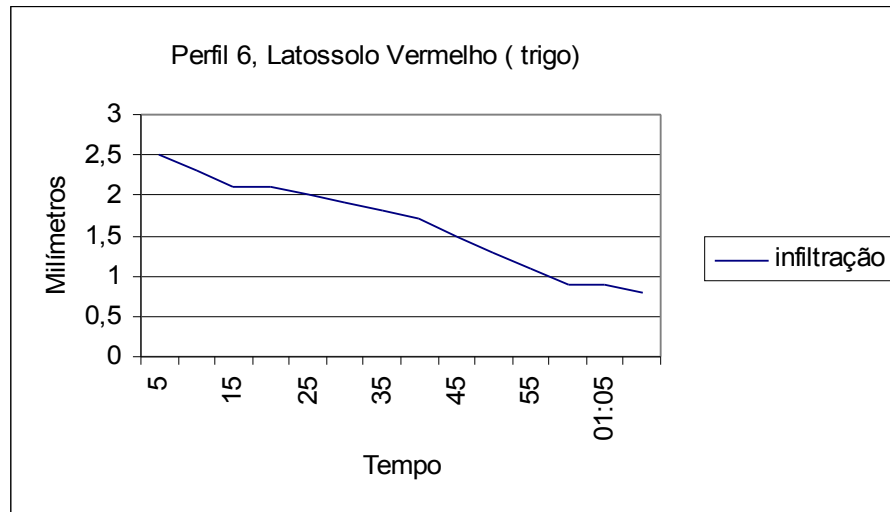


Figura 45. Comportamento da curva de infiltração de água no Latossolo Vermelho de textura argilosa

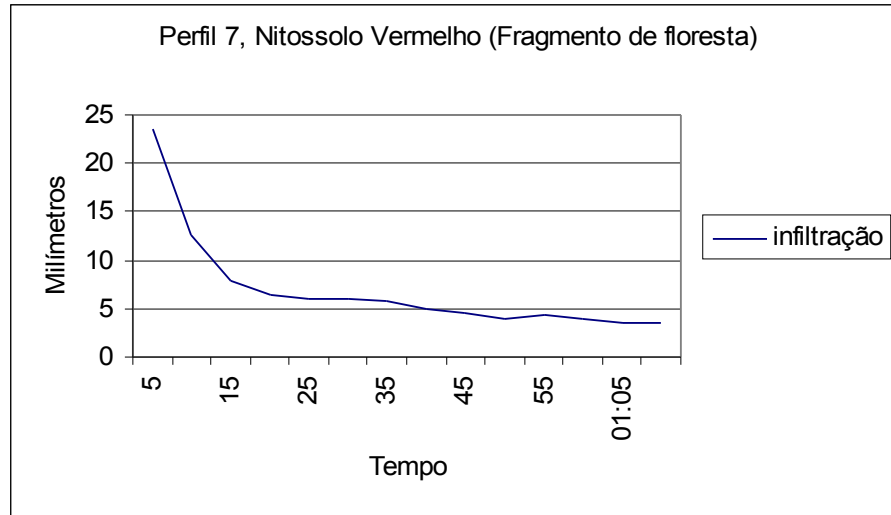
7.9.6 Curva de infiltração do perfil 7

A vegetação tem um papel extremamente importante no processo da infiltração, os ensaios realizados na área que se apresenta florestada por remanescentes de mata (perfil 7), o volume infiltrado foi de 90mm/70 minutos, volume muito superior às outras áreas. A distribuição do volume infiltrado, nos solos desse perfil demonstra uma alta capacidade de infiltração nos primeiros 10 minutos, com valores entre 12,7 a 23,5mm, mantendo um equilíbrio a até os 55 minutos, com valores entre 7,0 a 1,3mm, atingindo o tempo de 1:10 minutos com a média de 3,3mm (Figura 46).

O solo desse perfil, apesar de possuir classificação igual e características morfológicas semelhantes aos dos solos dos perfis 2 e 3 da área de pastagem, apresentou comportamento da curva de infiltração bem superior e com tempo distinto, pois estava com sua estrutura mais bem preservada, sem compactação e protegido pela matéria orgânica e pelas raízes da vegetação. Cabe ressaltar, que a cobertura vegetal, aumenta a capacidade de infiltração, retendo parte da precipitação, reduzindo o impacto das gotas da chuva no solo, controlando o desprendimento de partículas, por outro lado à quantidade de serrapilheira e matéria orgânica, também auxiliam para

que não ocorra um escoamento superficial acelerado e concentrado, evitando o surgimento de feições erosivas.

Figura 46. Comportamento da curva de infiltração de água no Nitossolo Vermelho



7.10 Determinação do Índice de Erodibilidade

Esses ensaios permitem ao pesquisador determinar o índice de erodibilidade de materiais inconsolidados, onde esse índice está relacionado a dois fatores principais, que são a destacabilidade e a transportabilidade de partículas. Pode-se se associar a destacabilidade dos materiais as forças da natureza superficial e a característica dos materiais finos, e a transportabilidade às características como tamanho e forma das partículas (VILAR, 1987).

Pejon (1992) analisou a metodologia dos trabalhos de vários autores sobre a erodibilidade de materiais inconsolidados e constatou que nenhum dos métodos conseguiu uma identificação total dos materiais erodíveis, situando-se em torno de 80%, os melhores resultados. Constatou também que para a maioria dos autores consultados, os fatores de absorção de água e de desagregabilidade dos solos por imersão são importantes na análise da erodibilidade.

Diante destas questões Pejon (*op cit.*) considera que o critério proposto por Nogami e Villibor (1979) apresenta uma série de vantagens para os estudos de erodibilidade, tais como:

- ◆ utilização de amostras indeformadas,
- ◆ considera o efeito de secagem,
- ◆ permite inferir as propriedades de desagregabilidade e infiltração,
- ◆ facilidade e rapidez na execução e
- ◆ não necessita de equipamentos sofisticados.

7.10.1 Ensaio de absorção e de perda de solo por imersão dos perfis

Os ensaios de absorção permitiram avaliar o tempo que cada amostra de perfil de solo levou para atingir o nível de saturação de água nos horizontes A e B.

A amostra do perfil de solo 1, localizado no primeiro compartimento, sob o Latossolo Vermelho de textura média, atingiu o nível de saturação nos dois horizontes, em um tempo bem menor que os outros perfis, aproximadamente 1 minuto.

As amostras dos perfis de solo 2 e 3, ambos sob o Nitossolo Vermelho, ultrapassaram o tempo de 1 minuto, aproximando-se dos 3 minutos e 50 segundos para atingir o nível de saturação, com exceção do horizonte A do perfil 3 que atingiu o tempo de 5 minutos.

As amostras de solo do perfil 4 (Gleissolo), apesar de se encontrarem bem porosas e com estrutura bem solta, no teste de absorção, demonstraram-se estabilizadas (lentas) em relação ao tempo, atingindo a saturação em 5 minutos na amostra do horizonte A e de 3 minutos no horizonte B. No horizonte A foi verificado uma maior quantidade de matéria orgânica o que pode ter tornado a absorção mais lenta em comparação com a do horizonte B.

No perfil 5 (Cambissolo), já no momento da coleta das amostras indeformadas, foi encontrada uma grande dificuldade, pois a estrutura do solo estava bem solta. Os testes de absorção desse perfil, no horizonte A, demonstraram uma rápida infiltração nos primeiros 45 segundos do ensaio, após esse período ocorreu uma estabilização da absorção no tempo de 2 minutos, onde ocorreu a saturação do corpo de prova. Os resultados do horizonte B mantiveram um certo equilíbrio em todo o período do teste, atingindo a saturação no tempo de 1 minuto e 30 segundos.

No perfil 6, nas amostras coletadas do Latossolo Vermelho de textura argilosa, o comportamento da absorção foi rápido nos primeiros 2 minutos, tanto na amostra do horizonte A

como na do horizonte B, após esse período ocorreu uma estabilidade na absorção, com saturação das amostras no tempo de 3 minutos.

As amostras do perfil 7 apresentaram valores de absorção estáveis em relação ao tempo em todo período do ensaio, atingindo a saturação em 4 minutos e 30 segundos na amostra do horizonte A e 4 minutos na amostra do horizonte B.

Diante destes resultados, é possível entender que as amostras, coletadas nos Nitossolos Vermelhos dos perfis 2 e 3, apresentaram uma infiltração mais lenta e uma rápida saturação em comparação aos resultados do perfil 7 (mesmo solo), onde a absorção de água foi estável em todo período do teste, provavelmente devido ao uso do solo de floresta. Esses resultados comparados com o teste de infiltração *in situ* apresentam algumas semelhanças. No caso do perfil 2 e 3, ainda, é preciso considerar a compactação dos solos no momento da coleta das amostras.

Em relação aos resultados do teste nos perfil 6, localizado no Latossolo Vermelho de textura argilosa, a estrutura em microagregados permitiu uma rápida absorção nos primeiros minutos do teste. Já no perfil 5, localizado a montante da pedreira, na área de Cambissolos, apesar de apresentar uma estrutura similar a do perfil 6, ocorreu uma rápida absorção em curto período de tempo, devido à desestabilidade da estrutura dos grãos, que como já mencionado, apresentaram no momento da coleta uma estrutura bem solta o que pode ter causado essa variação.

O teste realizado no Latossolo Vermelho de textura média (perfil 1), devido a sua própria textura e estrutura apresentou um comportamento bem distinto do Latossolo do perfil 6, ocorreu uma alta absorção em um curto espaço de tempo, resultado semelhante aos testes com o infiltrômetro no campo.

Após esses ensaios, as amostras foram submetidas aos ensaios de imersão, onde se confirmou a facilidade de perda de matéria dos solos dos perfis 1, 4 e 5 atingindo aproximadamente a média de 51,6% de desprendimento de material de solo. Já os solos dos perfis 2, 3, 6 e 7 não apresentaram perdas significativas de materiais, alcançando aproximadamente a média de 5% de perda.

Para esses ensaios, além de se considerar a textura e estrutura dos solos, é necessário se considerar o uso no momento da coleta. Pois solos, com maior quantidade de matéria orgânica, podem oferecer uma maior estabilidade aos agregados, dificultando a desagregação das partículas.

Cabe lembrar, que também foram considerados os resultados dos testes de teor de umidade, onde foi verificado que as amostras com maior porcentagem de umidade se demonstraram mais estáveis, tanto na estabilidade da absorção, como na reduzida perda de materiais de solo, no teste de imersão. Com exceção do perfil 4 (Gleissolo), que mesmo apresentando alto teor de umidade, absorveu uma grande quantidade de água em pouco tempo. Esse resultado pode ter sido influenciado pela estrutura porosa e friável que se encontravam os perfis desse solo, no momento da coleta das amostras.

Os resultados dos testes de absorção e dos testes de perda de massa por imersão, podem ser verificados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultado dos testes de absorção e perda de massa por imersão

Perfil	Compartimento	Absorção (S)		Perda de Massa por imersão (P%)	
		HA	HB	HA	HB
1	CI	1,14	0,831	73,9	61,1
2	CII	0,68	0,62	10,2	0,20
3	CII	0,50	0,61	10,8	1,18
4	CII	0,45	0,83	23	47,6
5	CII	0,97	0,76	57,8	46,9
6	CI	0,63	0,70	0,42	1,39
7	CIII	0,42	0,77	6,5	10,7

7.10.2 Cálculo e determinação do índice de erodibilidade

Os resultados dos ensaios de absorção e perda de material de solo por imersão forneceram a curva de infiltração de cada amostra analisada, com o valor do coeficiente angular da reta (y), dado necessário para se calcular o valor de (E), (ANEXO).

Um parâmetro final a ser adotado, é que quando (E) apresentar valores < 1 , significa que o material analisado é considerado erodível e quando apresentar valores $>$ que 1 o material analisado não é considerado erodível.

Á partir da associação desses ensaios, concluiu-se que o Latossolo Vermelho de textura média (perfil 1), o Cambissolo (perfil 5) e o Gleissolo (perfil 4) apresentaram valores de índice de erodibilidade menores que 1 ($E < 1$) no horizonte A e B em relação aos solos dos perfis 2, 3, 6 e 7. Esse último resultado foi reflexo da pequena perda de material de solo no teste de imersão.

É preciso considerar a relação desses ensaios com os ensaios de infiltração *in situ*, onde os solos que pelos parâmetros desse teste se demonstraram estáveis, também apresentaram um comportamento da curva de infiltração estável para o perfil 6 e 7 e relativamente estável para o perfil 2 e 3, que somente apresentaram uma baixa infiltração, devido à compactação da área.

Dessa forma, os resultados do cálculo do índice de erodibilidade $E=40S/P$, possibilitaram a separação dos materiais erodíveis dos não erodíveis das amostras de solo dos perfis analisados, sintetizando os resultados em um só gráfico (Figura 47).

Como resultado, apenas seis amostras foram consideradas erodíveis, tendo as restantes apresentado comportamento estável frente erosão. As amostras, consideradas erodíveis, foram coletadas em solos que apresentaram estrutura instável e mau uso e ocupação do solo (amostras dos perfis 1, 4 e 5). Já as mostras que não se apresentaram erodíveis foram coletadas em solos com uma estrutura mais estável (amostras dos perfis 2, 3, 6 e 7).

A reta $E= 40/SP$, representada na Figura 48, separa as amostras, sendo que na parte superior da reta se encontram as amostras com problemas erosivos e na parte inferior as sem problemas erosivos. As amostras de solo do horizonte A e B do perfil 1 e a do horizonte A do perfil 5 apresentaram valores mais elevados de perda de solo, do que as dos outros horizontes que estão acima da reta.

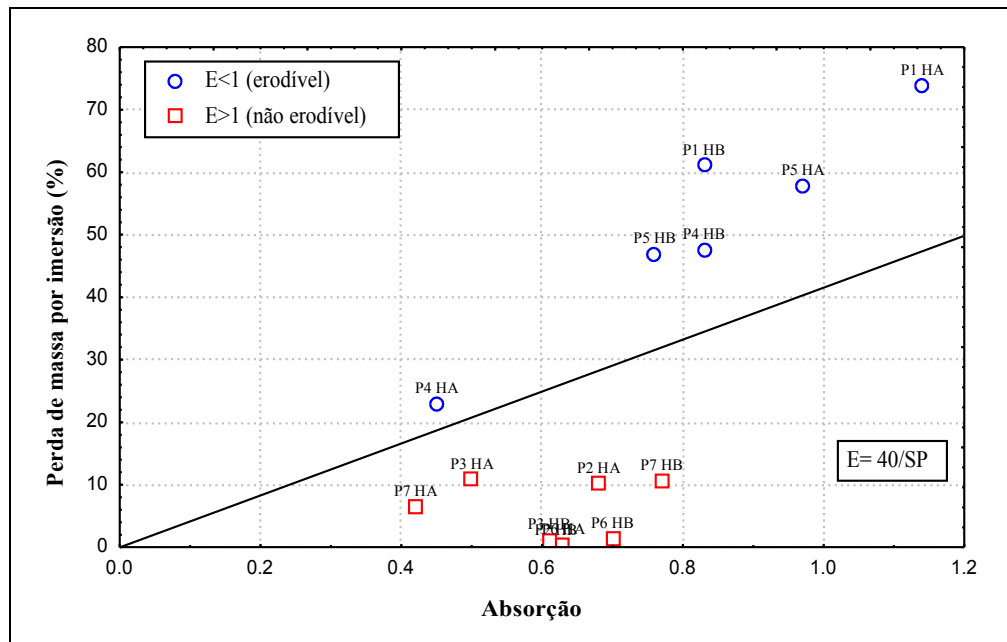


Figura 47. Gráfico de absorção (S) x perda de solo por imersão (P), com separação dos solos com maior suscetibilidade a erosão

7.11 Carta de Classes de Fragilidade Ambiental

O mapeamento das classes, com diferentes graus de fragilidade ambiental da bacia do ribeirão Maringá (Figura 48), foi baseado em todos os dados obtidos durante o decorrer dessa pesquisa.

As cartas temáticas e as observações de campo proporcionaram um conhecimento prévio da geomorfologia da área, dos tipos de solo e do uso e ocupação da bacia. Os ensaios de laboratório e medidas de campo contribuíram na confirmação dos dados anteriores, auxiliando na escolha das variáveis que melhor representaram a carta de fragilidade ambiental.

Os temas selecionados, como já citados na metodologia, foram às classes de declividade, os tipos de solo e o uso e ocupação da área, que associaram a fragilidade potencial com a emergencial.

A cor amarela na carta representa as classes de fragilidade fraca, devido à baixa declividade das vertentes e aos tipos de solo Nitossolos Vermelhos e algumas áreas restritas de Latossolos Vermelhos de textura argilosa. O tipo de uso desse solo nessa área, pode causar

preocupações futuras quanto à fragilidade, entretanto as duas variáveis que predominaram foram à declividade e tipo de solos.

Em relação à aplicação dos ensaios de campo e laboratório, verificou-se que o tipo de solo predominante na área de classe fraca (Nitossolos), não apresenta sérios problemas de estrutura, textura e infiltração de água, exceto os que estavam compactados (perfil 2 e 3), que apresentaram problemas quanto à infiltração. No teste de índice de erodibilidade, os pontos selecionados nessa área apresentaram o $E > 1$, encontrando-se abaixo da reta $E=40/SP$, indicando baixa proporção de desprendimento de materiais desse solo, no contato com a água.

Essas áreas apresentaram baixa relação com a fragilidade natural, no entanto é preciso considerar a intensidade do uso do solo agrícola e do uso urbano que está avançando em áreas próximas aos leitos dos cursos d' água.

A classe de fragilidade média (cor rosa), abrangeu algumas áreas próximas dos leitos dos córregos e ribeirões e na área ocupada pela urbanização no CI e parte do CII, e em alguns segmentos de drenagem do setor rural no CII e CIII, onde a declividade é mais expressiva que a classe fraca, variando de 12 a 20%, mas praticamente com o mesmo tipo de solos, exceto na área de confluência dos tributários com o ribeirão Maringá, onde foi verificada a presença de gleissolos, que por motivos de uso estrutura não se enquadraram na classe de risco médio.

As formas das vertentes do setor urbano imprimem a essa área (de risco médio), uma maior preocupação quanto à fragilidade, pois além de possuírem maior grau de inclinação, possuem formas convexas onde os vales são mais entalhados, recebendo vários tipos de efluentes das atividades urbanas. Essas áreas poderiam, em um primeiro momento, serem classificadas na classe forte a muito forte de fragilidade, devido a sua morfologia e uso, no entanto foi adotada a classe de risco médio, pois seria preciso fazer um levantamento mais minucioso do grau de intervenção humana sobre o solo, como porcentagem de pavimentação e quantidade de despejos de efluentes no ambiente.

Quanto a algumas áreas próximas das margens dos leitos dos cursos d' água, a classe de declividade predominante de 12 a 20%, por si só, já denota riscos de fragilidade. Em alguns pontos dessa área, também, foram verificadas rupturas de declive, que contribui para a fragilidade. O fator que pode aumentar a classe de risco dessas áreas, para forte a muito forte é a falta de vegetação nas margens dos rios, onde algumas culturas atingem o leito. Estudos de

monitoramento de erosão de margens desses cursos de água, poderiam contribuir para a tomada de medidas preventivas e conservacionistas, para atenuar o grau de fragilidade desse ambiente.

As descrições morfológicas, medidas de campo e testes de laboratório foram realizados em um ponto da área de classe média de fragilidade, sob a plantação de trigo. Essa área pode ser considerada como uma área de enclave no meio da zona urbana (perfil 6). Esses testes constataram que o solo dessa área não representa problemas de infiltração, estrutura, textura e propensão a erodibilidade, mas há de se considerar o grau de intervenção humana, no entorno dessa área.

As classes consideradas de risco forte, representadas na cor laranja na carta, são áreas onde o grau de declividade atingem os valores $< 20\%$ e em alguns pontos restritos $< 30\%$, com exceção da área de confluência dos tributários com o ribeirão Maringá e da planície de inundação, localizada na foz da bacia que apresentaram declividades, variando de 0 a 12%, onde outras variáveis tiveram maior peso nessa classificação (tipo e uso do solo).

Assim, foram estabelecidas como áreas com classe de fragilidade forte: as cabeceiras de drenagem, localizadas na zona urbana, no CI; o segmento de Gleissolo, localizado no CII, na confluência dos tributários com o ribeirão Maringá; o setor leste do compartimento CII e parte do CIII, nos segmentos onde os solos se apresentam mais rasos em relação aos outros locais do terreno da bacia; a planície de inundação na confluência do ribeirão Maringá com o rio Pirapó.

As cabeceiras se encontram na classe forte, pois se apresentam na maioria desprotegidas de vegetação e com solo degradado, devido ao escoamento superficial acelerado que se acentua em decorrência dos arruamentos pavimentados. Esse escoamento promove o arraste do solo dos leitos da cabeceira, onde a erosão se pronuncia em forma de desmoronamento das margens dos rios, depositando materiais do solo no leito, aumentando também a carga em suspensão em outros pontos dos canais de drenagem. A nascente do córrego Mandacarú é um exemplo que se enquadra nessa classe de fragilidade (Figura 27).

Para determinação da fragilidade forte, na parte leste (CII), onde as classes de declividade também são acentuadas de 20 a 30%, com vertentes de comprimento de rampa menos extensos em relação à parte oeste, além desse tema, também foi considerada a espessuras dos solos, pouco expressivas em relação aos outros compartimentos. O uso do solo, também, confirmou a forte tendência dessa área a fragilidade ambiental, pois foi verificado em campo, a construção de condomínios, bem próximo dos leitos de drenagem, além do plantio de culturas sazonais nas

áreas de solos com estrutura muito friável, com horizontes apresentando hidromorfia, pouco abaixo de 50cm de profundidade.

Outro uso que permitiu classificar essa área na classe de forte risco, a fragilidade potencial e emergente, foi a exploração de brita, onde os solos, acima do talude de rocha exposta, apresentam problemas quanto à estrutura de suas partículas e infiltração de água acelerada, com rápida saturação, devido à presença do horizonte C a pequena profundidade. Cabe ressaltar que os solos, abaixo da área de exploração de brita, também, sofrem com esses impactos, pois a água pluvial escoar de forma rápida sobre a rocha exposta, aumentando seu volume com as águas provenientes do lençol. Quando esse processo ocorre, esse volume de água escoar todo para as partes mais baixas da vertente, tornando os solos mais vulneráveis ao arraste de partículas.

Na parte central da bacia, na confluência dos rios (compartimento CII), a topografia não abrangeu a classe para a declividade, considerada com forte risco de fragilidade, variando de 0 a 12% e somente em alguns pontos isolados de 12 a 20%. Entretanto as variáveis que classificaram essa área como forte, foram os solos e também o uso. Os solos apresentaram hidromorfia, podendo ser caracterizados em algumas áreas como Gleissolos. O uso e ocupação de soja que se encontrava próximo de algumas nascentes, verificadas no local, também auxiliou para o aumento de fragilidade desse ambiente. Nessa mesma área, além dessa intervenção, foi verificado a presença de um canal de drenagem artificial próximo da confluência do córrego Mandacarú com o ribeirão Maringá, na tentativa de drenar o solo para o cultivo, parte da mata que protegia uma nascente da área foi retirada, para que a água do canal artificial, fluísse até a mesma.

As áreas de planície de inundação do ribeirão Maringá, localizadas na foz do rio Pirapó, no CIII, apresentaram baixa declividade de 0 a 6%, mas também foram consideradas como classe de forte fragilidade ambiental, devido à presença de solos aluviais e Neossolos Flúvicos, que sofrem agradação de materiais, provindos de toda rede de drenagem da bacia e do rio Pirapó, principalmente na época de elevados índices pluviométricos, onde o Pirapó e o ribeirão Maringá, ultrapassam seu limite de leito alagando áreas de extensões consideráveis (Figura 5).

Esse processo de alagamento, também, causa degradação do leito do ribeirão Maringá nessa área, que se agrava com o mau uso do solo, pois muitos proprietários rurais dessa área cultivam e criam gado até próximos do leito, muitas vezes até desviam os canais de drenagem para facilitar o plantio e levar água para os animais (Figura 30).

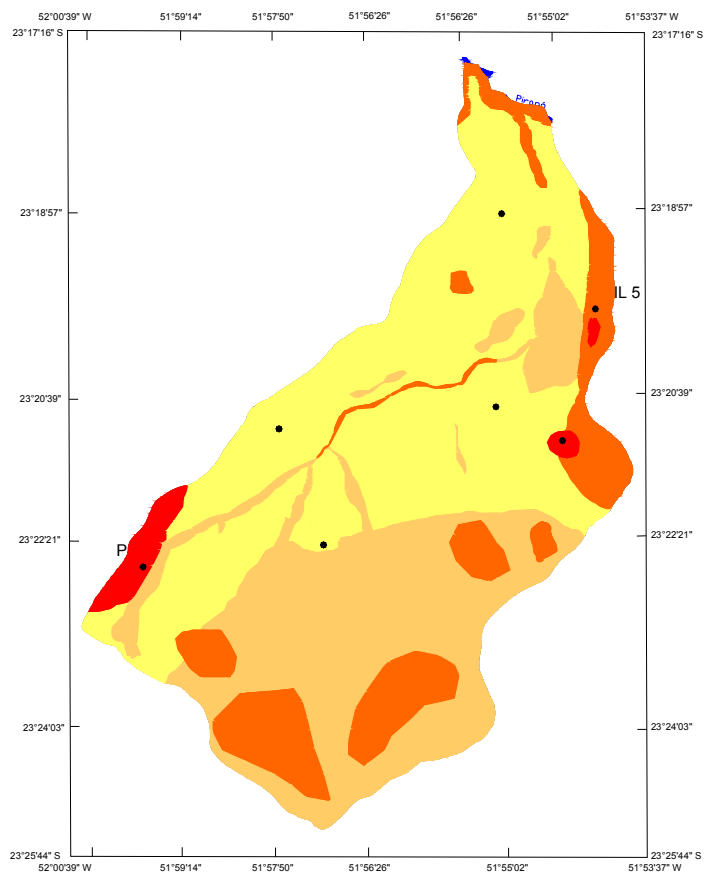
A classe de fragilidade muito forte (cor vermelha) restringiu-se a três áreas, onde se localizam os perfis 1, 4 e 5. A correlação dos temas: declividade, tipo de solos e uso e ocupação, associados às análises laboratoriais e medidas de campo, principalmente o do índice de erodibilidade dos solos, forneceram subsídios para que essas áreas fossem consideradas como classe de fragilidade muito forte.

A primeira área de risco muito forte localiza-se no local de análise do perfil 1, apresentando declividade em alguns segmentos $<30\%$ e solo arenoso, derivado da decomposição do Arenito Caiuá. Essas características imprimem a essa área um alto risco de fragilidade potencial. A textura arenosa, com baixa concentração de argila, torna essa área vulnerável aos processos de arraste, podendo evoluir, principalmente nas partes mais baixas da vertente para um Neossolo Quartzarênico.

O uso do solo dessa área contribui na classificação dessa área como muito forte, pois como já foi citado, era o de cultivo de soja, com uso de máquinas agrícolas que promoveram a desestabilização das partículas, conseqüentemente, colaborando para o surgimento de sulcos no terreno (Figura 20).

A segunda área de classe de fragilidade muito forte foi a do perfil 4, sob o Gleissolo, nessa área a declividade variou de 12 a 20%, não denotando forte risco de fragilidade, no entanto, nesse perfil foram identificados horizontes com problemas de estrutura (solta, com muitos nódulos ferruginosos), nos testes de infiltração a absorção da água foi rápida e logo atingiu a saturação, devido a presença de horizontes umedecidos pela elevação do lençol freático. A utilização de máquinas agrícolas, também, proporcionou a desestabilização da estrutura dos solos nesse local.

A terceira área de grau de fragilidade muito forte foi a do perfil 5, a montante da pedreira, sob o Cambissolo. A declividade em alguns segmentos $< 30\%$ e o uso (gramíneas sob um talude), que deixava exposto o perfil, contribuíram para que a estrutura se apresentasse muito friável, onde o nível de saturação de água no teste de infiltração foi alcançado rapidamente. Quanto ao teste de índice de erodibilidade, em todas as áreas de classe de fragilidade muito alta, apresentaram valores de $E < 1$, com elevada capacidade de desagregação da estrutura dos solos, principalmente na etapa dos testes de imersão, onde esses solos atingiram a média de 50% de perda de materiais, nos horizontes analisados.

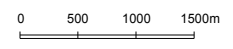


Classes de Fragilidade

- Fraca
- Média
- Forte
- Muito Forte

Carta de fragilidade gerada
à partir do cruzamento
dos temas:

- Declividade
- Solos
- Uso e Ocupação



Base:
 Planta Planialtimétrica
 Prefeitura de Maringá
 Secretaria de Planejamento
 Escala 1:25.000
 Seção de Desenho Município de Maringá

Figura 48 . Carta de classes de fragilidade ambiental da bacia do ribeirão Maringá

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao verificar os elementos físicos e uso e ocupação da área de estudo, em saídas de campo, subentendeu-se que a bacia não possuía grandes variações, quanto aos seus elementos físicos, principalmente no que se refere a morfologia do relevo, no entanto ao elaborar os produtos cartográficos temáticos e perfis transversais, com o auxílio de fotografias aéreas, imagens de satélite e verificações mais minuciosas de campo, foi possível a compartimentação da bacia em três unidades de paisagem distintas com características homogêneas.

A macrocompartimentação da bacia auxiliou na escolha das áreas para a realização de coleta de amostras de solo para os testes, medidas de campo e organização na descrição dos dados obtidos nessa pesquisa e, principalmente, na elaboração da carta de classes de fragilidade ambiental.

O reconhecimento da declividade e dos tipos de solo da bacia foram as principais variáveis adotadas para a elaboração da carta de fragilidade. Foi constatado que as áreas que apresentaram maior declividade são as localizadas no setor urbano, no primeiro compartimento e no segundo compartimento do setor leste da bacia, abrangendo parte do terceiro compartimento. Nessas áreas, os comprimentos de rampa das vertentes são menos extensos e as formas são na maioria convexas, onde os vales são mais encaixados, o que predispõe essas áreas a um maior fluxo de escoamento superficial e arraste de matérias de solo nos períodos de chuva.

O tipo de solo predominante na bacia foi o Nitossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico. O Latossolo Vermelho, de textura argilosa distroférico e/ou eutroférico, foi encontrado em áreas restritas de topo no primeiro compartimento e acima da área das pedreiras e o Latossolo, de textura média, no setor oeste. No segundo compartimento, foi verificada a presença de Gleissolos, próximo ao córrego da Rosas e na confluência com os tributários com o ribeirão Maringá. No primeiro compartimento, onde a declividade é menos acentuada, próximo ao leito do ribeirão Maringá, na foz com o rio Pirapó, verificou-se a presença de solos aluviais.

Dessa forma, essas duas variáveis permitiram previamente reconhecer as classes de fragilidade potencial da área de estudos, onde os solos, que apresentaram maior risco de fragilidade foram o Latossolo Vermelho de textura média, o Cambissolo localizado acima da pedreira, com declividades entre 20% a 30%. Os Gleissolos e os solos aluviais da planície de inundação do ribeirão Maringá, apesar de não estarem em uma área de declividade acentuada, apresentaram problemas quanto à estrutura devido ao uso.

O uso do solo, terceira variável adotada para a determinação das classes de fragilidade, foi de grande importância para essa pesquisa, já que a área de estudo se encontra totalmente ocupada pela urbanização e pela agricultura, restando apenas pequenos fragmentos de floresta. No cruzamento dessa variável, com o grau de inclinação do terreno e com o tipo de cobertura pedológica, verificou-se que as áreas que apresentavam solos e declividades com fragilidade potencial estavam todas ocupadas com uso inadequado, vulneráveis a fragilidade emergente.

Os dados obtidos nas análises de laboratório e ensaios de campo, realizados nos sete perfis de solo da figura 14, distribuídos em todos os compartimentos, contribuíram na delimitação das classes de fragilidade da bacia, à medida que associados aos resultados da integração dos produtos temáticos, quantificaram dados, confirmando as áreas mais suscetíveis aos processos erosivos.

A partir destes testes e ensaios, verificou-se que três perfis apresentaram problemas relacionados à fragilidade, o perfil 1, localizado na área do Latossolo Vermelho de textura média com o uso de soja, o Cambissolo localizado acima da pedreira (perfil 5), onde se encontram os solos rasos e o Gleissolo (perfil 4), localizado próximo ao córrego das Rosas, onde passou por vários períodos com o uso de soja.

Todos esses perfis apresentaram nas descrições morfológicas, estrutura friável muito solta e desestabilizada devido as suas propriedades e ao uso. Os testes de infiltração *in situ*, demonstraram uma grande quantidade de infiltração de água em pouco tempo, o que pode causar a rápida saturação e escoamento superficial acelerado. Diante do exposto, cabe ressaltar, que o comportamento do processo hidrológico é mais favorável quando as técnicas agrícolas de preservação da cobertura vegetal. são adequadas. Esse tipo de prevenção colabora com um aumento no tempo de permanência da água na bacia, facilitando a infiltração, reduzindo o arraste de materiais do solo para as redes de drenagem e evitando o surgimento de erosões.

A análise granulométrica e de argila dispersa em água, avaliou a quantidade das frações de partículas grossas e finas desses solos, onde solos do perfil 1 apresentaram uma alta porcentagem de areia, material facilmente transportado pelo escoamento superficial. Em campo, foi possível constatar esse dado, com a verificação de ravinamentos nas partes mais baixas das vertentes, onde o solo já se apresentava mais arenoso.

Quanto à argila natural, o Gleissolo (perfil 4) apresentou uma porcentagem considerável de dispersão desse material, mantendo a mesma porcentagem em profundidade, devido à

presença de água do lençol freático a poucos metros da superfície, que permitiu a mobilização desse material em todo o perfil. O Cambissolo (perfil 5), também, apresentou uma grande quantidade de dispersão de argila, que se manteve constante em todo o perfil. A presença de uma estrutura friável e a exposição desse perfil as intempéries contribuiu para desestabilização da argila, permitindo sua mobilidade.

Os testes finais de índice de erodibilidade, em amostras indeformadas, constataram valores de $E < 1$ em todos esses perfis, onde todos apresentaram uma perda de material considerável no teste de imersão.

Os outros perfis analisados não apresentaram preocupações emergenciais quanto à fragilidade, no entanto é preciso considerar que a intensidade e a modalidade da exploração predispõe o solo a erosão, tornando os ambientes naturais mais frágeis.

Quanto mais rotineira e monocultural for a atividade agrícola, e quanto mais for intensiva e desordenada a urbanização, mais custosa e necessária será qualquer tarefa conservacionista. Portanto, torna-se necessário verificar as condições naturais em que se encontram os elementos do ambiente, para que se realizem intervenções antrópicas, saber como o meio vai reagir e quais as conseqüências das intervenções. É preciso entender que cada elemento não pode ser analisado de forma isolada, pois são interdependentes. Com base nessas informações é possível que sejam tomadas medidas preventivas, antes de intervir em ambientes que apresentam fragilidade potencial.

REFERÊNCIAS

AB' SABER, A N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário, **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, 1969.

AGENA, A. S. S; SAAD, A.A M. Estudo da erodibilidade como subsídio para o controle preventivo da erosão, **SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO**, Anais, Boletim de Campo, Bauru, 1995.

ALVAREZ, A. G ; GARCEZ, N. L. **Hidrologia**: Edgar Blücher, 2002.

ANJOS, B. I, **Caracterização climática para a região de Maringá**, Monografia (graduação em Geografia)-Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.

BERTONI, J; LOMBARDI, N. F. Erodibilidade dos Solos Paulistas, **Boletim Técnico, Instituto Agrônômico**, São Paulo, n. 27, 1975.

BERTONI, J; LOMBARDI, N. F. **Conservação do solo**, São Paulo: Ícone, 1990.

BELTRAME, L. F. S., GODIN, L. A P., TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade dos solos do Rio Grande do Sul, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 3, 1981.

BERUTCHACHVILI. N, BERTRAND. G, **O Geossistema ou Sistema Territorial Natural**, Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Quest, 49 (2), Tradução: RIBEIRO. G.A, Toulouse, 1978.

BERTRAND, G. A. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. **Caderno de ciência da terra**, São Paulo, n.13, 1977.

BIAZIN, C. P. **Concentração de Sedimentos em Suspensão no Ribeirão Maringá, como um Indicador Geoambiental**, Monografia, (Graduação em Geografia)-Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

BIGARELLA, J.J e MAZUCHOWSKY, Y. Z, Visão integrada da problemática da erosão, **Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Maringá, 1985.

- BOULET, R. **Existence de systèmes à forte différenciation latérale em ulieu ferralítique guyanais: um nouvelexemple de couvertures pédológicas em desequilibre.** Science du Sol, AFFES, n 2, 1978.
- BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. *In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo* – SBCS, 1988.
- CAMARGO, A.P. **Balanço Hídrico no Estado de São Paulo**, Instituto Agronômico, Campinas-SP, 1971.
- CAMARGO, A. O. Compactação do Solo e Desenvolvimento das Plantas. **Boletim Técnico**, Fundação Cargil, Campinas-SP, 1983.
- CARSON, M. A., KIRBY, M. Y. **Hillslope and Process**. London: Cambridge Press, 1972.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática** . Rio de Janeiro, CRM- Companhia de Recursos Minerais, 1994.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.
- CHORLEY, R. J. **The Nodal and anomalous charater of slope studies**: Research Geomorphological Journal, 1964.
- CHORLEY, R. J; Kenedy B. **Physical Geography: a system's approach**. Prentice Hall Inc, 1971.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n.9, v.18, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1974.
- CUNHA, B. C. **Uma atualização de bases e conceitos**: Perfil longitudinal dos rios em equilíbrio. Rio de Janeiro: Eletrônica, 1996.
- DE BIASI. Carta de Declividade de Vertentes: Confecção e Utilização, **Geomorfologia**, Instituto de geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, n 8, v.21, 1970.

DEFFUNE, G. **Clima e Uso da Terra no Norte e Noroeste do Paraná**, subsídios ao planejamento regional. (Dissertação de Mestrado em Geografia), Universidade de São Paulo, 1990.

DEFFUNE, G.; KLOSOWSKI, E. S. Variabilidade Mensal e interanual das precipitações pluviométricas de Maringá, 1976-1975, **Revista Unimar**, Maringá, v.17 n.3, 1995.

DOUHI, N, **Análise das Condições Físico-Ocupacionais e Suas Implicações no Comportamento Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xaxim – Prudentópolis – PR**. Dissertação (mestrado em geografia)-Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

EMATER. Mapa pedológico do Município de Maringá, 1988.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, **Manual de métodos de análises de solo** Brasília: EMBRAPA, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Serviço de Produção e Informação - SPI. Brasília (DF), 1999.

FENDRICH, R. et al. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Champagnat, 1997.

GASPARETTO, N. V. L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. Tese (Doutorado em Geociências)- Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1999.

GASPARETTO, V. L. N., SOUZA, L. M. Contexto geológico-geotécnico da Formação Caiuá no Terceiro Planalto Paranaense – Pr, **Anais do ENGEOPAR**– I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense – Maringá – UEM, 2003.

GUERASIMOV, I, MERCERYACOV, J. A. **Morphostruture** in: The Encyclopédia of Geomorphology, ed- R. W. Fairbridge. Reinhold Bood Co, New York, 1968.

GUERRA, J. T. A, CUNHA, B. S. **Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos**, Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas do estado do Paraná**, Londrina-PR, 1984.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População brasileira**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2000/tabelabrasil111.shtml>>. Acesso em 15 de julho de 2004.

JABUR, I. C, SANTOS, M. L, Revisão estratigráfica da formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, Universidade Estadual de Maringá, 1984.

KÖPPEN, W. **Climatologia. Com um estudio de los climas de la tierra**. In: IAPAR. Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná, Londrina, 1948.

LEMOS.C. R; SANTOS.R. D, **Manual de Método de Trabalho de Campo** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Instituto Agrônômico-Campinas-SP, 1976.

LEINZ, V. P. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil, **Boletim de Geografia**, Universidade de São Paulo, São Paulo, n. 5, 1949.

LIBAULT, A. **Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica**. Métodos em questão, Universidade de São Paulo, São Paulo, n. 1, 1971.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1968.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2001.

MARTINS, V. M. **Caracterização morfológica e da circulação hídrica dos solos da cabeceira de drenagem do córrego Bom Jesus no município de Cidade Gaúcha – Pr**. Dissertação (mestrado em geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 2000.

MEDAUAR, O, **Coletânea de legislação de direito ambiental**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

MENDES, C, BENADUCE, G. M. C. **Diagnóstico das tendências da expansão territorial urbana de Maringá**, Maringá, 1990.

MINEROPAR. **Mapas Geológicos do Estado do Paraná**. Escala 1: 650.000, 1989.

MONTEIRO, C. A. Clima. **Geografia do Brasil- Grande Região Sul**. Rio de Janeiro, v 4, Tomo I, 1968.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: A história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MORENO, H. G. Estatísticas de la sequia em Colômbia, **Revista Atmosfera**, Santafé de Bogotá, Colômbia, 1994.

MORO, D. A. O Êxodo rural e o crescimento populacional da cidade de Maringá no período de 1970 a 1980, **Boletim de Geografia**, Maringá: Imprensa Universitária, 1998.

MORO, A. D. **Substituição das Culturas, Modernização Agrícola e Organização do Espaço Rural no Norte do Paraná.** (Tese de Doutorado). Inst Geoc, Rio Claro, SP, 1991.

MUNSELL. **Color MacBeth. A Division of Kollmorgen Corporation**, 1975.

NAKASHIMA, P., **Sistemas pedológicos da região noroeste do Paraná: Distribuição e subsídios para o controle da erosão** (Tese de doutorado), São Paulo, 1999.

NERY, J. T; SILVA, W. C; MARTINS, M. L.O.F. Aspectos Geográficos e estatísticos da precipitação do Estado do Paraná. **Revista Unimar**. v18 n4, 1996.

NÓBREGA, M. T; GASPARETTO, V. L. N; NAKASHIMA, P. Metodologia para cartografia geotécnica de Umuarama, Paraná. **Boletim de Geografia**-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, v 10 n 1, 1992.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D.F Characterization of mapping units for highway purposes in a tropical area. **Bulletin of the international association of engineering geology**, 1979.

NOGUEIRA, B. J. **Mecânica dos solos**: Ensaio de laboratório, São Paulo: EESC-USP, 1995.

OLIVEIRA, A. M. S. *et al.* **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

OMETTO, J. C, **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres LTDA, 1981.

OTSUCHI, C. **Poluição Hídrica e processos erosivos: Impactos Ambientais da Urbanização nas Cabeceiras de Drenagem na área Urbana de Maringá/PR.** Dissertação (Mestrado em geociências)-Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PASSOS, M. M, **Biogeografia e Paisagem**, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 1988.

PINESE, P. J. P., NARDY, R. A. J., **Contexto geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense**, Anais do ENGEOPAR– I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense – Maringá – UEM, 2003.

PEJON, O.L. **Mapeamento geotécnico de Piracicaba, escala 1: 100.000**: Estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos. São Carlos, 1992.

PLANO DIRETOR INTEGRADO DE DESENVOLVIMENTO, DE MARINGÁ. Maringá, 2000.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico dos solos em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1988.

QUEIROZ, E. R. D. **Atlas Geoambiental de Maringá- da Análise a Síntese: ocupação do espaço**. Maringá: Clichetec, 2003.

REIS NAKASHIMA, M. S., **Análises dos Processos Erosivos e da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Keller-PR**. (Tese de Doutorado)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RIBEIRO, A.G. **Balanço hídrico-Textos Básicos** (série climatologia). Maringá: DGE/UEM, 1990.

ROSA, M. R., ROSS, J. Aplicação de SIG na Geração de Cartas de Fragilidade, **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n.13, 1999.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão de taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n 8. 1992.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n 8, 1994.

SALOMÃO, F. M., **Processos Erosivos Lineares em Bauru-SP. Regionalização Cartográfica Aplicada ao Controle Preventivo Urbano e Rural**. (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F. R. **Balances Hídricos Climatológicos do Brasil**, Piracicaba, SP 1999.

SOARES, P. C. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, n. 10, 1980.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos Geossistemas**, Métodos em questão. São Paulo, n. 16, 1977.

SOUZA, M.L. **Proposta de um sistema de classificação de feições erosivas voltados à estudos de procedimentos de análises de decisões quanto a medidas corretivas, mitigadoras e preventivas: aplicação no município de Umarama (PR)**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

TEIXEIRA, E. C. Erosão nos meios urbanos: prevenção e controle. **5º Simpósio Nacional de Controle a Erosão**. Anais Bauru, São Paulo, 1995.

THORNTHWAITE, C. W; MATHER, J. R. **The Water Balance. Publications in Climatology** New Jersey. Drexel Institute of Technology, 8 n. 1, 1948.

TRICART, J. **Mise au Point: I' Evolution de Versants**. L' Information Geographique, Paris, v. 21, 1956.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. FIBGE/SUPREN, 1977.

TRICART, J. **La Tierra, Planeta Viviente**. Madrid: Akal, 1981.

TUCCI, C. E. M; et al. **Hidrologia : Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Universidade ABRH, 1997.

VILAR, O. M, **Formulação de um modelo matemático para erosão dos solos pela chuva**. (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

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

WHITE, L. C. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1908.

ZACHAR, D. **Soil Erosion**. Czechoslovakia: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.

ZAMUNER, D. L. **Erosão Urbana em Maringá Paraná: O Caso do Parque Florestal dos Pioneiros-Bosque II**- Dissertação (Mestrado em Geografia)- Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

ANEXO

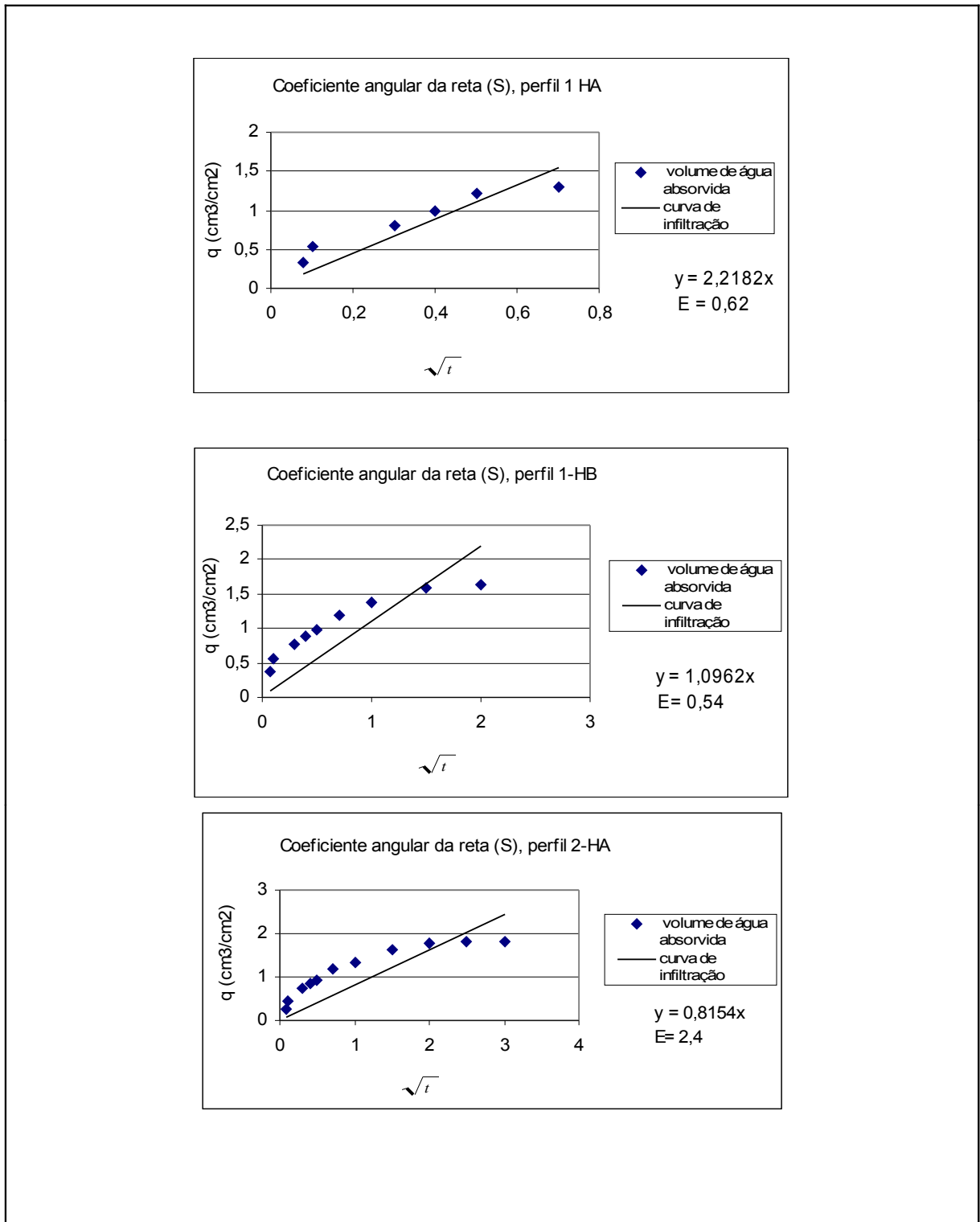


Figura 1- Gráficos de determinação dos coeficientes angulares para o cálculo de erodibilidade (E) dos horizontes A e B dos perfis de solo 1 e 2

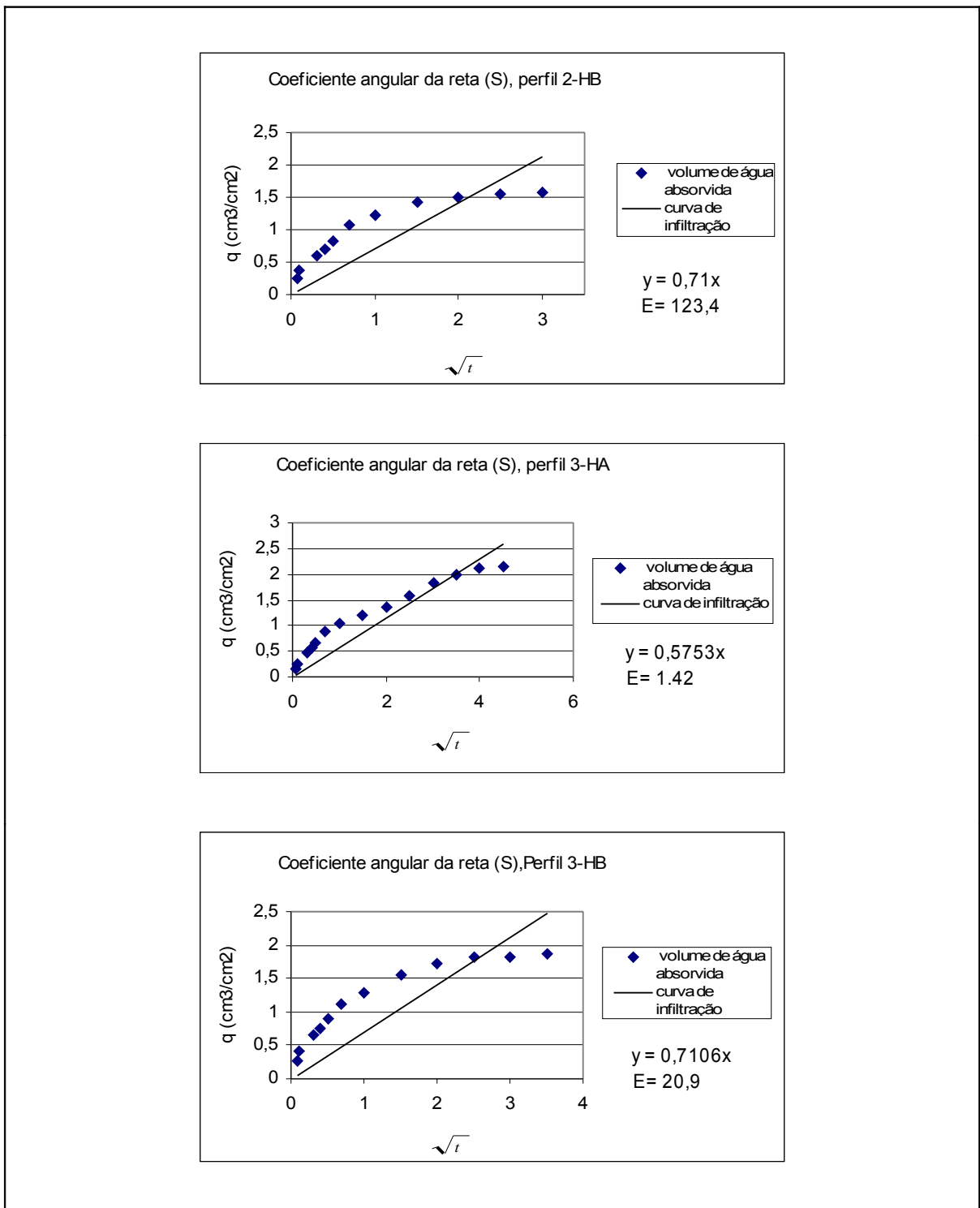


Figura 2 - Gráficos de determinação dos coeficientes angulares para o cálculo de erodibilidade (E) dos horizontes A e B dos perfis de solo 2 e3.

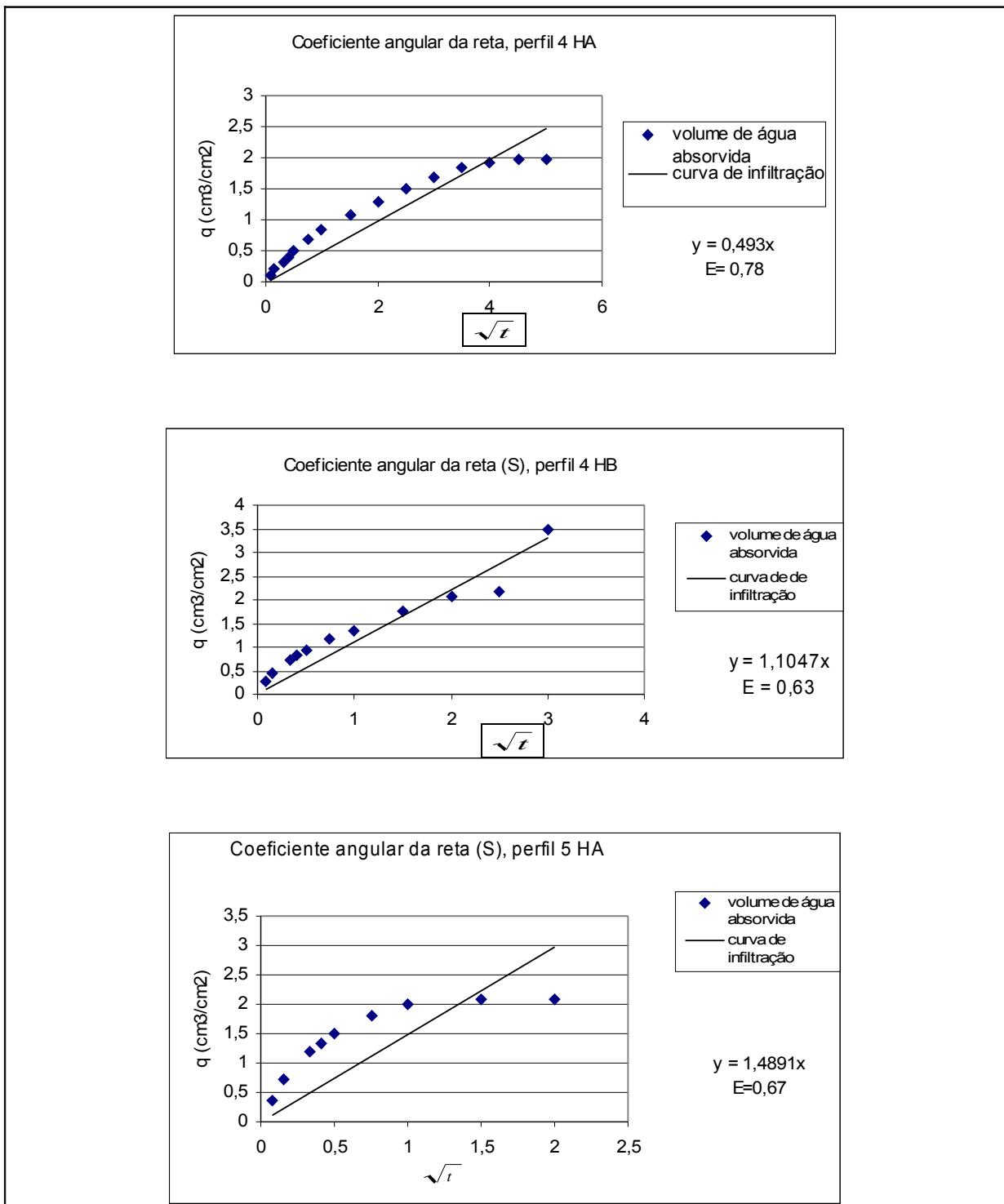


Figura 3 - Gráficos de determinação dos coeficientes angulares para o cálculo de erodibilidade (E) dos horizontes A e B dos perfis de solo 4 e 5

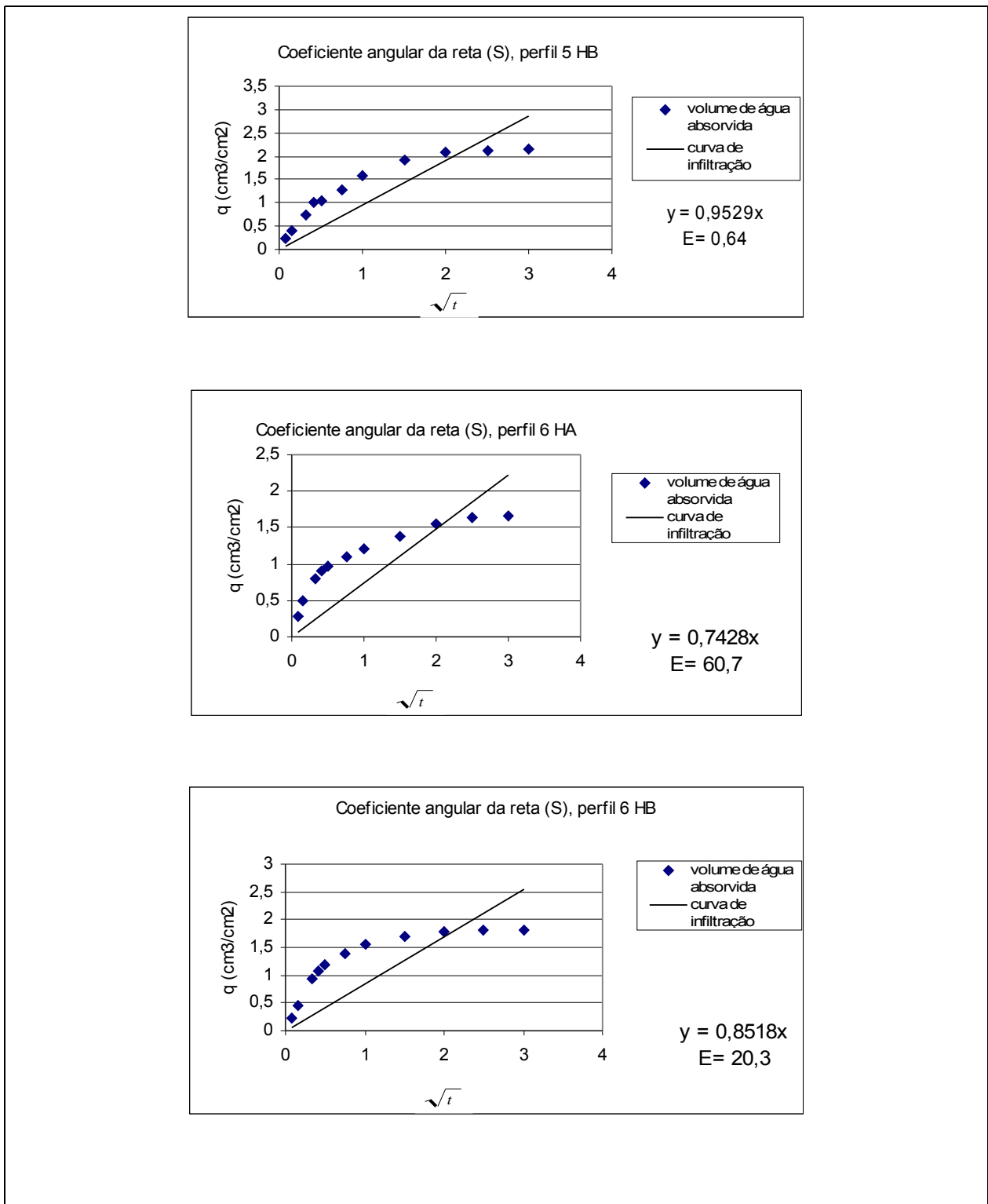


Figura 4 - Gráficos de determinação dos coeficientes angulares para o cálculo de erodibilidade (E) dos horizontes A e B dos perfis de solo 5 e 6

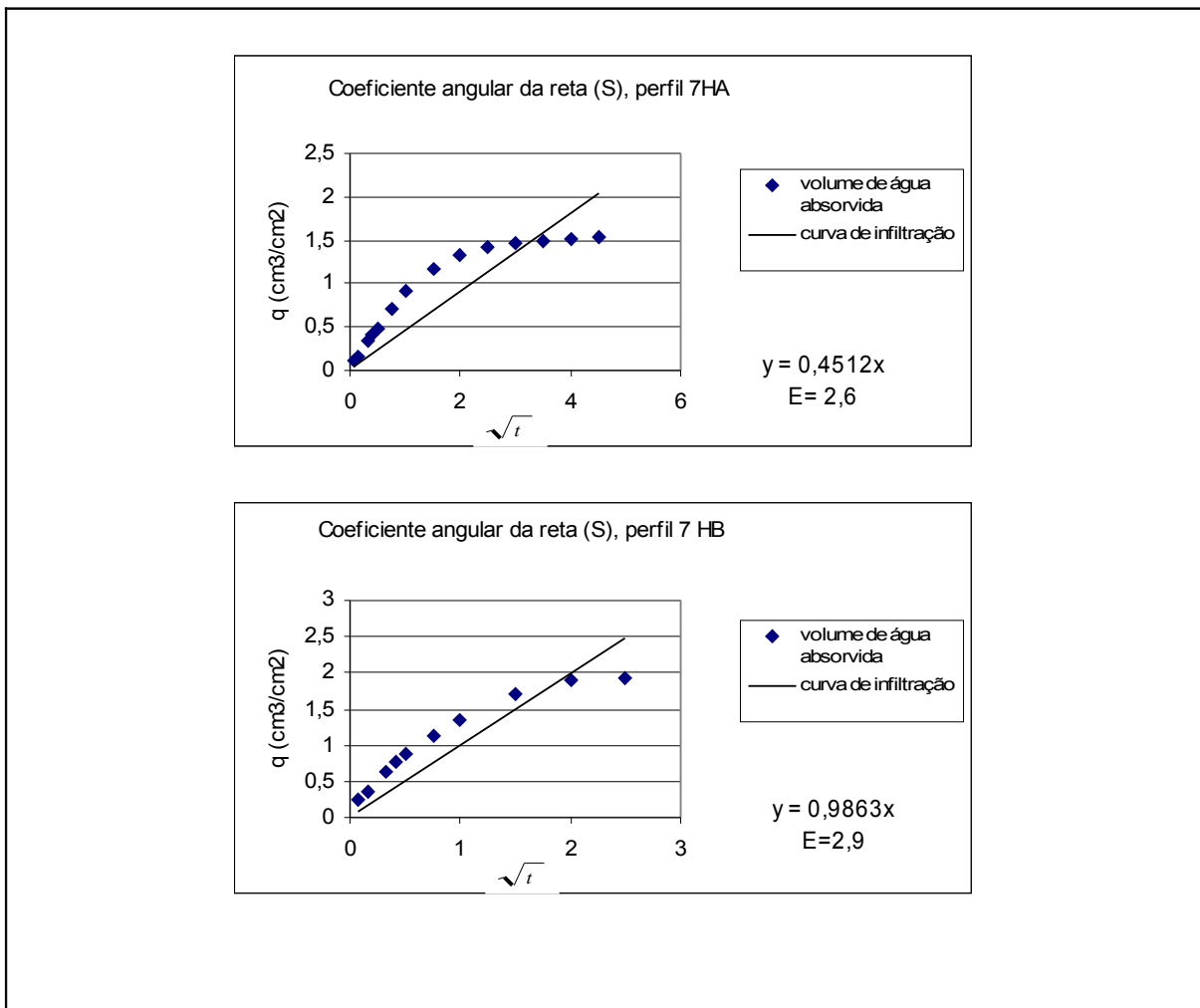


Figura 5 - Gráficos de determinação dos coeficientes angulares para o cálculo de erodibilidade (E) dos horizontes A e B do perfil de solo 7

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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